

А. Н. БРЮХАНОВ
Д-р техн. наук, проф.

КОВКА И ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

*Издание 2-е,
переработанное и дополненное*

*Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по специальности «Машины и технология
обработки металлов давлением»*



Москва
«МАШИНОСТРОЕНИЕ»
1975

6П4.2

Б87

УДК 621.735 (075.8)

Брюханов А. Н.

Б87 Ковка и объемная штамповка. Учебное пособие для машиностроительных вузов. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Машиностроение», 1975.
408 с. с ил.

В учебном пособии описаны технология ковки и объемной горячей и холодной штамповки на различных кузнечно-штамповочных машинах. Большое внимание уделено выбору наиболее оптимального варианта технологического процесса и конструированию штампов.

Б $\frac{31205-068}{038 (01) -75}$ 068-75

6П4.2

Рукопись «Ковка и объемная штамповка» подготовлена ко 2-му изданию В. Н. БРЮХАНОВОЙ

Рецензент: Кафедра «Машины и автоматизация обработки давлением» МВТУ им. Баумана.

Редактор канд. техн. наук Э. Ф. БОГДАНОВ

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. КОВКА И ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА КАК ВИДЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ

Основной задачейковки и объемной штамповки, как и других видов обработки металлов давлением, является придание заготовке требуемой формы путем пластической его деформации. В процессе пластической деформации структура металла изменяется. При правильной разработке технологического процесса обработки давлением и обеспечении необходимого термомеханического режима (с соответствующей последующей термической обработкой) можно создать в обрабатываемом металле такую структуру и механические свойства, которые бы в наибольшей мере удовлетворяли требованиям, предъявляемым к изготавливаемой из него детали. Чем выше требования к прочности машин (особенно, когда прочность должна сочетаться с легкостью, например у автомобилей, самолетов и т. п.), тем больше в таких машинах деталей, полученных обработкой давлением.

Как способ придания металлу требуемой формы обработка давлением успешно соперничает с литейным производством и уступает ему только по сложности конфигурации получаемых деталей и иногда по стоимости производства, но по качеству металла отлитые детали уступают штампованным. Механические свойства (ударная вязкость, усталостная прочность и др.) металла кованных и штампованных деталей после соответствующей термической обработки выше, чем у металла литых деталей.

Чем совершеннее процесс обработки давлением, тем меньше отходов металла. При этом многие процессы обработки давлением осуществляются вовсе без потерь металла. Кроме того, обработка давлением, как процесс формообразования, значительно производительнее и дешевле обработки резанием. Поэтому механическая обработка заготовок, получаемых обработкой давлением, часто сводится лишь к доводке размеров и улучшению качества поверхностей деталей. Однако повышение точности размеров и улучшение качества поверхностей, получаемых при обработке давлением, приводит к тому, что во многих случаях этот способ обработки полностью вытесняет обработку резанием.

Считалось, что изготовление деталей обработкой резанием имеет бесспорное преимущество перед изготовлением деталей обработкой металла давлением по точности размеров и чистоте поверхности. В настоящее время освоены процессы получения готовых деталей

машин (крепежные, лопатки турбин и др.) путем выдавливания, калибровки, холодной объемной штамповки.

Внедрение новых технологических процессов обработки давлением приводит к получению изделий (например, шестерен зубчатых передач с готовым штампованным зубом) со значительно более высокими прочностными характеристиками и износостойкостью, чем это было возможно при применении процессов резания на завершающей стадии обработки.

Основными видами обработки металлов давлением являются: прокатка, прессование, волочение, ковка и штамповка.

Прокатка. Осуществляется обжатием металла между вращающимися валками прокатных станов. Прокаткой изготовляют рельсы, балки с различной формой поперечного сечения, сортовой прокат, трубы, листы, полосы и ленты, а также специальный прокат, включая периодический.

Выдавливание. Этому виду обработки подвергают главным образом цветные металлы и их сплавы. Металл, выдавливаемый на прессе из замкнутой полости (контейнера) сквозь специальное отверстие, принимает форму прутка сплошного или полого сечения, соответствующую форме и размерам того отверстия, через которое он выдавливается.

Прокатное производство и производство прессованного металла, поскольку исходной заготовкой для них служит слиток, сосредоточено на металлургических заводах или в непосредственной близости от них.

Волочение. Процесс заключается в протягивании катаного или прессованного холодного прутка (или трубы) через матрицу с отверстием несколько меньшим, чем размер сечения обрабатываемого материала. После волочения материал имеет более чистую поверхность и более точные размеры по сечению (изготовление калиброванного материала). Путем многократного волочения изготовляют трубки и проволоку самых малых размеров, какие невозможно получить никаким другим способом.

Волочильное производство, поскольку поставщиком для него служит в основном прокатное производство, а потребителем — металлообрабатывающая промышленность и машиностроение, размещается на металлургических и на металлообрабатывающих и машиностроительных заводах, причем значительная часть волочильного производства сосредоточена на специализированных заводах (метизных, кабельных и др.).

Ковка. Применяют ручную и главным образом машинную ковку, осуществляемую на ковочных молотах и прессах. Обработке подвергают слитки или катаный и прессованный прутковый металл. Ковку выполняют на плоских или вырезных бойках с применением разнообразного кузнечного инструмента, преимущественно универсального. При этом верхний боек совершает возвратно-поступательное движение. Обрабатываемая заготовка получает заданную форму постепенно при обжатии ее по частям. Продуктковки — кованая поковка простой или сложной формы, не имеющая достаточно чистой и ровной поверхности и точных размеров. Для получения из нее готовой детали обычно требуется поковку обрабатывать на металлорежущих станках. Поэтому ковку рациональнее применять лишь при единичном или мелкосерийном производстве.

Штамповка. Этот способ обработки осуществляется на различном штамповочном оборудовании с использованием в основном специального инструмента — штампов. По виду исходного материала и термическому режиму штамповку подразделяют на объемную (горячую и холодную), осуществляемую преимущественно из прут-

кового металла, и листовую (горячую и холодную), осуществляемую из листового проката. Точность размеров штампованных поковок и шероховатость их поверхности могут быть такими, что последующей обработке на металлорежущих станках подвергают лишь часть этой поверхности или этой обработки не требуется совсем. Это особенно характерно для холодной объемной и листовой штамповки.

Ковку и штамповку выполняют главным образом в кузнечно-штамповочном производстве на металлургических заводах (если имеется ковка из слитков), а также на различных металлообрабатывающих и машиностроительных заводах. Ковку и горячую объемную штамповку осуществляют в кузнечных цехах, а также в кузнечных отделениях (мастерских) инструментальных, ремонтных и других цехов; холодная объемная штамповка — преимущественно в холодновысадочных цехах (или отделениях); листовая штамповка — преимущественно в прессовых цехах (или отделениях). На некоторых заводах организованы объединенные цехи, в которых выполняют и ковку, и различные виды штамповки. Штамповку применяют при серийном и массовом производстве.

Размещение заготовительных цехов в непосредственной близости от механических и сборочных цехов того или иного завода имеет свои организационные и другие преимущества. Однако в большинстве случаев отдельные специализированные кузнечные цехи или заводы, работающие в системе кооперации машиностроительных заводов, оказываются способными организовать значительно более совершенное производство поковок, чем цехи, входящие в состав того или иного завода.

§ 2. ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ В КУЗНЕЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Основные операции в кузнечном производстве подразделяют на три группы: заготовительные, собственно ковочные и штамповочные, завершающие и отделочные операции.

К заготовительным операциям относятся: подготовка слитков к ковке, пруткового материала к ковке или штамповке и разделка его на мерные заготовки под штамповку.

К ковочным и штамповочным операциям относятся все операции, ведущие к существенному изменению формы обрабатываемого слитка или заготовки. В их число входят все операцииковки и объемной штамповки, выполняемые на молотах и прессовом оборудовании, а также вальцовка, накатка и другие операции, осуществляемые на специализированном оборудовании, например на ковочных вальцах.

В число завершающих операций входит прежде всего обрезка заусенца, образующегося у поковок при некоторых способах штамповки, прошивка и пробивка отверстий в штампованных поковках. В число отделочных операций входит правка поковок разными способами и различные виды калибровки штампованных поковок, применяющиеся обычно для повышения точности их размеров и получения поверхности более высокого класса шероховатости. К числу завершающих операций относится также термическая обработка поковок, а к числу отделочных — очистка их от окалины.

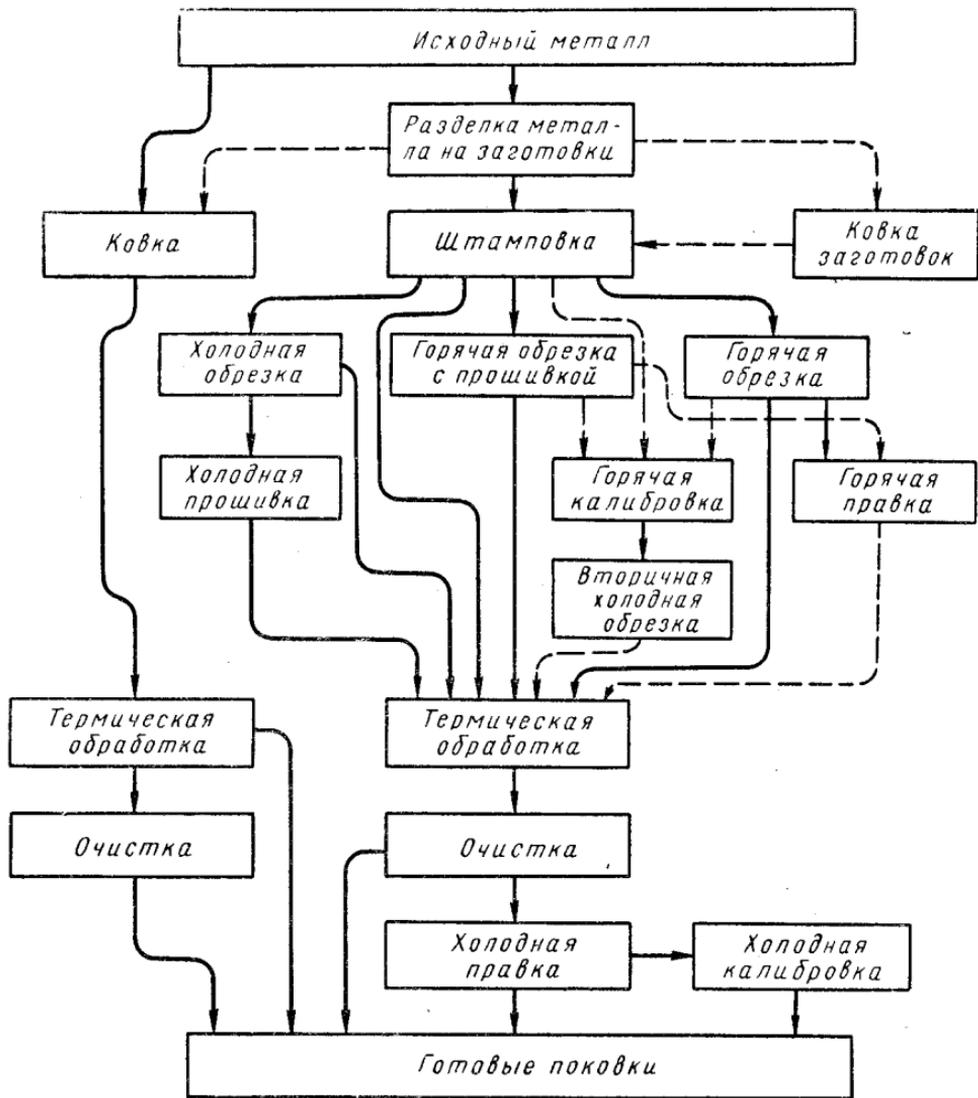


Рис. 1. Типовые технологические маршруты в кузнечном производстве

Последовательность применения всех этих операций выполняемых в кузнечном производстве, показана на рис. 1. Менее распространенные варианты маршрутов указаны штриховыми линиями, редко применяемые — не указаны.

§ 3. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ИСТОРИИ КУЗНЕЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Кузнечная обработка — старейший способ изготовления металлических изделий. Широкое применение она получила с развитием металлургии бронзы, а затем — металлургии железа. Однако холодная ковка меди, самородного и метеоритного железа была известна еще задолго до того, как люди научились добывать металлы из руд.

В VII—VIII вв. до н. э. на территории нашей родины ковку широко применяли скифские племена, а затем сарматы и в IV—VI вв.— древние славяне (анты).

Древние кузнецы были не только кузнецами в современном понимании, но одновременно и металлургами, литейщиками, сварщиками и термистами. Они же выполняли окончательную обработку и отделку металлических изделий, вплоть до ювелирных работ. Поэтому, например, в Древней Руси слово «кузнец» означало «мастер по металлу». Сложность и продолжительность выполняемых кузнецами работ привели к тому, что обработка металла раньше других ремесел специализировалась и отделилась от земледелия. Начиная с эпохи Киевской Руси, у нас и за границей кузнецы, как и другие мастера одной специальности, стали селиться в городах вместе, образуя особые улицы и слободы, и организовывать ремесленные корпорации.

В X—XI вв. русские кузнецы изготавливали серпы, косы и другие сельскохозяйственные орудия, различные предметы хозяйственного инвентаря, холодное оружие, шлемы и другие доспехи. Значительное развитие кузнечное ремесло получило в XV—XVI вв. Кузнецы стали изготавливать пищали, пушки и ядра к ним, части вододействующих машин, детали строительных конструкций и т. п.

В XVI—XVII вв. русские кузнецы изготавливали сложные изделия, представляющие большую художественную ценность (люстры, оконные решетки, ворота и двери, воротные и подвесные замки), а также механизмы башенных часов, различное огнестрельное и холодное оружие. Большой художественный интерес представляют и более поздние кузнечные работы (XVIII в.), например кованые ограды, перила и ворота для зданий и парков Петербурга, его окрестностей и для Москвы.

Одновременно с развитием кузнечного производства происходит специализация по отраслям. Так, тульские мастера специализируются преимущественно в изготовлении огнестрельного оружия; астраханские — булатного оружия; вологодские — в выделке якорей и гвоздей; муромские — гвоздей и разного скобяного товара; холмогорские — замков; бежицкие — серпов и кос; павловские на Оке — ножей и различных инструментов. Вместе с тем происходит разделение труда в самом кузнечном производстве. Постепенно от него отделяются металлурги — поставщики исходного дляковки металла, топливники — заготовители дров и специалисты в получении углей и, наконец, выделяются первые специалисты по обработке резанием — слесари-сборщики. В XVII в. в России создаются первые металлообрабатывающие заводы (Тульский, Сестрорецкий, Ижевский и др.), уже не связанные непосредственно с металлургическим производством.

До XVI в. ручная ковка с использованием горна, наковальни и кувалды была единственным способомковки поковок. В XVI в. появляются первые механические молоты с приводом от вододействующих машин (водяные молоты). В начале XVII в. в Туле строится новый оружейный завод с первой в России механизированной кузницей. Машины для нее строит тульский кузнец Марк Васильевич Сидоров и известный изобретатель Яков Батищев.

На рубеже XVIII—XIX вв. впервые начинают применять штамповку на молотах и прессах. Первым, освоившим на Тульском заводе технологию штамповки, был оружейник Василий Антонович Пастухов. Кузница Тульского завода оснащается канатными штамповочными молотами с ручным приводом и вертикальными винтовыми обрезающими и чеканочными прессами также с ручным приводом. Все основные детали тульских ружей и пистолетов с начала 20-х гг. XIX в. штампуют в одноручевых штампах с предварительной ковкой заготовок и последующими горячей обрезкой заусенца и горячей калибровкой поковок. Аналогичную технологию быстро внедряли и на других русских и зарубежных металлообрабатывающих заводах.

Крупнейшим событием XIX в. в истории техники кузнечного производства явилось изобретение английским инженером Нейсмитом парового молота, сыгравшего большую роль в дальнейшем развитии машиностроения, транспорта и артиллерии. Первый паровой молот был построен в 1842 г. Конец XIX в. ознаменовался дальнейшим столь же крупным событием — применением в кузнечном производстве гидравлических прессов.

В первой четверти XIX в. так же, как и в эпоху Киевской Руси, наше отечественное кузнечное производство было для того времени относительно высокой культуры и располагало достаточно совершенной техникой. Затем наступил период бурного развития капитализма в Западной Европе и в США, в истории же нашего кузнечного производства прошла полоса крайне медленного развития, так что в царской России

к моменту Великой Октябрьской революции отечественное кузнечное производство оказалось одним из наиболее отстающих.

Годы подъема советской индустрии явились годами становления и бурного развития кузнечного производства в нашей стране.

Первый в Советском Союзе современный цех для горячей штамповки был пущен в 1928 г. в Ленинграде на ныне Кировском заводе. Затем в начале 30-х гг. были построены и пущены первоклассные штамповочные кузницы на тракторных заводах в Челябинске (ЧТЗ), Харькове (ХТЗ) и других, на автомобильных заводах в Москве (ЗИЛ) и Горьком (ГАЗ) и других, а также первоклассные ковочные кузницы на заводах УЗТМ (Свердловск), НКМЗ (Краматорск) и др. Одновременно была создана мощная база для производства кузнечного оборудования. В результате выполнения первых пятилетних планов наше кузнечное производство поднялось до уровня передового. Вместе с тем возросли требования, предъявляемые к современному кузнечному производству, изменились и условия, определяющие направление его дальнейшего развития.

Если в древние времена кузнечное производство охватывало всю технологию обработки металлов, то после отделения от него сначала металлургии и литейного производства, а затем работ по окончательной механической обработке кованных изделий, механическая обработка в металлообработке в целом получила исключительно большое значение. Она в ряде случаев завершает производство и обеспечивает выпуск и качество готовых изделий.

Непрерывное и быстрое совершенствование металлорежущего оборудования в течение XIX в. приводит к тому, что, начиная уже примерно с 70—80-х гг. XIX в., механические и механосборочные цехи становятся основой металлообрабатывающих и машиностроительных заводов. Технология обработки резанием развивается значительно быстрее других. Увеличивается объем переработки на металлорежущих станках пруткового проката. Вместе с тем кузнечные цехи, наряду с литейными, переходят в разряд заготовительных цехов.

Однако дальнейшее увеличение объема металлообработки, переход на крупные серии и организация массового производства убеждают в невозможности значительного роста машиностроительной промышленности без существенного подъема технологии так называемых заготовительных цехов. Поэтому с начала XX в. в технологии кузнечного производства ширится переход сковки на штамповку, совершенствуются кузнечно-прессовое оборудование и приемыковки и штамповки, что приводит к значительному снижению трудоемкости последующей механической обработки, к уменьшению объема производства в механических цехах. Внедряются новые кузнечные машины и новые способы более точной штамповки, в том числе холодная объемная штамповка и калибровка поковок, могущие в ряде случаев полностью заменить обработку на металлорежущих станках.

С совершенствованием техники кузнечного производства кузнечные цехи машиностроительных заводов начинают из разряда заготовительных, поставляющих лишь заготовки для последующей механической обработки, переходить в разряд основных обрабатывающих цехов, выпускающих готовые или почти готовые детали для сборки машин. При этом в отдельных случаях некоторые операции обработки давлением, например нагартровку и холодную калибровку, выполняют иногда после операций обработки резанием, т. е. становятся операциями отделочными, завершающими выпуск готовых изделий.

§ 4. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ КУЗНЕЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Увеличение роли современного кузнечного производства в металлообработке и машиностроении отразилось прежде всего на повышении удельного веса кузнечных машин в общей массе выпускаемого металлообрабатывающего оборудования и росте парка действующих кузнечных машин. При этом особое внимание было уделено повышению выпуска тяжелых машин. Так, по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 гг.

было предусмотрено увеличение выпуска одних лишь тяжелых кузнечных машин более чем в 4 раза.

Директивами XXIV съезда КПСС предусмотрено значительное повышение удельного веса обработки металлов давлением, широкое применение в промышленности объемной штамповки, опережающее производство кузнечно-прессового оборудования по сравнению с производством металлорежущих станков.

Для успешного выполнения поставленных задач производство кузнечно-прессовых машин в 1975 г. должно составить 60—65 тыс. шт.

Работы по совершенствованию процессовковки и штамповки должны быть направлены прежде всего на максимальное приближение форм и размеров поковок к формам и размерам готовых деталей при повышении их качества, снижении стоимости производства и повышении производительности труда.

Производительность труда в кузнечном производстве можно повысить за счет широкого применения специальных инструментов и простейших штампов при ковке; улучшения условий труда; механизации кузнечных и транспортных операций, прежде всего на тяжелых и трудоемких работах, в том числе широкого внедрения кузнечных манипуляторов; дальнейшего совершенствования организации рабочих мест и производства в целом в масштабе цехов; специализации кузнечных цехов на выпуске какого-либо одного вида изделий (коленчатых валов, турбинных лопаток, зубчатых колес и т. д.), кооперирования кузнечного производства и, наконец, организации специализированных кузнечных заводов.

Увеличение программы производства, в частности по одинаковым или однотипным деталям в результате специализации при кооперировании, позволяет применять более совершенные способы производства поковок (например, штамповку вместоковки) и совершенствовать эти способы, например автоматизировать подачу заготовок и удаление поковок в сочетании с механизацией и автоматизацией внутрицехового транспорта, а также строить поточные механизированные, автоматизированные и автоматические линии производства поковок.

Организация поточных линий приводит к более широкому применению специализированных и специальных машин. Автоматизация производства требует усовершенствования конструкций и значительного повышения стойкости штампов, изыскания и применения для них новых материалов.

Современный этап развития кузнечного производства характеризуется также внедрением всевозможных мероприятий по экономии обрабатываемого металла, снижением отходов при производстве, повышенном коэффициенте использования металла и выхода годного. Увеличивается применение специальных слитков, а также проката специальных профилей и периодического.

Улучшаются экономические показатели кузнечного производства: снижается себестоимость поковок и стоимость их последующей обработки на металлорежущих станках; увеличивается выпуск поковок с каждой единицы кузнечно-штамповочного оборудования, с каждого квадратного метра производственной площади, на каждого производственного рабочего.

Для современного этапа развития кузнечного производства характерно также совершенствование способов и повышение качества нагрева, внедрение скоростных и безокислительных методов нагрева, включая различные виды электронгрева, прежде всего индукционного; переход от менее совершенных способов штамповки к более совершенным, в частности от штамповки в так называемых открытых штампах к штамповке в закрытых штампах; повышение точности размеров и качества поверхности поковок; освоение производства поковок сложных форм; широкое внедрение процессов холодной объемной штамповки и калибровки поковок; широкое внедрение в кузнечную технологию производительных и экономических методов прокатки и выдавливания; модернизация действующих и внедрение более совершенных кузнечных машин, в частности переход от ковочных и штамповочных молотов на ковочные и штамповочные прессы; создание новых видов машин; освоение программного и дистанционного управления кузнечным оборудованием; повышение мощности

кузнечного оборудования для штамповки тяжелых и крупногабаритных поковок, а также внедрение цельноштампованных деталей взамен сборных конструкций.

В последние годы все больше развивается штамповка поковок из сплавов алюминия, магния и титана, а также из трудно деформируемых сталей и сплавов. Одновременно быстро развивается выдавливание титана, магния, никеля, латуни, меди и стали.

§ 5. ЗАДАЧИ КУРСА «КОВКА И ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА»

Вплоть до конца XIX в. технологияковки и объемной штамповки была уделом мастеров, владевших искусством ковать и штамповать металлы и передававшим свои знания и опыт из поколения в поколение. Первым значительным вкладом науки в технологиюковки заслуженно считают опубликованный в 1868 г. доклад Д. К. Чернова (1838—1921 гг.), в котором были изложены основы теоретического обоснования температурных интерваловковки с учетом температур структурных превращений стали, открытых им при ковке артиллерийских стволов. Однако технологияковки и штамповки до конца XIX в. — начала XX в. была столь проста, что не требовала инженерных кадров специальной подготовки. В учебной литературе она вполне укладывалась в специальный раздел общих курсов технологии металлов, таких, как, например, учебник А. П. Гавриленко (1861—1914 гг.). Инженерные кадры кузнечного производства, получив в высших технических учебных заведениях общую подготовку металлургов или механиков, завершали специализацию на практике и с помощью имевшейся тогда литературы. Появившаяся затем потребность в подготовке специальных инженерных кадров привела к организации в вузах кафедр и созданию руководителями этих кафедр (К. Ф. Грачевым, К. Ф. Неймайером, С. В. Порецким и др.) специальной учебной литературы. Далее с ростом кадров быстро начали развиваться как самостоятельные науки «Теория обработки металлов давлением», «Кузнечно-штамповочное оборудование», «Нагрев и нагревательные устройства» и «Проектирование кузнечно-штамповочных цехов».

Курс «Ковка и объемная штамповка» остался одним из основных, профилирующим инженера-механика по кузнечному производству¹. Задачей его является сообщение знаний о принципиальных основахковки и объемной штамповки и практических приемов проведения ковочно-штамповочных операций, расчета и проектирования процессов и инструмента, особенно штампов.

Для успешного изучения курса «Ковка и объемная штамповка» необходимы знания природы и свойств металлов из предшествующего курса «Материаловедение», основ обработки металлов давлением из курса «Технология конструкционных материалов», технологии нагрева из курса «Нагрев и нагревательные устройства», а также курса «Теория обработки металлов давлением».

¹ Аналогичную роль играет курс «Листовая штамповка» в подготовке специалистов для прессовых (листоштамповочных) цехов.

МЕТАЛЛЫ И ЗАГОТОВКИ, ОБРАБАТЫВАЕМЫЕ КОВКОЙ И ШТАМПОВКОЙ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Ковка и штамповка, как и другие виды обработки металлов давлением, основаны на использовании пластичности обрабатываемых заготовок, на их способности без разрушения изменять форму и размеры.

К металлам, обрабатываемым ковкой, относятся в первую очередь сталь различных марок, многие цветные сплавы, главным образом алюминиевые (дуралюмин), магниевые и медные (латунь, бронза), а также большинство сплавов на основе никеля (монель, нихром) и титана.

Чистые металлы обладают более высокой пластичностью, чем сплавы. В соответствии с этим пластичность стали снижается с увеличением в ней содержания углерода, кремния, марганца, серы, фосфора и легирующих элементов. Сталь, содержащая более 0,045% S, становится красноломкой, т. е. хрупкой при ковочных температурах; фосфор снижает пластичность стали в холодном состоянии (придает ей хладноломкость). Углерод, образуя карбиды, снижает пластичность и ковкость стали в большей мере, чем другие ее компоненты. Кроме того, углерод снижает ее теплопроводность и способность к кузнечной сварке. Кремний также снижает свариваемость стали. Марганец частично уменьшает вредное влияние серы, но вместе с тем снижает теплопроводность и способствует перегреву. Теплопроводность снижают также все легирующие элементы: никель, хром, молибден, ванадий и вольфрам. Вместе с тем, молибден, ванадий и другие карбидообразующие элементы уменьшают склонность стали к перегреву. В последнее время в составе стали все более широко применяют титан, бор, церий и торий, которые в небольших количествах оказывают существенное влияние на ее свойства.

В соответствии с этим ковка и штамповка высокоуглеродистой и высоколегирующей сталей требует специальных режимов.

Некоторые цветные сплавы также обладают пониженной пластичностью и вместе с другими нежелезными сплавами имеют следующие основные особенности, которые приходится учитывать при их ковке и штамповке: узкие температурные интервалыковки и повышенную чувствительность к скорости деформации, к схеме напряженного состояния и неравномерности (неоднородности) деформации.

Изучение пластичности различных деформируемых металлов и сплавов и их зависимости от термохимических параметров процесса обработки является специальным вопросом, основы которого изучают в курсах теории обработки металлов давлением и металловедения, а также освещают в специальной литературе.

В качестве исходного материала для кузнечного производства используют металл в форме слитков, обжатых болванок (блужомов), а также прокат различных видов.

§ 2. СТАЛЬНЫЕ СЛИТКИ

Масса и форма. Масса стальных слитков, используемых в качестве исходного материала дляковки, от 200 кг до 350 т.

Слитки могут быть обычной формы и с отклонениями от нее. Слиток обычной формы (рис. 2) имеет: 1 — верхнюю (прибыльную), 2 — среднюю (в виде расширяющейся кверху пирамиды с углом наклона боковой грани $0^\circ 30' - 1^\circ$) и 3 — нижнюю (донную) части. Как известно, материал прибыльной и донной частей при литье получается недоброкачественным и поэтому полностью должен быть удален в отход на переплавку. Прибыльная и донная части имеют форму усеченных конусов. Доброкачественную поковку можно получить только из материала средней части слитка. Поперечное сечение средней части имеет форму правильного многоугольника с числом сторон 4—12. Грани многоугольника вогнуты внутрь по всей высоте или только в нижней части и постепенно спрямляются при переходе к верхней части. Продольные ребра средней части слитка скруглены большими радиусами. Небольшие слитки массой до 2 т делают иногда с круглым поперечным сечением. Форма, масса и размеры слитков указываются в заводских сортаментах и нормалях на изложницы. Так, например, по одному из сортаментов слиток массой 350 т при наибольшем диаметре сечения 3255 мм имеет общую длину 7190 мм. Для слитков обычной формы применяют изложницы двух основных видов. У одних утепленная прибыльная надставка может иметь только одно неизменное положение, у других надставка передвижная. За счет этого можно изменять длину средней части и массу слитков. Отношение длины средней части слитка к среднему поперечному размеру равно обычно 1,8—2,5. При обжиме граней слитка во времяковки он удлиняется и отношение этих размеров увеличивается до 2,1—2,6. Такое отношение является максимально допустимым для заготовок, подвергаемых затем осадке в направлении оси, так как при большем его значении происходит весьма нежелательный продольный изгиб заготовки во время осадки.

Кроме слитков обычной формы, в настоящее время изготавливают также слитки удлиненной формы, с уменьшенной прибылью и бесприбыльные.

Прибыльная часть слитков удлиненной формы примерно на $\frac{1}{3}$ меньше, чем у обычного слитка, а по форме она является прямым продолжением средней части с таким же расширением кверху. Объем донной части, имеющей форму полусферы, примерно равен объему донной части обычного слитка. Угол наклона боковых граней средней и прибыльной частей не менее $1^\circ 30'$. Отношение длины средней части слитка к поперечному размеру составляет 3,5—4,5. При таком отношении размеров эти слитки пригодны дляковки без осадки сплошных поковок значительной длины (например, типа гребных валов), а также дляковки с осадкой более мелких поковок из коротких заготовок, получаемых из таких слитков путем разделки их по длине.

У слитков с уменьшенной прибылью и бесприбыльных сердцевина по оси средней части получается недоброкачественной. Такие слитки используют только дляковки пустотелых поковок. Высокое качество этих поковок достигается за счет удаления всей дефектной части металла в отход при прошивке в них осевого отверстия.

Как правило, кузнечные слитки отливают из спокойной (некипящей) стали, т. е. с раскислением ее до разливки в изложницы. При этом слитки получаются более плотными.

Строение слитка. В продольном разрезе (рис. 3) строение слитка отражает последовательность процесса затвердевания стали после заливки ее в изложницу. Процесс этот начинается у холодных стенок изложницы, где сначала образуется сравнительно тонкий мелкозернистый слой 1. С внутренней стороны его вырастают перпендикулярно к стенкам изложницы ветки кристаллитов-дендритов сначала мелких 2, затем крупных 3, столбчатых или шестовых. Далее образуется слой 4 таких же дендритов, но расположенных наклонно. Наконец, процесс затвердевания заканчивается образованием в средней части слитка либо хаотично расположенных равноосных более мелких

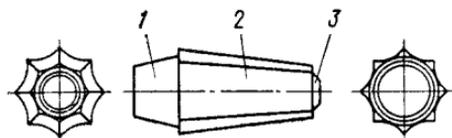


Рис. 2. Форма стального слитка

дендритов 6, либо зернистой структуры, либо смешанной структуры, состоящей из дендритов и зерен.

Соотношение между двумя основными зонами слитка — периферийной столбчатых дендритов и центральной равноосных кристаллитов — зависит от химического состава стали, условий разливки и скорости охлаждения.

В периферийной зоне слитка металл более плотный и содержит меньше раковин и газовых пузырей. Однако места стыка столбчатых кристаллитов, растущих от двух смежных стенок изложницы (транскристаллизация), имеют значительную слабость по границам дендритов, чего нет у хаотично расположенных дендритов центральной зоны. Последняя же более засорена вредными примесями и включениями и поэтому механические свойства металла центральной зоны являются более низкими.

Ликвация. Слиток неоднороден не только по своему кристаллическому строению, но и по химическому составу. Химическая неоднородность слитка, обусловленная избирательным затвердеванием, носит название ликвации.

Различают зональную и дендритную ликвацию. Зональная ликвация выражается в том, что количество примесей увеличивается в направлении от поверхности слитка к тому месту в прибыльной его части, где металл дольше всего остается в жидком состоянии. Здесь образуется зона негодного металла, наиболее богатая примесями (ликвационная зона 7, рис. 3). Дендритная ликвация обуславливает увеличение количества примесей от оси каждого дендрита к его периферии при наибольшем их сосредоточении между границами смежных дендритов.

Степень ликвации отдельных элементов обуславливается в значительной степени характером диаграммы состояния того сплава, который они образуют с железом; в сплавах, образующих эвтектику, ликвация обнаруживается сильнее, чем в сплавах, образующих твердые растворы.

В соответствии с этим наиболее сильно ликвируют сера и фосфор, значительно меньше — кремний и марганец. Углерод занимает промежуточное место. У таких легирующих элементов, как, например, никель и хром заметной ликвации не обнаруживается.

Степень ликвации уменьшается при быстром затвердевании слитка с последующим медленным его охлаждением. Ликвация увеличивается с увеличением количества примесей, растворенных газов и размеров слитка.

Сильно выраженная ликвация может быть причиной возникновения пороков в стали. Например, междендритная ликвация обуславливает межкристаллические трещины, снижение пластичности и т. д.

Усадочная раковина. В начальный момент затвердевания на наружной поверхности всего слитка образуется твердая корка, заполненная жидким металлом. В последнюю очередь металл затвердевает в верхней части слитка. При затвердевании объем металла уменьшается (усадка). В связи с этим в верхней (прибыльной) части слитка образуется полость 10 (рис. 3), называемая усадочной раковиной. Ниже располагаются усадочные пустоты 8 и усадочная рыхлость в ликвационной зоне 7.

Постепенное снижение уровня жидкого металла внутри ранее затвердевшей части и частичное затвердевание его верхнего слоя создает в усадочной раковине, кроме верхней наружной корки, также мосты-перемычки 9. Поверхность усадочной раковины и пустот очень загрязнена и окислена. Поэтому при ковке слитков раковина и усадочные пустоты не завариваются.

В донной части слитка 5 образуется плотная зернистая структура. Но в то же время, как было сказано выше, здесь собирается значительное количество

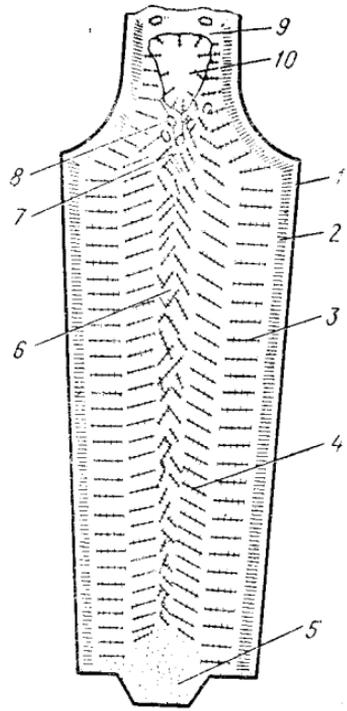


Рис. 3. Схема строения стального слитка

неметаллических включений, и донная часть слитка получается недоброкачественной.

Слитки, идущие под ковку, отливают, как правило, сверху потому, что при этом теплота дольше сохраняется в верхней части слитков. Кроме того, охлаждение верхней части слитка специально затормаживают утеплением, а иногда и подогревом прибыльной надставки изложницы. Это уменьшает распространение вниз усадочной раковины. Таким образом, усадочная раковина, пустоты и большая часть центральной ликвационной зоны располагаются в прибыльной части слитка.

Прибыльная часть при разделке слитков удаляется в отход, который в зависимости от размеров слитка, качества металла, формы и назначения изготавливаемой поковки составляет для слитков обычной формы из углеродистых сталей 18—23% от массы слитка. У крупных слитков отход на усадочную раковину меньше, чем у мелких слитков. Удаление центральной дефектной зоны при прошивке полых поковок дает возможность при их ковке уменьшить отход на прибыльную часть. Этим же достигается получение высококачественных поковок из слитков с уменьшенной прибыльной частью и бесприбыльных, хотя они и отличаются более глубоким расположением в них центральной дефектной зоны.

Со стороны донной части в отход уходит около 5% от массы слитка. Таким образом, общие потери металла при разделке обычных слитков, получаемых заливкой сверху, составляют примерно 23—28% от их массы. Большая скорость охлаждения верхней части слитков при заливке их снизу (сифоном) приводит к более глубокому расположению усадочных раковин. Поэтому общий отход на прибыльную и донную части у таких слитков обычно больше 25—45% от их массы.

Общий отход на прибыльную и донную части у слитков удлиненной формы составляет в среднем около 15% от их массы и не зависит от способа заливки (сверху или сифоном).

Болванки, полученные методом непрерывной заливки, не имеют подобных отходов. Однако размеры их сечения не более чем у обжатых болванок (см. ниже «Сортовой прокат») и поэтому они не могут заменить слитки.

Дефекты слитка. К числу наиболее часто встречающихся дефектов слитков, связанных с процессами разливки, остывания и затвердевания стали в изложницах, могут быть отнесены: сильно выраженные зональная или дендритная ликвации, повышенное содержание неметаллических включений и глубокое расположение усадочной раковины и усадочной рыхлости. Кроме того, встречаются и другие дефекты: поверхностные раковины, подкорковые и сотовые пузыри, плены, завороты, заливки и различные трещины на поверхности, а также флокены.

Газовые пузыри. В жидком металле содержатся растворенные газы: азот, водород, окись и двуокись углерода. Они поглощаются металлом при плавке из атмосферы печи, а также образуются в результате химических реакций. При заливке в ковш плохо раскисленной стали окись углерода образуется также и непосредственно в ковше за счет раскисления окиси железа углеродом.

При охлаждении стали в ковше, охлаждении и затвердевании в изложнице газы выделяются из металла и уходят в атмосферу. Однако часть их остается и в твердом металле либо в виде соединений с ним (окислы, нитриды и т. д.), либо в виде газовых пузырей (раковин) различных видов и величины (микро и макро).

Раковины. Они получают главным образом от образовавшихся у поверхности слитков газовых пузырей, от выкрошившихся посторонних включений и других подобных причин.

Подкорковые пузыри. Располагаются в непосредственной близости от поверхности слитков. Следствие сообщения с атмосферой через мельчайшие поры и трещины поверхность пузырей окисляется, поэтому они не завариваются при последующей обработке.

Сотовые пузыри. Эти пузыри имеют вид сот, получают иногда при разливке кипящей или полуспокойной стали и располагаются также непосредственно вблизи поверхности слитков. Сотовые пузыри либо также не завариваются, либо (при отсутствии контакта с атмосферой) могут завариваться, если не обнажаются при нагреве.

Плены. Это неметаллические корки на поверхности слитка, которые могут возникнуть в результате разбрызгивания струи стали при заливке слитков сверху

При попадании брызг стали на стенку изложницы образуется корка, состоящая обычно из окисленных металлических шариков, часто полых внутри. Если сталь достаточно горяча, то корка эта растворяется, и поверхность слитка оказывается чистой. Но при растворении корки возможно выделение газовых пузырей, аналогичных сотовым, которые при последующей ковке могут превратиться в плены. В случае подставшей стали корка не успевает раствориться; иногда низ ее только нагревается под уровнем жидкой стали, и корка отгибается внутрь слитка, заливается снаружи жидкой сталью и образует так называемый заворот в виде борозды на поверхности слитка. Подобные дефекты не наблюдаются при заливке слитков сифоном.

Заливины. Этот поверхностный дефект слитков получается главным образом тогда, когда поверхностная корка, образовавшаяся в нижней части слитков, успевает в результате усадки при охлаждении отойти от стенки изложницы и дать возможность жидкой стали проникнуть сквозь трещины или через верхний край корки в образовавшийся зазор. При этом на поверхности слитка получаются рубцы.

Трещины. По направлению трещины могут быть поперечные и продольные, а по расположению — наружные и внутренние.

Наружные поперечные трещины возникают чаще всего при охлаждении слитков, когда вследствие дефектов изложницы последняя препятствует их свободной усадке по длине. Образование таких трещин в начальный период охлаждения может привести к получению заливок, скрывающих потом эти трещины.

Наружные продольные трещины, образуемые при быстром охлаждении слитка, располагаются главным образом вдоль ребер слитка и проходят обычно глубоко между столбчатыми кристаллами. При этом большую роль играет форма поперечного сечения слитков. Так, у слитков с квадратным поперечным сечением столбчатые дендриты, растущие перпендикулярно стенкам изложницы, создают по диагональным сечениям стыки с очень слабыми связями (см. «транскристаллизация» на стр. 13). При многогранном сечении слабые связи распространяются неглубоко и поэтому менее опасны. В слитках круглого поперечного сечения подобных границ между столбчатыми кристаллами не получается. Однако круглые слитки изготовляют редко потому, что при круглом сечении возможностей для образования продольных трещин во время их охлаждения больше, чем при любом другом сечении. Так как остывание слитка сопровождается перепадом температур от оси к периферии, то в нем возникают термические напряжения. Последние особенно значительны при объемных изменениях, протекающих при температурах фазовых превращений, так как они наступают неодновременно в смежных слоях слитка. При этом круглое сечение способствует возникновению больших тангенциальных напряжений, которые и могут привести к образованию наружных продольных трещин.

Ребра некруглых слитков прогреваются быстрее вогнутых граней. Поэтому в результате резкого нагрева слитка наружные продольные трещины возникают не по ребру, а в середине грани ближе к нижнему концу слитка. В отличие от образующихся на ребрах, такие трещины менее опасны и иногда даже хорошо завариваются при ковке.

Наиболее опасны в н у т р е н н и е т р е щ и н ы, которые возникают также при нагреве, главным образом при посадке холодного слитка в горячую печь.

Крайне редкие случаи разрушения слитка при ковке по ровной плоскости (поперек его оси) свидетельствуют о временном прекращении заливки изложницы по каким-либо аварийным причинам. При этом образуется плоская пленка (пояс) окисленного металла поперек всего слитка, по которой и происходит затем его разрушение.

Среди внутренних дефектов слитка особо следует отметить ф л о к е н ы — участки металла с мелкими переплетенными извилистыми трещинками. Флокены обнаруживаются на поверхности излома обжатого металла в виде светлых пятен с характерным матово-серым блеском. Флокены возникают вследствие внутренних температурно-объемных изменений при застывании слитка и при охлаждении металла после прокатки иликовки. Склонность стали к образованию флокенов зависит от ее состава, в частности от наличия в ней водорода, который при охлаждении слитка выделяется в отдельные микрообъемы и развивает значительное давление. Образование флокенов препятствует медленному охлаждению металла после горячей обработки.

Слитки поставляют в кузницу в холодном (после полного охлаждения) или в горячем состоянии. Горячие слитки после извлечения из изложниц перевозят в кузнечно-прессовый цех при $700\text{--}800^\circ\text{C}$ в термосах и перегружают в нагревательные колодцы или печи для подогрева под ковку. Используемая при этом теплота слитков дает большую экономию топлива. Одновременно исключается образование трещин при нагреве под ковку.

Приемка слитков. Приемку осуществляют путем внешнего осмотра и сводят к выявлению описанных поверхностных дефектов, а также попавших так или иначе на поверхность слитка частиц шлака и огнеупоров (песочин). Слиток бракуют при обнаружении на нем глубоких трещин.

Подготовка слитка к ковке. Эта операция заключается в удалении с поверхности слитка обнаруженных дефектов. Вырубка поверхностных дефектов пневматическими зубилами и удаление их с помощью абразивного инструмента малопродуктивны. Поэтому основной способ удаления дефектов — кислородная или газовая зачистка. Газовый резак подводят к месту дефекта и нагревают металл ацетилено-кислородным пламенем до высокой температуры, после чего струей кислорода расплавляется предварительно нагретый металл и сдувается расплавленный слой.

Слитки из стали, не склонной к образованию термических трещин и не чувствительной к флокенам, подвергают огневой зачистке в холодном состоянии. Слитки из стали, флокеночувствительной или склонной к образованию термических трещин, подвергают огневой зачистке с предварительным подогревом до $180\text{--}450^\circ\text{C}$ в зависимости от марки стали. Для этого холодные слитки подвергают специальному нагреву, а горячие слитки охлаждают до требуемой температуры с печью. Успешно применяют огневую зачистку поверхности слитков и поковок также и при ковочной температуре.

Поверхность холодных слитков из некоторых марок высоколегированной стали и сплавов обдирают на обычных или специальных токарных станках с поперечной подачей резца по шаблонам, позволяющим протачивать слитки любой формы сечения. При поставке горячих слитков обдирку производят в один из промежутков между отдельными операциями ковки. Удобнее выполнять эту операцию после перековки слитка на цилиндрическую заготовку. Если из одного слитка куют несколько поковок, то обдируют слитка совмещают с разрезкой его на штучные заготовки. Одновременно отрезают прибыльную и донную части.

Глубину обдирки до $25\text{--}30$ мм и более устанавливают исходя из того, чтобы вместе с поверхностными дефектами удалить со слитка и подкорковые пузыри. Это связано с очень большими отходами металла. Отходы в стружку при обдирке составляют до 15% и более от массы слитка.

§ 3. СТАЛЬНОЙ ПРОКАТ

Виды проката. В качестве заготовок под ковку и штамповку применяют стальной прокат следующих видов: обжатая болванка (блум) по ГОСТ 4692—57 со стороной квадрата от 140 ± 5 до 450 ± 10 мм; квадратная заготовка с прямыми или закругленными углами по ГОСТ 4693—57 со стороной квадрата от $40^{+1}_{-1,5}$ до 250^{+5}_{-7} мм; сталь горячекатаная круглая по ГОСТ 2590—71 и квадратная по ГОСТ 2591—71 с диаметром или стороной квадрата от $5^{+3}_{-0,5}$ до $250^{+1,2}_{-3}$ мм при обычной точности и от $5^{+0,1}_{-0,3}$ до $150^{+0,6}_{-2}$ мм при повышенной точности; сталь калиброванная (подвергнутая волочению) круглая по ГОСТ 7417—57 диаметром $3\text{--}30$ мм с точностью по 2а — 5-му классам, диаметром $31\text{--}65$ мм с точностью по 3—5-му классам и диаметром $67\text{--}100$ мм с точностью по 4 и 5-му классам; различный профильный прокат стандартный и специальный; периодический прокат; трубы бесшовные и некоторые другие виды проката.

Указанный прокат, кроме специального профильного и периодического, а также труб некоторых профилей, изготовляемых по специальным техническим условиям, стандартизован. В стандартах оговорены принятые ряды размеров профиля и допуски на них, предельные размеры профиля при поставке в мотках (буллах), длина прутков и допуски на нее, местная кривизна и качество реза.

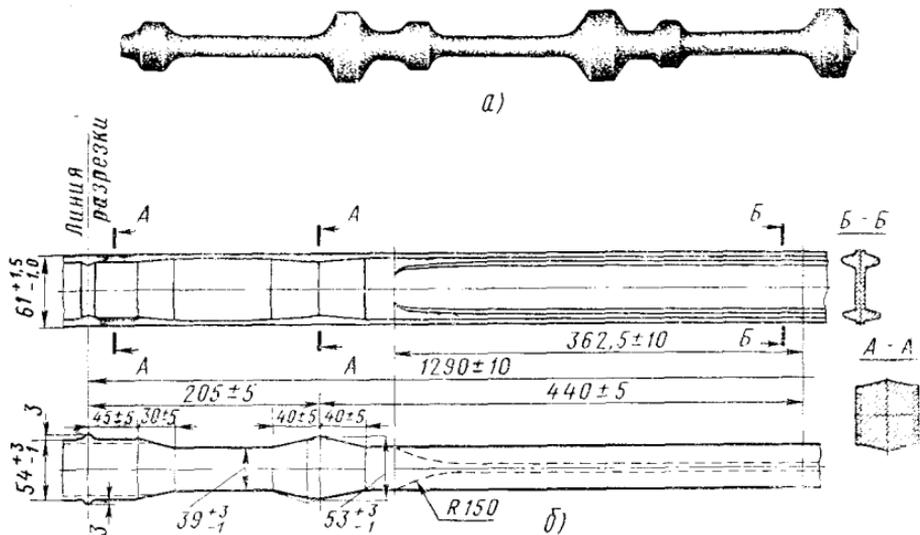


Рис. 4. Виды периодического проката

По желанию заказчика металлургические заводы поставляют прутки круглого и квадратного сечений различной длины: нормальной (немерной), мерной и кратной мерной.

Прутки нормальной (немерной) длины поставляют в зависимости от размера сечения и марки стали длиной 1—10 м. Следовательно, в партии прутки могут быть любой длины в указанных пределах.

В зависимости от длины прутков мерной длины и кратной мерной положительный допуск по длине 30—70 мм.

При заказе периодического проката следует учитывать два метода его получения: поперечную прокатку и продольную. При поперечной прокатке изготовляют прокат только круглого профиля с диаметром, изменяющимся вдоль оси прутка (рис. 4, а), а при продольной — прокат, форма поперечного сечения которого может изменяться вдоль оси прутка и быть круглой, овальной, квадратной, прямоугольной, двутавровой, швеллерной и другого профиля (рис. 4, б). Наибольшие размеры сечения, длина периода, предельные перепады в площади поперечных сечений и прочие требования к форме и размерам периодического проката, получаемого поперечной винтовой прокаткой на станах 70, 120 и 250, указаны в ГОСТ 8320—57, а проката, получаемого продольной прокаткой, — в ГОСТ 8319—57 (применительно к стану 550).

Дефекты. У стального проката, поставляемого под ковку и штамповку, встречаются главным образом следующие дефекты.

Долевые царапины и **риски** на поверхности проката глубиной 0,2—0,5 мм, хорошо просматриваемые до самого дна, получаются в результате неисправности прокатного инструмента и главным образом неправильно установленной проводки, направляющей прокатываемый пруток в соответствующий ручей между вальками прокатного стана.

Волосявины — тонкие, не просматриваемые до дна трещины глубиной 0,5—1,5 мм, образуются при прокатке в результате раскатки подкорковых пузырей в длину проката.

Заусенцы получаются при прокатке в результате неразмещения прутка в калибр, **закаты** — в результате загибания и вмятин этих заусенцев в основной металл проката.

Пленки толщиной до 1,5 мм в виде наложения металла, не имеющего связи с основной массой, получаются иногда от насечек на вальках и от подрезания калибром валька боковой поверхности прутка, когда ширина его немного больше ширины

калибра. Плены получают также от неудаленных с поверхности слитка корок, заливки и заворотов.

Кроме того, на поверхности и в глубине проката могут быть обнаружены другие дефекты металлургического происхождения: флокены, шлаковые включения, включения огнеупоров, остатки ликвиационной зоны в виде скоплений неметаллических включений, вытянутых вдоль сердцевинной части прутка, а также неудаленная с прибыльной частью слитка и вытянутая при прокатке усадочная рыхлость. Осевая рыхлость в прутке может возникнуть и в результате нарушения термомеханического режима при поперечной прокатке.

Подготовка проката к ковке и штамповке. Этот процесс сводится к выявлению и удалению (главным образом вырубкой пневматическим зубилом и заточкой абразивным инструментом) поверхностных дефектов, прежде всего волосовин, закатов и плен, наличие которых приводит к образованию трещин в материале поковок, при этом изогнутые прутки правят. Далее прутковый металл поступает на разделку. Шлак с поверхности можно не удалять, он хорошо отскакивает в печи при последующем нагреве.

§ 4. РАЗДЕЛКА ПРУТКОВ НА МЕРНЫЕ ЗАГОТОВКИ

Способы разделки и резка прутков на сортовых ножницах. Основными способами получения мерных заготовок являются резка прутков на сортовых ножницах и на прессах, ломка в хладноломах и газовая резка. Стальные прутки на пилах режут редко, но в то же время резка на пилах является основным способом разделки прутков из цветных металлов и их сплавов, а также периодического проката и заготовок из труб. В кузницах свободнойковки широко применяют также горячую рубку на ковочных молотах и прессах (см. гл. IV).

Прутки из меди и других мягких металлов рубят в холодном состоянии. В то же время холодная рубка стали и других хрупких сплавов по условиям техники безопасности категорически воспрещается. У кривошипных ножниц для резки заготовок (ГОСТ 8248—67) нижний нож 5 (рис. 5) крепится к станине, верхний 3 — к ползуну. Пруток 1 вручную или автоматически подается на ролики рольганга 6, устанавливаемого перед ножницами, и за время между двумя рабочими ходами ползуна продвигается между ножами вперед до регулируемого упора 4. Ролики рольганга обычно имеют собственный электропривод, а сам рольганг может быть неподвижным или с подъемом и опусканием (качанием) переднего конца. С помощью

прижима 2, перемещаемого вверх и вниз штурвалом или автоматически, пруток прижимается к нижнему ножу и ролику. Прижим препятствует опрокидыванию прутка ножами в начальный момент резки. Во время резки отрезаемая часть прутка нажимает на упор, при этом последний немного отходит от положения, установленного при наладке, а после резки

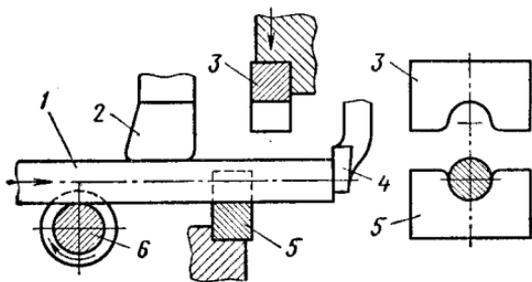


Рис. 5. Схема укладки прутка для резки на ножницах

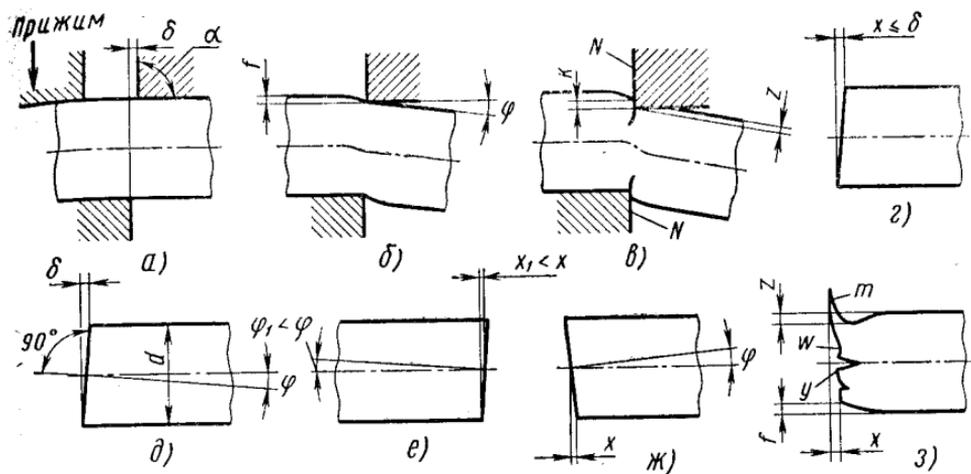


Рис. 6. Процесс резки по стадиям (а, б, в) и форма конца заготовки после качественной (г, д, е, ж) и некачественной (з) резки

и падения отрезанной заготовки упор под действием силы тяжести или противовеса возвращается в исходное положение.

На рис. 6 показана резка на ножницах при расположении ножей перпендикулярно к оси разрезаемого прутка и при угле заострения ножей $\alpha = 90^\circ$ и зазоре δ между ними. Процесс протекает в три стадии. В первой стадии в начальный момент реза (рис. 6, а) в зонах близлежащих к режущим кромкам ножей, одновременно со смятием происходит утяжка металла, достигающая в конце первой стадии (рис. 6, б) величины f . Металл, расположенный вблизи режущих кромок, но вне сферы непосредственного давления ножей, увлекается (утягивается) снимаемыми слоями. Одновременно со смятием и утяжкой происходит отгиб отрезаемой (на рисунке правой) части прутка на угол φ . Другая его (левая) часть удерживается прижимом ножниц и поднимается кверху на угол $\varphi_1 < \varphi$ (рис. 6, в), а при достаточно жестком прижиге остается в исходном положении. По мере опрокидывания прутка и отгиба его отрезаемой части поверхность соприкосновения прутка с ножами, воспринимающая вертикальные усилия, постепенно уменьшается, а давление увеличивается. При этом создается неравномерность давления с возрастанием его к режущим кромкам. Деформация смятия распространяется пока на периферийные слои прутка и приводит к упрочнению металла в первую очередь вблизи режущих кромок ножей.

Вторая стадия процесса характеризуется (рис. 6, б) началом внедрения ножей в хрупкую область, полученную в результате упрочнения. При этом происходит перерезание волокон режущими кромками ножей. На вновь образовавшиеся торцовые поверхности прутка начинают давить боковые поверхности N ножей. Это способствует растяжению и разрыву волокон вблизи режущих кромок и образованию трещин, направленных наклонно в толщу металла (рис. 6, в).

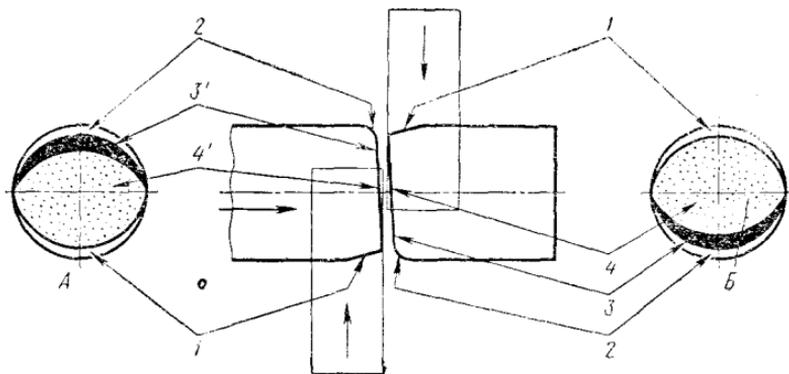


Рис. 7. Характерный вид концов прутка после резки

Величина их наклона в основном зависит от механических свойств разрезаемого металла. Чтобы получить в дальнейшем ровную (без вырывов) поверхность, необходимо, чтобы трещины, идущие сверху и снизу от кромок ножей, были направлены навстречу друг другу. Для этого должен быть предусмотрен соответствующий зазор δ . Центральные слои прутка во второй стадии процесса претерпевают пластический сдвиг.

Третья стадия реза начинается после внедрения ножей в металл на глубину k (рис. 6, в). Разрушение металла начинается у кромки верхнего ножа, так как здесь к способствующим разрушению растягивающим напряжениям от смятия прибавляются растягивающие напряжения, вызываемые отгибом отрезаемой части прутка вниз. Далее происходит сдвиг всей отрезаемой части с полным ее отделением.

Каждой стадии процесса резки соответствуют характерные зоны, сохраняющиеся на торце *A* зажатой части прутка и на торце *B* отрезанной от него заготовки (рис. 7). Зоны смятия *1, 1'* и зоны утяжки *2, 2'* образуются в первой стадии, зоны надреза *3, 3'* — во второй и зоны сдвига *4, 4'* — в третьей стадии процесса.

При резке (рис. 6, з) возможны следующие дефекты: торцовые трещины *y*; заусенец *m*; косина среза *x*, превышающая установленную норму; скол с вырывами *w* материала на торце; большое смятие *z* и большая утяжка *f*.

Торцовые трещины *y* образуются в результате больших остаточных напряжений, возникающих в металле при смятии во время резки. Они появляются после резки сразу или спустя некоторое время, иногда через несколько дней. Все низкопластичные сплавы склонны к образованию торцовых трещин, причем эта склонность возрастает с увеличением сечения заготовки, а также в зимнее время при хранении металла на холоде. Во избежание торцовых трещин в прутках диаметром более 80 мм, а также в прутках из низкопластичной стали последние перед резкой подвергают нагреву до 450—550° С в специальных автоматизированных печах. Прутки из мягкой

стали для уменьшения смятия нагревают до 300°C , что повышает хрупкость. Нагрев до 700°C и выше для снижения сопротивления срезу применяют, когда усилие имеющихся ножниц оказывается недостаточным. Однако такого нагрева следует избегать из-за ухудшения качества среза и образования окалины.

Заусенец m может появиться в результате затупления режущих кромок и излишне большого зазора между ножами. Уменьшая этот зазор, можно исключить появление заусенца и попутно уменьшить косину среза χ . Однако установление слишком малого зазора приводит к тому, что при разделении прутка вместо среза преобладает скалывание, сопровождающееся **вырывами** w .

Уменьшение косины χ практически достигается уменьшением угла φ_1 при применении достаточно жестких и автоматически действующих механизмов прижима прутка к нижнему ножу. При этом косина χ обычно не превышает величины зазора δ , устанавливаемого в пределах 2—3% от толщины разрезаемого материала. Благодаря этому неперпендикулярность плоскости реза к оси прутка составляет не более $2\text{—}3^{\circ}$.

Смятие z практически уменьшается с увеличением поверхности соприкосновения разрезаемого материала с ножами, для чего ширину последних устанавливают в пределах 0,4—0,6 от толщины разрезаемого материала, а в ножах выполняют ручки по форме профиля разрезаемого прутка с максимальным его охватом. Смятие значительно уменьшается с уменьшением угла отгиба φ . С уменьшением смятия уменьшается утяжка f . Кроме того, утяжка становится меньше при уменьшении зазора δ между ножами.

Чем пластичнее металл, тем больше глубина надреза k , смятие z , величина утяжки f и угол отгиба φ . Глубина надреза у твердой стали составляет около 12—15%, а у мягкой стали — до 40% от толщины прутка.

У очень хрупких материалов смятие не выходит за пределы упругих деформаций и не оставляет следа на нарезанных заготовках (рис. 6, z — $ж$). Кроме того, у хрупких материалов получается весьма малый отгиб прутка. При жестком прижме косина среза χ (рис. 6, z) определяется направлением плоскости сдвига и при соответствующем зазоре δ $\chi \leq \delta$.

При резке металлов средней пластичности и при достаточно жестком прижме возможно равенство угла косины углу отгиба, т. е. $\delta/d = \sin \varphi$ и тогда срез перпендикулярен к оси прутка (рис. 6, d). Однако в большинстве случаев из-за недостаточной жесткости прижима прутки опрокидываются на угол φ (рис. 6, e), при котором косина χ на отрезанной части прутка (рис. 6, $ж$) оказывается направленной в сторону, обратную той, что показана на рис. 6, z . Кроме того, при значительном отгибе отрезаемой части угол φ получается больше угла φ_1 , в результате чего у каждой заготовки при резке косина на переднем (в направлении подачи) конце немного меньше, чем на заднем, т. е. $\chi_1 < \chi$.

Для уменьшения косины среза кривошипные ножницы последних моделей снабжены дополнительным нижним прижимом, на

который укладывают конец отрезаемой части прутка. Во время реза этот прижим перемещается вниз вместе с отрезаемой частью, и оказывая постоянное давление снизу, препятствует ее опрокидыванию и отгибу. Усилие нижнего прижима составляет около 10% от номинального усилия ножиц и при определении фактических усилий на ползуне прибавляется к усилию, необходимому для резки. Для повышения качества резки ведутся работы по созданию и освоению новых видов машин для замены ими кривошипных ножиц. В этих машинах прутковый металл по обе стороны от плоскости реза зажимается так, чтобы полностью исключить опрокидывание, отгиб и смятие прутка, а также и косину среза. При этом на некоторых из этих машин сдвиг отрезаемой части сопровождается кручением. В последние годы выпускают ножицы с прижимами и рольгангами, положение которых регулируется таким образом, чтобы пруток можно было подать с рольганга к упору и зажать перед резкой не в горизонтальном положении, а под малым углом, строго перпендикулярным к фактически получаемой плоскости реза.

Если передний конец исходного прутка имеет недопустимо косой срез, заусенец или другие дефекты, то перед резкой на заготовки конец прутка следует отрезать в отход (концевые обрезки). При этом, во избежание большого смятия и утяжки, длина отрезаемого конца первой заготовки должна быть не менее 0,5 толщины материала, а длина самих заготовок — не менее толщины (или диаметра) разрезаемого материала. Практически отношение длины заготовки к ее толщине при резке на кривошипных ножицах принимают не менее 1,2. Кроме того, следует учитывать, что длина заготовки должна по крайней мере на 10 мм превышать ширину ножа, иначе нельзя будет использовать имеющийся в ножицах передний упор, регулирующий длину заготовки. Минимальная длина заднего концевого отхода обуславливается расстоянием от плоскости реза до прижима и зависит от конструкции последнего.

Усилие резки. Усилие непрерывно возрастает от момента соприкосновения верхнего ножа с прутком до начала сдвига всей отрезаемой заготовки, а затем уменьшается до момента полного отделения разрезаемых частей прутка. Максимальное значение усилия

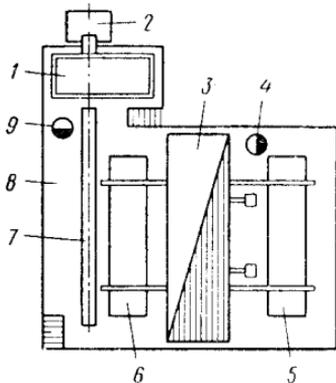
$$P = k\sigma_{cp}F \approx 0,7k\sigma_b F,$$

где k — коэффициент, учитывающий состояние режущих кромок ножей, возрастающий по мере их заглупления от 1 до 1,6; σ_{cp} — сопротивление срезу; $\sigma_b = 0,7\sigma_p$ — предел прочности; F — площадь среза.

Существующие ножицы для резки заготовок имеют усилия до 25 Мн (2500 тс). Основные параметры отечественных ножиц усилиями 1—16 Мн (100—1600 тс) указаны в ГОСТ 8248—67. При холодной резке стали с пределом прочности 450 Мн/м² (45 кгс/мм²) на этих ножицах можно резать заготовки круглого профиля диаметром 55—220 мм, квадратного профиля 50×50 мм — 200×200 мм. Число ходов ползуна ножиц усилием 1 Мн (100 тс) 40 в минуту, ножиц усилием 16 Мн (1600 тс) 12 в минуту. При работе с постоянно

Рис. 8. Планировка участка тяжелых кривошипных ножниц:

1 — ножницы; 2 — тара с нарезанными заготовками; 3 — механизированная печь для нагрева прутков; 4 — нагревательщик; 5 — стеллаж для прутков перед нагревом; 6 — стеллаж для прутков перед холодной резкой; 7 — рольганг; 8 — эстакада; 9 — резчик



включенным ползуном число его ходов соответствует числу резов, т. е. характеризует наивысшую производительность ножниц.

Нарезанные заготовки скатываются от ножниц по желобам. Для попадания их непосредственно в тару следует ножницы со всем вспомогательным оборудованием устанавливать на специальное возвышение — эстакаду, выше уровня пола не менее 1 м. Пример планировки участка тяжелых кривошипных ножниц приведен на рис. 8.

Конструкция ножей ножниц. На рис. 9 показаны ручки для резки сортового металла. Профиль ручьев выполнен в соответствии с формой сечения разрезанного проката для уменьшения смятия заготовок. Для этого, в частности, квадратный профиль разрезают в направлении диагонали (рис. 9, б). При резке в направлении диагонали поверхность среза получается чище и на 10—15% уменьшается усилие, потребное для резки.

Для облегчения резки полосового материала (рис. 9, в) у верхнего ножа выполняют уклон, равный 2° , но не более, чтобы не допускать выскальзывания полосы в сторону. Уклоны около $1^\circ 30'$ (рис. 9, д) обеспечивают перпендикулярность плоскости среза к оси прутка при резке углового железа. В этом случае нижний нож изготовляют составным из двух частей.

Ножи делают цельными (рис. 10, а) или с гнездами (рис. 10, в), под вставки с ручьями (рис. 10, б). Угол заострения ножей при любом профиле выполняют, как правило, 90° для того, чтобы каждый нож можно было последовательно использовать с обеих сторон. Кроме того, заострение на угол менее 90° , хотя и облегчает резку, но значительно увеличивает смятие. Расположение ручьев по высоте ножей определяют исходя из того, что рабочий ход верхнего ножа для полной гарантии отделения и последующего проталкивания отрезанной заготовки должен быть равен 0,8—0,9 толщины прутка. Чтобы верхний нож не мог наскочить на нижний, высота обеих ножей должна быть принята с таким запасом, чтобы даже при верхнем положении ползуна ножниц ножи перекрывали друг друга по высоте не менее чем на 16—20 мм. Ножи и их вставки крепят обычно специальными винтами с потайной головкой и шпонкой, препятствующей вращению винтов при навинчивании на них гаек. В ножах и их вставках предусматривают отверстия под эти винты со шлицевыми пазами под шпонки. В эти отверстия (рис. 10, а, б) можно закладывать винты (с обеих сторон) для последовательной

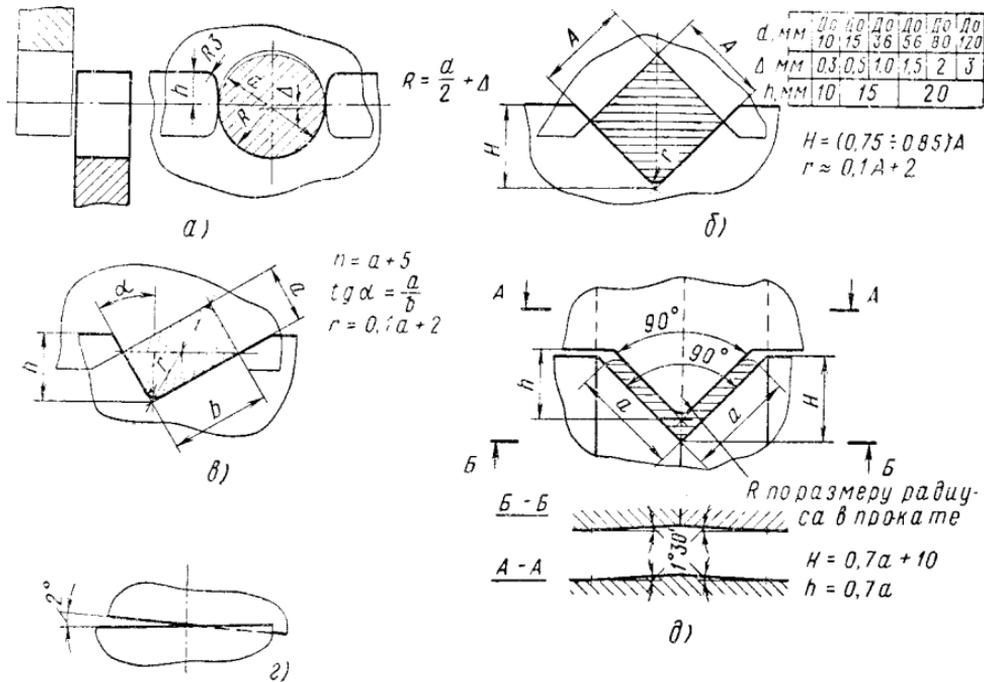
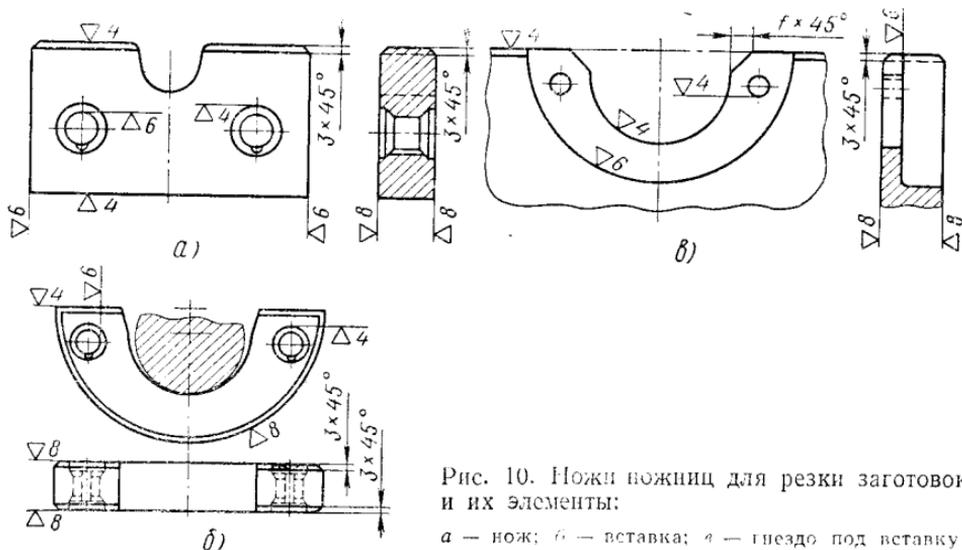


Рис. 9. Ручьи для резки сортового металла:

а — для круглого профиля диаметром d ; б — для квадратного профиля размером $A \times A$; в — для полосы с сечением $a \times b$ при $\frac{b}{a} < 3$; г — то же при $\frac{b}{a} > 3$; д — для угловой равнобокой стали размером $a \times a$



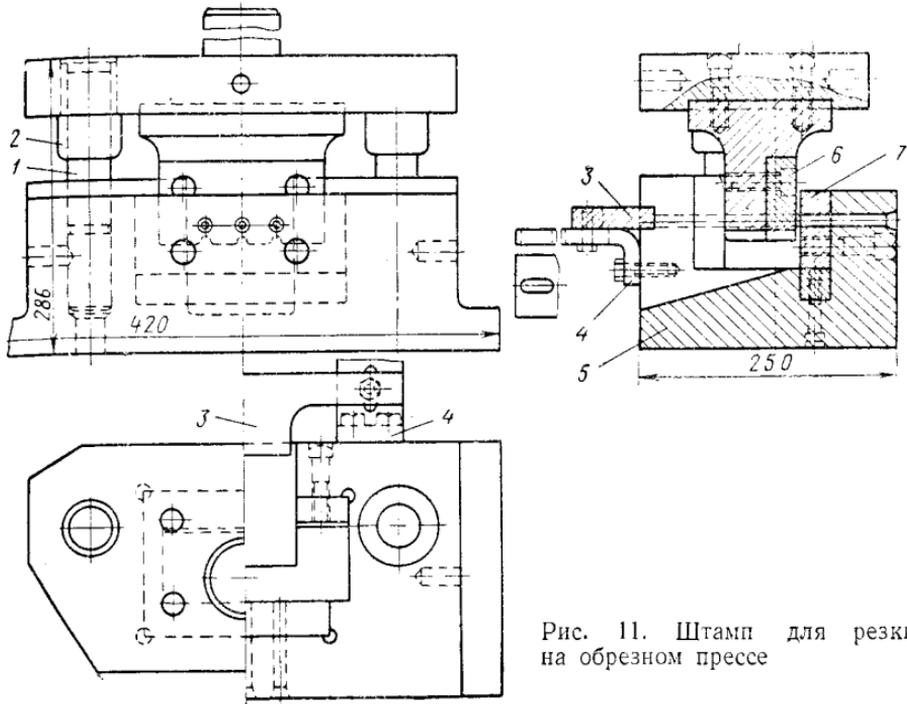


Рис. 11. Штамп для резки на обрезном прессе

двусторонней эксплуатации каждого ножа и каждой вставки. При соответствующих усилиях ножниц и габаритных размерах мест крепления ножей в последних можно выполнять по два ручья для одновременной резки двух прутков или по три ручья — два крайних для одновременной резки двух меньших профилей и средний для резки крупного профиля.

Резку заготовок толщиной менее 40 мм производят обычно на кривошипных, и в том числе на обрезных прессах. Типовая конструкция штампа для резки заготовок на кривошипном прессе усилием 1 Мн (100 тс) приведена на рис. 11. Штамп предназначен для резки одновременно трех прутков диаметром 10 мм. Из-за отсутствия у прессов прижимов, предусмотренных у ножниц, ручки в неподвижных (нижних) ножах выполняют замкнутой формы в виде отверстий, а в отдельных случаях при резке круглого профиля — в виде кольцевых вставок. При затуплении режущих кромок кольцевые вставки поворачивают обычно на 90° . Таким образом, их стойкость в 4 раза выше, чем кромок обычного ножа. Соосность верхнего 6 и нижнего 7 ножей обеспечивается направляющими колонками 1 и втулками 2. Упор 3 обычно прикрепляют к башмаку 5 нижнего штампа на кронштейнах 4. При резке длинных заготовок на более мощных прессах приходится конструировать упоры, устанавливаемые за прессом и прикрепляемые также к башмаку или непосредственно к станине пресса.

Ножи изготавливают обычно из сталей 5ХНВ, 5ХНМ, 5ХГМ, 5ХВ2С, 4ХС, У10 и других, применяемых для молотовых штампов (см. гл. V, § 7), с НВ 444—514.

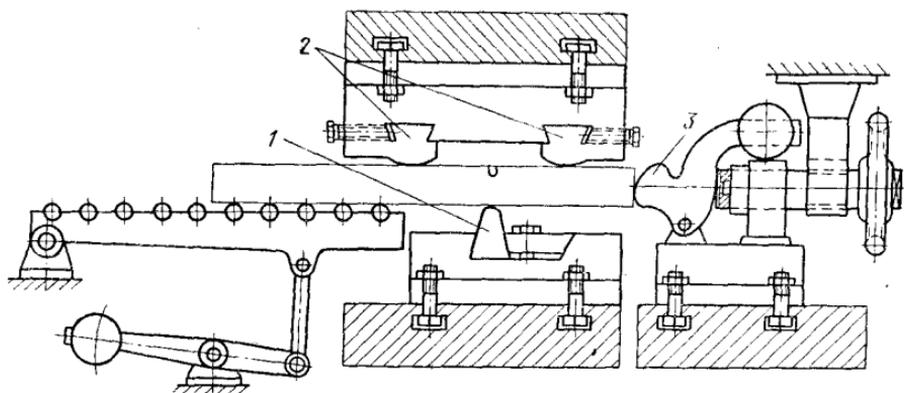


Рис. 12. Хладнолом с универсальным упором и качающимся рольгангом

Другие способы разделки прутков. Взамен резки крупных профилей (толщиной более 70 мм) часто применяют ломку в штампях - хладноломах (рис. 12), устанавливаемых на гидравлических (в том числе и специально предназначенных для этого), а также на мощных кривошипных прессах. Предварительно надрезанный металл укладывают по упору 3 на ломатель 1 и нажатием двумя толкателями 2 производят ломку в ослабленном сечении. Легкость, с какой происходит ломка, объясняется концентрацией растягивающих напряжений у места надреза при гибке прутка (рис. 13). Растягивающее напряжение у края надреза глубиной h , шириной $2r$ составляет $\sigma_{\max} = 2\sigma \sqrt{\frac{h}{r}}$ (σ — напряжение при гибке без концентрации напряжений). Этим объясняется, что напряжения вблизи надреза достигают предела прочности раньше, чем средние слои достигнут предела текучести. Поэтому изгиб, предшествующий ломке, обычно не выходит за пределы упругих деформаций. В глубине надреза образуется трещина, направленная перпендикулярно к оси прутка. Происходит почти мгновенное хрупкое разрушение материала. Рабочий ход толкателей обычно не превосходит 5—10% от толщины прутка.

С увеличением концентрации напряжений у места надреза усилие, потребное для ломки, уменьшается, и как показано выше,

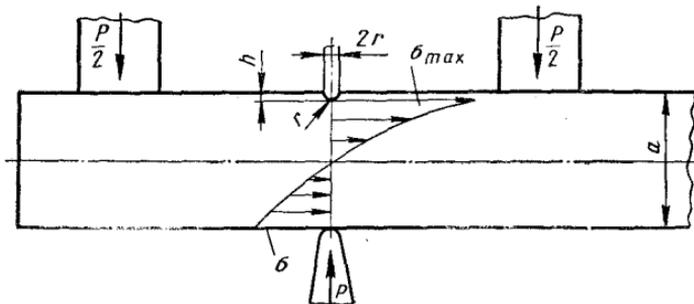


Рис. 13. Схема укладки прутка под ломку на хладноломе

станавится тем меньше, чем меньше ширина и больше глубина над-
 реза. Однако при глубоком надрезе излом получается неровный и
 с большими отклонениями от плоскости, перпендикулярной к оси
 прутка. Такой же дефект получается, когда надрез имеет непра-
 вильную форму, а также при ломке тонких прутков (толщиной ме-
 нее 60—70 мм) и мягких материалов. В связи с этим мягкую сталь
 перед ломкой нагревают до 300° С для повышения ее хрупкости.

Прутки надрезают на пилах или газовой резкой по разметке
 или шаблону. Надрез пилой делают шириной 2—3 мм, при газовой
 резке — шириной 6—7 мм. Оптимальную глубину надреза в мм
 для твердой стали можно определить по эмпирической формуле

$$h = \sqrt[3]{a},$$

где a — толщина прутка в мм.

Для мягкой стали необходим надрез, в 1,5—2,0 раза больше
 глубины.

Для упрощения расчетов необходимых усилий для ломки при-
 нимается схема сосредоточенных нагрузок. При этом усилие

$$P = \frac{4W\sigma}{c},$$

где W — момент сопротивления изгибу; σ — предел прочности ме-
 талла при изгибе, принимаемый равным пределу прочности при рас-
 тяжении; c — расстояние между точками приложения усилия тол-
 кателями.

Подставив в это уравнение соответствующие значения моментов
 сопротивления изгибу, получим:

для круга

$$P = k \frac{0,4d^3\sigma}{c};$$

для квадрата при ломке по диагонали

$$P = k \frac{0,5a^3\sigma}{c};$$

для квадрата при ломке в направлении сторон

$$P = k \frac{0,7a^3\sigma}{c},$$

где a — сторона квадрата; k — коэффициент, учитывающий харак-
 тер приложения разрушающих усилий, неравномерность струк-
 туры металла и другие факторы; при ломке круга и квадрата по
 диагонали $k = 0,8 \div 1,1$, при ломке квадрата в направлении сторон
 $k = 1,05 \div 1,1$.

Для получения правильного плоского излома надрез на прутке
 должен быть расположен с противоположной стороны ломателя на
 равном расстоянии от толкателей. Рабочая кромка ломателя должна

быть закруглена по радиусу 12—15 мм. При ломке прутков круглого или квадратного (по диагонали) профиля ломатель и оба толкателя должны иметь углубления, соответствующие форме профиля. При расположении ломателя снизу и толкателей сверху (а не наоборот) исключается возможность опасного выскакивания из-под хладнолома разломанных частей прутка.

Недостаток ломки в хладноломах — неизбежность образования ступеньки от надреза на торцовых поверхностях заготовок, преимущества — высокая производительность, а также получение относительно коротких заготовок ($l_{\min} = 0,8d$) и одновременный контроль качества металла заготовки по виду излома.

Газовая резка (ацетиленовая, бензиновая и керосиновая) обеспечивает хорошее качество реза и является весьма производительной, особенно автоматизированная групповая резка с применением одновременно нескольких резаков. С повышением в металле содержания углерода и легирующих элементов газовая резка стали затрудняется, при этом необходимо применять флюсы, а также подогревать прутки перед резкой и замедленно охлаждать заготовки после резки во избежание образования на них торцовых трещин. Отходы при газовой резке составляют 4—8 мм по длине прутка на каждую заготовку. Поэтому газовую резку применяют главным образом для крупных профилей, в частности при свободной ковке, когда резка на прессах и кривошипных ножницах затруднительна.

Преимущества резки на дисковых пилах — в лучшем по сравнению с другими способами качестве получаемых торцов заготовки и точности размеров последней по длине; недостатки — в сравнительно низкой производительности, большом расходе инструмента (дисков) и дополнительном отходе металла на каждую резку 3—8 мм при дисках диаметром 300—800 мм. Поэтому резку стальных прутков на дисковых пилах применяют только в тех случаях, когда требуется очень точная длина заготовки и торец, строго перпендикулярный к оси. Наоборот, резка цветных металлов и сплавов на дисковых и ленточных пилах является в этом случае основным и достаточно производительным средством разделки прутков ввиду того, что возможность резки их ножами из-за большого смятия или образования торцовых трещин весьма ограничена.

Для резки никелевых и некоторых других сплавов успешно применяют дисковые и ленточные анодно-механические пилы с использованием постоянного тока. Пруток, разрезаемый на них, служит анодом, а инструмент — катодом. Струя электролита замыкает электрическую цепь и одновременно увлекает за собой расплавленный металл, образуя прорезь шириной 0,5—2,5 мм в зависимости от толщины инструмента, выбираемого в соответствии с толщиной прутка. Машинное время резки прутка зависит от его диаметра: 2,5 мин для стали диаметром 60 мм и 19 мин для стали диаметром 200 мм.

Таким образом, из всех указанных выше способов разделки прутков только резка на кривошипных ножницах и в штампах происходит без отхода металла.

Экономика разделки прутков. Норма расхода исходного пруткового металла на одну мерную заготовку

$$G = G_3 + g_1 + g_2 + g_3 + g_4,$$

где G_3 — масса заготовки номинальных размеров; g_1 — масса отхода на прорезку при разделке; g_2 — начисление на концевые обрезки с обоих концов исходного прутка; g_3 — начисление на концевой отход (на некрасть); g_4 — начисление на верхнее отклонение по длине исходного прутка мерной или кратной длины.

В частных случаях, например при резке на сортовых ножницах и прессах, а также при ломке на хладноломах ($g_1 = 0$) и при удовлетворительном качестве торцов исходного прутка ($g_2 = 0$) норма расхода проката торговой длины $G \neq G_3 + g_3 + g_4$, норма расхода проката мерной или кратной длины $G = G_3 + g_4$.

Средневероятные потери на некрасть ориентировочно можно найти следующим образом. Определим среднюю длину прутка

$$L_{\text{ср}} = \left(\frac{l_6 + l_m}{2} \right) \left(1 - \frac{k}{100} \right) + l_v \frac{k}{100},$$

где l_6 , l_m и l_v — соответственно наибольшая, наименьшая и укороченная длина прутка; k — процент от массы партии, допустимый при поставке укороченных прутков (l_6 , l_m и k определяют по ГОСТ для нормальной, т. е. немерной длины).

Определим среднее число штук заготовок, полученных из прутка,

$$n_{\text{ср}} = \frac{L_{\text{ср}}}{l_3},$$

где l_3 — длина заготовки.

В среднем отход по некрасти принимаем равным половине длины заготовки. Тогда число миллиметров (погонных), приходящихся на одну заготовку, как потеря по некрасти

$$\lambda = \frac{l_3}{2n_{\text{ср}}} \text{ и } g_4 = \lambda F \rho,$$

где F — площадь сечения данного прутка; ρ — плотность металла.

Пример. Рассчитать начисление на некрасть для заготовки $l_3 = 140$ мм, диаметром 50 мм из стали 20Х, нарезанной из прутка нормальной (немерной) длины.

По ГОСТ 2590—71 находим: $l_6 = 6$ м; $l_m = 2$ м; $k = 10\%$; $l_v = 1,5$ м. Тогда

$$L_{\text{ср}} = \left(\frac{6 + 2}{2} \right) \left(1 - \frac{10}{100} \right) + 1,5 \frac{10}{100} = 3,75 \text{ м};$$

$$n_{\text{ср}} = \frac{3,75}{0,14} = 26 \text{ шт}; \quad \lambda = \frac{140}{2 \cdot 26} \approx 3 \text{ мм},$$

$$g_4 = 3 \cdot 15 = 45 \text{ г};$$

где 15 — масса одного миллиметра прутка по ГОСТ.

Рассчитав норму расхода металла на поковку из прутка немерной длины, следует ее сопоставить с нормой расхода на поковку из прутка кратной и мерной длины и выбрать наиболее экономичный прокат.

Коэффициент использования металла η . При разделке прутков $\eta = G_3/G$. Повышение коэффициента использования металла достигается главным образом за счет подтвержденного соответствующим расчетом выбора наивыгоднейшего раскроя исходного прутка и соответствующей формы заказа, а также максимального использования отходов. Большую экономию металла можно получить повышением точности размеров заготовки по сечению.

Допуски на длину нарезанных заготовок. Допуски зависят от размеров заготовки, способа резки и устройства упора, при ломке — от точности разметки надрезов. Так, допуски на длину обычно составляют:

при резке на пилах:

от $\pm 0,8$ мм (при диаметре до 50 мм и длине до 300 мм);

до $\pm 2,5$ мм (при диаметре до 160 мм и длине свыше 1000 мм);

при резке на прессах:

от $\pm 0,5$ мм (при диаметре до 10 мм и длине до 300 мм);

до $\pm 1,5$ мм (при диаметре 30—40 мм и длине свыше 1000 мм);

при резке на кривошипных ножницах:

от $\pm 0,8$ мм (при диаметре до 25 мм и длине до 300 мм);

до $\pm 4,5$ мм (при диаметре до 150—200 мм и длине свыше 1000 мм);

при анодно-механической резке:

от $\pm 0,1$ до $\pm 0,5$ мм.

Из приведенных данных следует, что указанные отклонения не превышают 0,5—1,0% от номинальной длины нарезанных заготовок. Им соответствуют отклонения фактического объема (и массы) заготовки от номинального. Отклонения объема заготовки от номинального в связи с отклонениями размеров поперечных сечений проката (в пределах установленных допусков) составляют 3—15%.

Как будет показано в последующих главах, дляковки и штамповки в одних случаях требуются заготовки не менее определенной длины, в других случаях — не менее определенного объема (массы). В обоих случаях неточность размеров заготовок приводит к перерасходу металла. Поэтому весь объем металла заготовки сверх минимально необходимого, образуемый за счет допусков на размеры, следует рассматривать как потерю, вызываемую несовершенством технологии его разделки.

Чтобы сэкономить этот металл при разделке заготовок заданного объема, необходимо перед резкой прежде всего уточнить требуемую их длину.

$$l = \frac{F_n}{F_\phi} l_n,$$

где F_n и F_ϕ — номинальная и фактическая площадь поперечного сечения; l_n — номинальная длина заготовки.

Для подсчета F_ϕ следует измерить размеры сечения. Для круглого профиля, учитывая его овальность, достаточно произвести

замеры в двух взаимно перпендикулярных направлениях. После этого необходимо переналадить упор на длину l .

Так как на длине одного прутка площадь его поперечного сечения изменяется незначительно, то для всех нарезанных из него заготовок требуется одна и та же установка упора. Но прутки поступают на разделку без предварительной сортировки по размерам сечения. Поэтому контроль их толщины, а возможно, и переналадка упора могут потребоваться для каждого прутка. Однако замерять каждый прутки и переналаживать упор без остановки работ, т. е. без снижения производительности разделки, не удавалось и не практикуется. Очевидно, это станет возможным лишь с применением дозаторов — механизмов для автоматического контроля и переналадки упора, снабженных простейшим электронно-вычислительным устройством.

ТЕРМИЧЕСКИЙ РЕЖИМ
КОВКИ И ШТАМПОВКИ

§ 1. ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ИНТЕРВАЛ КОВКИ И ШТАМПОВКИ

Как известно из курса теории обработки металлов давлением, при так называемой холодной деформации (т. е. деформации при температурах для чистых металлов обычно ниже 0,3 абсолютной температуры плавления) происходит упрочнение (наклеп) деформируемого металла. При этом наблюдается вытягивание его зерен в направлении деформации, создается определенная кристаллографическая ориентировка зерен (текстура), происходят искажение кристаллографических решеток, накопление дополнительных (вторичных) напряжений и другие явления. Пределы прочности и текучести и твердость металла увеличиваются, а относительное удлинение, поперечное сужение и ударная вязкость уменьшаются. Изменяются и другие физические и химические свойства: теплопроводность, электропроводность, растворимость и т. д. С увеличением деформации упрочнение возрастает, дальнейшая деформация становится затруднительной и, наконец, невозможной. Тогда наступает разрушение деформируемого металла.

Нагрев металла вызывает изменение его механических характеристик, но не у всех металлов при этом повышается ковкость. Например, у серого чугуна нагрев приводит вместе с уменьшением предела прочности к уменьшению относительного удлинения, которое может в известной степени служить характеристикой пластичности. Нагретый чугун становится для обычных условий обработки давлением еще менее ковким, чем холодный. У стали же и других деформируемых сплавов нагрев до температуры так называемой горячей деформации (т. е. температуры обычно выше 0,65—0,75 абсолютной температуры плавления) приводит к уменьшению пределов прочности и текучести, твердости и повышению относительного удлинения, сужения, а также к увеличению ударной вязкости.

Вместе с тем при повышении температуры деформации в металле возникают процессы, препятствующие упрочнению, а именно возврат (отдых) и рекристаллизация (разупрочняющие процессы).

Возврат, признаки которого проявляются при температуре обычно выше 0,3 абсолютной температуры плавления, заключается в уменьшении получаемых при деформировании искажений кристаллографической решетки, снижении дополнительных напряжений и т. п. Однако при наличии возврата признаки упрочнения все же проявляются, хотя и в меньшей степени, поэтому основную роль

в разупрочнении играет **рекристаллизация**, признаки которой проявляются при температуре обычно свыше 0,4 абсолютной температуры плавления. Рекристаллизация заключается в появлении в деформированном металле новых центров кристаллизации и росте вокруг них новых зерен с новой ориентировкой кристаллографической решетки и новыми границами между зернами. При полностью протекшей рекристаллизации деформированный металл не имеет следов упрочнения.

У многих деформируемых сплавов ковкость с повышением температуры не возрастает непрерывно. Так, у углеродистой стали при температуре около 300° С наблюдается повышение показателей сопротивления деформированию и снижение показателей пластичности. Кроме того, в области температур, при которых в условиях деформации рекристаллизация протекает не полностью, также наблюдается снижение пластичности. Это объясняется тем, что в данном случае структура металла при обработке становится неоднородной в результате одновременного наличия рекристаллизованных и нерекристаллизованных зерен, а часто и неоднородного состояния, когда эта температура совпадает с температурами фазовых превращений. В результате такой неполной горячей деформации поковки получаются, как правило, низкого качества. Поэтому необходим нагрев до температуры, обеспечивающей рекристаллизацию металла во времяковки и штамповки.

Завершение процесса рекристаллизации зависит не только от температуры, но и от скорости деформации, так как рекристаллизация протекает не мгновенно и не всегда успевает завершиться во время деформации при большой ее скорости. Практически это встречается главным образом при обработке сплавов с низкими скоростями рекристаллизации, например при ковке и штамповке некоторых алюминиевых и магниевых сплавов. Этим объясняется, например, что некоторые низкопластичные сплавы хорошо куются на гидравлических прессах, но разрушаются при ковке на молотах. При обработке с высокими скоростями деформации разрушения стали не наблюдается, но работы деформации при ковке на молотах требуется больше, чем при ковке на прессах за счет отставания разупрочняющего процесса (рекристаллизации) от упрочняющего (наклепа). Следовательно, сопротивление деформации при ковке на молоте больше, чем при ковке на прессах. Кроме того, следует учитывать тепловой эффект молотового удара, который повышает температуру обрабатываемого металла.

Таким образом, с повышением скорости деформации наблюдаются одновременно два явления, оказывающие взаимно противоположные влияния на ковкость. Вначале ковкость обычно снижается потому, что превалирует влияние отставания процесса рекристаллизации. При дальнейшем повышении скорости деформации превалирует влияние теплового эффекта, благодаря чему ковкость, как правило, повышается.

В пределах температур горячей деформации ковкость с повышением температуры возрастает обычно непрерывно, хотя у некоторых

сплавов (армко-железо) имеются зоны хрупкости и при высоких температурах. Однако нагревать сталь до температур, близких к температуре плавления, нельзя, потому что в этом случае начинается оплавление и окисление по границам зерен, связь между зернами нарушается, металл полностью теряет пластичность и прочность. Это явление называется **пережогом**. С поверхности металла, нагретого до температуры пережога, при выносе из печи выделяются характерные искры, а при обработке давлением в нем образуются трещины или он может рассыпаться. Такой металл пригоден только для переплавки.

Ниже температуры пережога находится температура перегрева, характеризующая тем, что в нагреваемом металле происходит процесс непрерывного роста зерен (собирательная рекристаллизация). Чем продолжительнее находится металл при высокой температуре и чем выше эта температура, тем интенсивнее рост зерна. Для большинства сплавов характерна такая температура, выше которой рост зерен становится особенно интенсивным. Эту температуру называют критической. Для большинства сталей крупнозернистость не является препятствием при ковке и штамповке; при этом зерно измельчается. Следовательно, для большинства сталей верхний предел температуры началаковки может находиться в зоне перегрева.

Практически температурный **интервалковки и штамповки** — интервал между максимальной температурой нагрева и минимальной температурой, при которой заканчивается горячая ковка — штамповка, устанавливается по результатам обработки комплекса испытаний, определяющих, каким образом с изменением температуры деформации изменяется пластичность металла и его сопротивление деформированию, какова закономерность роста зерен при нагреве (собирательная рекристаллизация) и при различных степенях деформации (рекристаллизация обработки), а также каково фазовое состояние сплава при этих температурах.

Н. И. Корнеев рекомендует проводить следующие испытания:

1. На пластичность образцов при $h \leq 2,5$ свободной осадкой на 30—50% по высоте h через каждые 25—50° в исследуемом интервале температур; пластичность при этом оценивают по степени осадки, соответствующей появлению в образце первой трещины.

2. На пластичность образцов Менаже ударным изгибом также через каждые 25—50° в исследуемом интервале; пластичность при этом оценивают по максимумам и минимумам на кривой диаграммы результатов испытаний в координатах ударная вязкость — температура.

3. Определять относительное сопротивление деформированию свободной осадкой образцов на копре с постоянной энергией удара через каждые 50° в исследуемом интервале температур; сопротивление деформированию оценивается по величине осадки в % при данной температуре на кривой в координатах $\Delta h\%$ — $t^\circ \text{C}$.

4. Определять удельное сопротивление деформированию при осадке образцов по высоте на заданную величину в интервале 0—60% и через каждые 50° в исследуемом интервале температур; сопротивление деформированию оценивается по его величине при данной температуре на кривой в координатах σ — $t^\circ \text{C}$.

5. Определять критическую температуру роста зерна при нагреве (собирательная рекристаллизация) по перегибу на кривой в координатах величина зерна — $t^\circ \text{C}$, построенной по замерам зерна в образцах через каждые 50° в исследуемом интервале температур.

6. Определять интервал критических степеней деформации (рекристаллизация обработки) при осадке образцов через каждые 2—5% высоты образца в интервале 0—60% и через каждые 50° в исследуемом интервале температур; критические степени деформации соответствуют началу и концу интенсивного роста зерна при данной температуре на кривой диаграммы в координатах величина зерна — степень деформации образца в %; диаграммы рекристаллизации обработки строят в трех координатах; на третьей координате указывают температуру испытаний.

7. Определять фазовое состояние по диаграмме состояния соответствующих систем сплавов; при этом учитывается, что сплав должен по возможности обрабатываться в однофазном состоянии, так как при гомогенной структуре отдельные кристаллиты подвергаются более равномерной деформации; во многих же случаях гетерогенной структуры деформация может быть неравномерной вследствие различных свойств кристаллитов разных фаз.

Значения температур началаковки, а также и концаковки для сплавов, имеющих одну основу, резко колеблются в зависимости от содержания в них других компонентов; так, например, верхний предел температурного интервалаковки-штамповки для различных деформируемых алюминиевых сплавов находится между 470 и 500° С, нижний — между 350 и 400° С; у медных сплавов верхний предел — между 700 и 900° С, нижний — между 550 и 800° С, у магниевых сплавов верхний предел — между 370 и 430° С, нижний — между 300 и 350° С, у титановых сплавов верхний предел между 1000 и 1200° С, нижний — между 700 и 950° С. Соответственно у стали верхний предел — между 1100 и 1300° С, нижний — между 800 и 950° С.

Если отметить на диаграмме состояния сплава железо — углерод температурный интервалковки-штамповки разных углеродистых сталей, то его верхний предел будет находиться на прямой, проходящей на 150—200° С ниже линии солидуса. Таким образом, при температуре началаковки весь углерод находится в твердом растворе (аустенит). Между указанной прямой и линией солидуса находятся две зоны: вначале перегрева, затем пережога. Нижние пределы температурыковки для всех углеродистых сталей соответствуют примерно 800° С, т. е. приблизительно на 75° выше линии PSK. Ковка-штамповка при более низкой температуре приводит к упрочнению (наклепу). Таким образом, сталь, содержащая 0,4—1% С от начала до конца обработки находится в однофазном состоянии (аустенит). Углеродистую сталь с меньшим содержанием углерода заканчивают обрабатывать при наличии в ней двух фаз: аустенита и феррита. При этом получается некоторый наклеп, который легко снимается при последующей термической обработке. Углеродистую сталь, содержащую более 1% С, заканчивают обрабатывать также при наличии в ней двух фаз: аустенита и вторичного цементита. Но в данном случае ковка-штамповка, дробя сетку цементита, оказывает только благоприятное влияние на структуру стали.

Если сплав имеет узкий температурный интервалковки-штамповки, то выбор практических температур для его нагрева и обработки весьма ограничен. При широком интервале, как, например, у углеродистой стали, когда по условиям технологического процесса достаточно использовать только часть температур внутри этого интервала необходимо учитывать следующее. Для предотвра-

щения излишнего роста зерен за время нагрева под ковку-штамповку и охлаждения после нее температуру нагрева под обработку и температуру окончания обработки устанавливают ближе к нижнему пределу интервала. При этом низкая температура окончания обработки уменьшает рост зерна за время охлаждения после обработки. Однако для повышения производительностиковки-штамповки эти практические температуры иногда устанавливают ближе к верхнему пределу температурного интервала с учетом возможного в отдельных случаях (например, при штамповке мелких поковок) исправления структуры и измельчения зерен при последующей термической обработке.

§ 2. РЕЖИМ НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ

Скорость нагрева. Нагрев желательно осуществлять с наибольшей скоростью, т. е. за возможно короткое время. При этом меньше растет зерно, снижается отход металла в окалину (угар), образующуюся на поверхности нагреваемых заготовок под воздействием кислорода, двуокси углерода и водяного пара окружающей среды, меньше углерода выгорает с поверхности стальных заготовок и, следовательно, уменьшается глубина обезуглероженного слоя.

В пламенных печах прогрев заготовок начинается с их поверхности, непосредственно воспринимающей теплоту, излучаемую трехатомными компонентами продуктов горения топлива (CO_2 , H_2O), углеродом, взвешенным в пламени в виде сажи, и внутренней поверхностью камеры нагрева. Прогреву поверхности заготовок способствует также передача ей теплоты конвекцией от печных газов. Проникновение теплоты внутрь заготовок происходит путем теплопроводности. Чистые металлы более теплопроводны, чем их сплавы. Высокоуглеродистая сталь почти в 1,5 раза менее теплопроводна, чем низкоуглеродистая. Легированная сталь менее теплопроводна, чем углеродистая.

Скорость нагрева заготовок при прочих равных условиях для разных сплавов зависит не только от теплопроводности, но и от температуропроводности, определяемой выражением

$$a = \frac{\lambda}{c\rho},$$

где a — температуропроводность в $\text{м}^2/\text{с}$; λ — теплопроводность, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$; c — удельная теплоемкость, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$; ρ — плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$.

С повышением температуры теплопроводность (а следовательно, и температуропроводность) понижаются, причем у легированной стали это понижение менее интенсивно, чем у углеродистой, так что уже при температуре $700\text{—}800^\circ\text{C}$ температуропроводность более или менее выравнивается. Но из-за большей разницы в температуропроводности в начальный период нагрева требуется для быстрого подъема температуры заготовок из высокоуглеродистой, а особенно из легированной сталей (при больших размерах сечений) значи-

тельно более интенсивная подача теплоты к их поверхностям, чем при нагреве заготовок из низкоуглеродистой стали.

Наибольшая технически возможная скорость нагрева заготовок определяется не только температуропроводностью нагреваемого металла. Она зависит в первую очередь от разности температур печи и заготовки (т. е. от температурного напора печи), а также от размеров сечения нагреваемой заготовки, от отношения облучаемой поверхности к объему заготовки и других условий теплоотдачи печи.

Чем больше температурный напор, тем быстрее, при прочих равных условиях, нагревается заготовка, однако тем большая разница температур (температурный градиент) будет наблюдаться между поверхностью и серединой нагреваемой заготовки. Температурный градиент повышается также с увеличением размеров заготовки и со снижением температуропроводности. Поэтому быстрый нагрев металла, вызывающий значительный температурный градиент, может привести к образованию в металле микро- и макротрещин. Причина этого в неравномерности теплового расширения различных слоев нагреваемой заготовки, так как внешние слои, прогреваясь ранее внутренних, больше расширяются. Это приводит к возникновению так называемых термических напряжений, способных вызвать в нагреваемом металле иногда весьма глубокие трещины. При достижении температуры фазовых превращений (для стали при 730°C) к неравномерному тепловому расширению присоединяется неодновременность объемных изменений в разных слоях заготовки, вызываемых фазовыми превращениями. Однако в связи с повышением температуры пластичность металла не понижается, и наиболее вероятный для образования трещин этап нагрева заканчивается до того, как металл нагреется до температуры фазовых превращений.

В связи с возникновением термических напряжений следует от технической возможной скорости нагрева отличать допустимую скорость, превышение которой приводит к появлению микро- и макротрещин в нагреваемом металле. Допустимая скорость зависит от многих факторов, в частности от пластичности и температуропроводности металла, размеров сечения и от структуры материала нагреваемой заготовки. Так, литая структура, являясь менее пластичной, требует соблюдения большей осторожности при нагреве, чем деформированная.

Обычно для слитков и заготовок с большими размерами сечений, а также заготовок из низкопластичной высоколегированной стали при любых размерах сечений применяют так называемый ступенчатый нагрев в несколько этапов: первый — нагрев до температуры фазовых превращений при допустимой скорости нагрева; второй — выдержка при температуре фазовых превращений; третий — нагрев до окончательной температуры при наибольшей технически возможной скорости; четвертый — выдержка при этой температуре для выравнивания ее по всему сечению. Первый и второй этапы, вместе взятые, занимают 70—80% общего времени нагрева. Чтобы не превысить на первом этапе допустимой скорости нагрева, слитки, например, массой 12 т из углеродистой стали сажают в печь с темпера-

турой порядка 900° С, такие же слитки из высоколегированной стали — в печь с температурой не более 500—600° С, а для слитков массой, например, 60 т из любой стали температура печи при посадке должна быть не более 200° С.

При высоких температурах металл обладает достаточно большой пластичностью и не может разрушиться от термических напряжений. Поэтому понятие о допустимой скорости нагрева относится только к первому этапу нагрева. Что же касается стальных заготовок малого сечения (до 80—100 мм), то скорость их нагрева, как правило, не ограничивается. Поэтому такие заготовки следует нагревать с полным использованием термической мощности печи. Исключение составляют только заготовки из некоторых наименее пластичных высоколегированных сталей.

Теория и расчет нагрева и охлаждения металла подробно рассматриваются в специальном курсе «Нагрев и нагревательные устройства».

Ориентировочно общее время нагрева в ч стали от 20 до 1200° С можно определить по формуле Н. Н. Доброхотова

$$\tau = \alpha k D \sqrt{D},$$

где α — коэффициент, учитывающий способ укладки заготовок круглого и квадратного сечений на полу печи (рис. 14); k — коэффициент, учитывающий содержание углерода и легирующих элементов в стали (для малоуглеродистой стали $k = 10$, для высоколегированной $k = 20$); D — диаметр или сторона квадрата нагреваемой заготовки, м.

При коротких заготовках время нагрева сокращается при отношении длины к толщине, равном 2, на 2%; при отношении, равном 1,5 на 8%, и при отношении, равном 1, на 29%.

Фактическое время нагрева, особенно для мелких заготовок или прутков малых сечений, меньше времени, рассчитанного по этой формуле. Для определения фактического времени нагрева лучше пользоваться нормативными данными или справочной литературой.

Время нагрева тонких (до 50 мм) заготовок из алюминиевых и магниевых сплавов составляет примерно 1,5 мин на 1 мм толщины, толстых (более 100 мм) заготовок — около 2 мин на 1 мм толщины. Аналогичные нормы для медных сплавов — соответственно 0,75 мин и 1 мин на 1 мм толщины.

Для заготовок толщиной 50—100 мм время нагрева в мин на 1 мм толщины диаметра (мм) для алюминиевых и магниевых сплавов

$$\tau = 1,5 + 0,01 (D - 50);$$

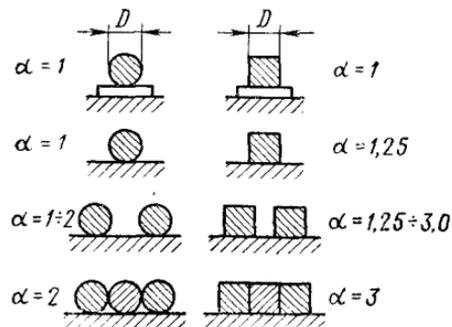


Рис. 14. Значения коэффициента α , учитывающего способы укладки заготовок на полу печи

$$\tau = 1,0 + 0,06 (D - 50).$$

В пламенных печах для скоростного нагрева время нагрева мелких заготовок можно уменьшить в 4—6 раз. Еще большие скорости нагрева допускаются и достигаются при контактном и индукционном электронагревах. Сущность контактного нагрева заключается в том, что нагреваемая заготовка сама является электросопротивлением; при индукционном нагреве заготовка, находясь в поле соленоида, нагревается под действием магнитного гистерезиса и возбуждаемых в ней вихревых токов. В обоих случаях теплота возникает в самом металле; металл по сечению заготовки нагревается более равномерно, чем при поверхностном нагреве в печах и образование в нем трещин исключается. При относительно большой силе тока индукционный нагрев заготовок, например диаметром 40—60 мм, можно осуществить почти в 7—15, а более мелких заготовок даже в 15—20 раз быстрее, чем при обычном нагреве их в печах.

Чтобы знать, каким временем можно располагать на выполнение тех или иных ковочно-штамповочных операций, или иными словами, за какое время нагретый под обработку металл охладится до нижнего предела температурного интервалаковки-штамповки, необходимо знать скорости его охлаждения. Скорость охлаждения на воздухе стальных заготовок средних размеров приведена в табл. 1.

Диаграмма для определения времени охлаждения крупных стальных изделий диаметром 500—1500 мм дана на рис. 15.

Так как при обработке давлением большая часть энергии деформации превращается в тепловую, температура металла во время деформации обычно не снижается. Мало того, наблюдается значительное повышение температуры несмотря на большие потери теплоты передачей его холодному инструменту и излучением. Благодаря тепловому эффекту деформации общее время охлаждения заготовок увеличивается. Наибольшие потери теплоты происходят до и после деформации.

Продлить пребывание металла при температурековки-штамповки особенно желательно для трудоемких процессов, например при ковке крупных поковок из слитков, и необходимо при обработке сплавов, имеющих узкие температурные интервалыковки. Для этого применяют замедлители охлаждения необрабатываемых частей — асбестовые изоляторы или алюминиевые рефлекторы. Асбестовые

Понижение температуры в °С стальных заготовок при охлаждении на воздухе за 1 мин

Интервал температуры, °С	Диаметр заготовки, мм			
	70	80	100	120
900—800	16,7	15,2	14,5	13,6
800—700	12,4	11,3	10,7	10,0
700—600	9,6	8,3	7,9	7,4
600—500	6,7	6,0	5,7	5,4
500—400	4,8	4,3	4,1	3,8
400—300	3,3	3,0	2,9	2,7
300—200	2,3	2,1	2,0	1,9
200—100	1,5	1,4	1,4	1,2
100—50	1,2	1,0	1,0	0,8

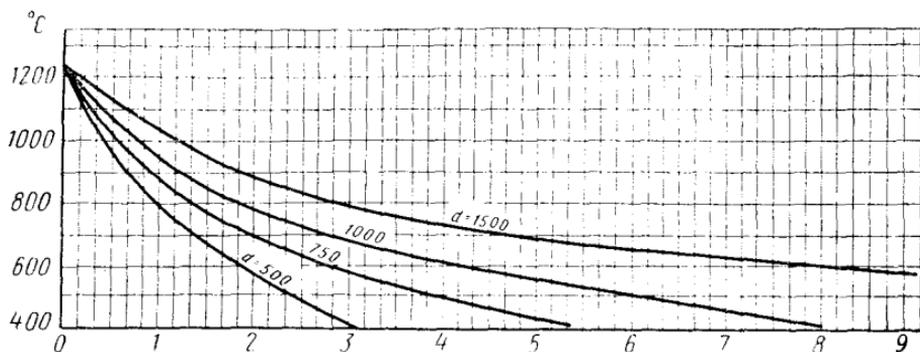


Рис. 15. Диаграмма для определения времени охлаждения стальных валов диаметром 500—1500 мм на воздухе

кожухи на каркасе сварной конструкции или облицованные листовой сталью выполняют по размерам охлаждаемых частей с зазором 50—120 мм на сторону. При ковке их удерживают на весу краном. Рефлекторы изготовляют из листового алюминия разборными. Их размеры в 1,5—3 раза и более превышают размеры охлаждаемых заготовок. При ковке они удерживаются на специальных кронштейнах. Эффективность замедлителей снижается с повышением температуры охлаждаемых заготовок и увеличением зазора между ними и замедлителями. Достаточный зазор необходим для предохранения самих замедлителей от перегрева. Допустимая температура нагрева алюминиевого рефлектора около 500° С. Стальные рефлекторы непригодны, потому что быстро тускнеют и теряют эффективность. Практически с помощью замедлителей можно время охлаждения увеличить в 1,5—5 раз. В качестве замедлителей могут быть использованы также специальные индукционные подогреватели. С их помощью возможно полностью исключить охлаждение и обеспечить изотермический режимковки.

В процессе охлаждения послековки-штамповки в металле повторяются в обратном порядке те же явления, что и при нагреве. Но в результате снижения температуры металла во время самойковки-штамповки, при последующем охлаждении на воздухе в металле поковок обычно не возникает столь больших температурных градиентов, как при нагреве, и охлаждение обычно протекает менее интенсивно и более спокойно, чем нагрев.

Способы охлаждения. Для низкопластичных сплавов, у которых не исключается возможность образования трещин при свободном охлаждении на воздухе, применяют замедленное охлаждение одним из перечисленных ниже способов в порядке увеличения продолжительности охлаждения: на воздухе в штабелях; в ящиках (ямах) с закрытыми крышками; в футерованных колодцах с засыпкой песком, золой, шлаком, и т. п.; в отапливаемых колодцах или вместе с печью.

Поковки из алюминиевых, медных и магниевых сплавов охлаждают на воздухе, поковки из титановых сплавов — в ящиках с су-

хим песком или укладывают их на листы асбеста и накрывают сверху асбестовым полотном. Способ охлаждения зависит также от размеров сечения поковки. Так, допускается свободное охлаждение на воздухе углеродистой стали любых сечений, содержащей до 0,35% С, а содержащей 0,4—0,5% С — только при толщине менее 300 мм, содержащей 0,55—0,7% С — при толщине менее 200 мм, содержащей более 0,7% С — при толщине менее 100 мм. Для хромистой стали 15Х любых сечений допускается свободное охлаждение, а для сталей 20Х—40Х — только при толщине менее 75 мм, для сталей 45Х, 50Х — при толщине менее 60 мм. При этом поковки больших толщин нуждаются в замедленном охлаждении. В то же время легированная сталь, например типа 25ХНВА, и стали Р9 и Р18 любых сечений не допускают свободного охлаждения. При охлаждении в отопляемых колодцах или с печью поковки выдерживают при температуре изотермического перлитно-трооститного распада с последующим охлаждением на воздухе или при температуре нормального отжига с последующим охлаждением вместе с печью. Такой отжиг бывает, в частности, необходим при ковке-штамповке флокеночувствительной стали.

§ 3. НАГРЕВ И ОЧИСТКА ОТ ОКАЛИНЫ

Нагрев металла. Для нагрева металла в кузнечном производстве наиболее широко применяют пламенные печи, электропечи, установки контактного электронагрева и индукционные нагреватели. Установки для скоростного пламенного нагрева, печи с ваннами жидкого стекла и другие кузнечные нагревательные устройства менее широко распространены. Вопросы устройства, расчета и эксплуатации нагревательных устройств подробно изложены в специальном курсе.

Существенным недостатком нагрева в пламенных печах с обычной атмосферой в рабочей камере являются обезуглероживание поверхности стальных заготовок и высокий поверхностный угар. Наличие образующейся при этом окалины на поверхности готовых изделий недопустимо, она портит штампы и режущий инструмент, и поэтому должна быть удалена с поверхности заготовок, а затем и с поверхности поковок, причем очищать от окалины надо в самих кузнечных цехах. Обезуглероженный слой не поддается закалке при термообработке и поэтому в отдельных случаях подлежит удалению в стружку при дальнейшей обработке поковок в механических цехах.

Заметное образование окалины при нагреве стали начинается при 700° С и становится весьма интенсивным при 1100° С и выше. Процесс обезуглероживания заметен, начиная с 800—850° С.

С увеличением сечения заготовки относительные потери металла на угар снижаются, так как время, потребное для нагрева, увеличивается медленнее, чем отношение площади поверхности заготовки к ее объему. Так, угар при нагреве слитков обычно составляет 1,5—2,0%, а при нагреве сортового проката — 3—4% от массы нагревае-

мого металла. Угар, образующийся за каждый последующий подогрев, составляет 50—75% от получаемого при первом нагреве. При нарушении нормальных условий сжигания топлива (при увеличении в печной атмосфере избытка воздуха) указанные потери на угар увеличиваются почти вдвое. Образование окалины зависит также от химического состава стали. Так, с повышением содержания углерода, хрома и молибдена потери на угар заметно уменьшаются.

Очистка от окалины. При ковке и штамповке на молотах окалина сравнительно легко сбивается с заготовки и затем сдувается или сметается с нижнего бойка или штампа. При ковке и штамповке на гидравлических прессах для ее удаления используют обычно металлические щетки и скребки. Перед штамповкой на горизонтально-ковочных машинах используют фигурные скребки, например с вырезами по профилю заготовки, закрепляемые сбоку на каркасе печи.

Перед штамповкой на быстроходных прессах, когда удаление окалины из штампов затруднено, вместо указанных выше способов очистки применяют гидроочистку.

Установки для гидроочистки представляют собой желоба или транспортеры, по которым вручную или автоматически горячая заготовка попадает под струи воды давлением 10—20 Мн/м² (100—200 кгс/см²), направленные наклонно к ее поверхности. При этом механическому отделению окалины от поверхности металла способствует резкая разница в усадке самой окалины и находящегося под ней металла при охлаждении их водой. Вода подается в течение 1—3 с через щели или насадки с отверстиями диаметром менее 1 мм. Число насадок бывает 4—8 и более с общим гидравлическим выключателем. Установки покрыты кожухами, защищающими от разбрызгивания воды и окалины, имеют дно с уклоном и трубопровод для стока воды, а также трубопровод для подвода воды высокого давления из магистрали или от индивидуального насоса. Ввиду малого расхода воды заготовка во время очистки практически мало теряет теплоты, при этом качество очистки получается вполне удовлетворительным.

Для предохранения металла от окисления и обезуглероживания металл нагревают в вакуумных печах и в печах с защитными атмосферами. Из них наиболее широко применяют печи с инертными газами: гелием, аргоном, азотом и с атмосферой, получаемой при переработке природных горючих газов в виде эндогаза и продуктов неполного сгорания топлива.

Проще достигается безокислительный нагрев в электропечах сопротивления. Отсутствие в них пламени дает возможность ввести в рабочую камеру электропечи нейтральный по отношению нагреваемого металла газ и при весьма незначительном расходе его осуществлять безокислительный нагрев. Из-за менее интенсивного конвективного теплообмена и ряда других причин продолжительность нагрева в них на 15—20% больше, чем в пламенных. Температура электропечи регулируется с точностью $\pm 5^\circ$. Однако в электропечах целесообразно нагревать стальные заготовки небольшого сечения и при малом объеме производства, так как печи с максималь-

ной рабочей температурой 1300°C изготавливают с силитовыми и карборундовыми нагревателями площадью пода не более 2 м^2 , а печи с металллическими нагревателями, работающие при температуре $900\text{—}950^{\circ}\text{C}$, пригодны для нагрева заготовок только из цветных сплавов. Применению контактного электронагрева, вопреки известным его преимуществам, препятствуют главным образом следующие два обстоятельства. Во-первых, концы нагретой заготовки остаются холодными. Так, при нагреве средней части заготовки до 1200°C в непосредственной близости от контактных призм температура достигает 1280°C , а под контактами на торцевой поверхности заготовок 900°C . Во-вторых, достаточно высокий к. п. д. установок возможен только при сравнительно небольших сечениях (до $45\text{—}50\text{ мм}$) и относительно большой длине заготовок, т. е. при $l > d^2$ (размеры в мм) и еще лучше при $l > 1,5d^2$ (например, при производстве рессор и пружин).

Достаточно высокий к. п. д. (60% и выше) индукционного нагревателя при соответствующей форме и размерах индуктора (между нагреваемой заготовкой и внутренним контуром индуктора должен быть минимальный зазор) обеспечивается подбором частоты тока и соответствующей плотностью витков обмотки индуктора.

При индукционном электронагреве по сравнению с обычным в пламенных печах значительно повышается производительность нагрева. Кроме того, слой окалины уменьшается в $4\text{—}5$ раз, отход металла на угар — в среднем от $3\text{—}4\%$ до $0,7\text{—}1\%$, а обезуглероживания практически не происходит. К тому же обеспечивается точность температур нагрева заготовки, что исключает перегрев. При электронагреве требуются меньшие площади под нагревательное оборудование, а отсутствие теплового излучения со стороны электронагревательных устройств, чистота рабочего места и бесшумность нагрева улучшают условия труда. Однако установка и эксплуатация индукционного нагрева обходятся в несколько раз дороже газового нагрева.

§ 4. КОНТРОЛЬ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Контроль термического режима сводится к проверке температур и продолжительности нагрева под ковку и штамповку, продолжительности и температур самойковки или штамповки, а также охлаждения поковок. Продолжительность отдельных процессов или их периодов (например, периода работы толкателей в печах и индукционных нагревателях) контролируют с помощью обыкновенных часов, а при автоматизации — различными часовыми механизмами: реле времени и др.

Точный контроль температуры нагрева требует установки на печах термоэлектрических пирометров с теплостойкими термопарами. В зависимости от измеряемой температуры применяют термопары из платины — платинородия — для температур до 1500°C ; из хромеля — алюмеля — для температур до 1000°C ; из железоконстантана — для температур до 800°C .

На кузнечных печах устанавливают самопищущие или только указывающие термоэлектрические пирометры. Применяют также пирометры с механизмами для автоматического поддержания постоянной температуры или автоматического изменения температуры во времени. Последние устанавливают, например, при нагреве слитков в камерных печах с выдвижным подом.

При нагреве до высоких температур последние часто определяют на глаз по яркости и цвету пламени и внутренней поверхности стенок печи, а также по цвету металла. Цвет и яркость нагретых предметов при температурах 600—1300° С существенно изменяются через каждые 50°. Так, например, цвет поверхности при нагреве от 850 до 1000° С постепенно изменяется от красного до светло-красного, затем на оранжевый и, наконец, на желтый. Поэтому опытный нагревальщик при этом ошибается не более чем на 50—60° С. Однако этот способ не является достаточно точным и надежным.

Температуры заготовок и поковок во времяковки можно контролировать с помощью оптических пирометров.

ВЛИЯНИЕ КУЗНЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ
НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА МЕТАЛЛА§ 1. СТРУКТУРА МЕТАЛЛА ПРИ КОВКЕ И ШТАМПОВКЕ.
УКОВКА

При ковке слитков протяжкой, как и при прокатке слитков, наблюдаются следующие явления. В начальный момент обработки происходит заварка расположенных в глубине слитков газовых пузырей, микропор, некоторых долеговых трещин и прочих неплотностей при условии, если их поверхность не окислена. В связи с этим происходит некоторое незначительное повышение плотности металла. Затем крупные кристаллиты первичной кристаллизации (дендриты), дробясь, начинают вытягиваться в направлении удлинения заготовки. Вместе с ними вытягиваются скопления неметаллических включений, расположившихся при кристаллизации по границам дендритов. По мере вытягивания эти скопления постепенно принимают форму прядей и придают макроструктуре металла вид более или менее ярко выраженного волокнистого строения. При этом направление волокон всегда совпадает с направлением вытяжки.

Процесс образования волокнистого макростроения начинается в средней части слитка, состоящей из равноосных дендритов, затем постепенно он охватывает периферийные слои и заканчивается в зоне столбчатых дендритов. Это объясняется тем, что в указанной зоне дендриты расположены перпендикулярно к направлению вытяжки и поэтому требуется большая деформация, чем для получения такой же макроструктуры в центральной зоне.

Степень протяжки обычно характеризуется уковкой y , измеряемой отношением площадей поперечных сечений слитка — начальной $F_{\text{нач}}$ и конечной $F_{\text{кон}}$, что равно отношению конечной длины заготовки $L_{\text{кон}}$ к начальной ее длине $L_{\text{нач}}$, т. е.

$$y = \frac{F_{\text{нач}}}{F_{\text{кон}}} = \frac{L_{\text{кон}}}{L_{\text{нач}}} > 1.$$

По данным Н. И. Корнеева, средняя часть слитка, которой соответствует зернистая и путано-дендритная зоны кристаллизации, в процессековки приобретает волокнистое строение после уковки $y=2\div 3$. Столбчатые дендриты после такой уковки только начинают заметно отклоняться от направления, которое они имели в слитке перед ковкой. По мере повышения степени деформации, например до уковки $y = 4\div 6$, дендриты этой зоны слитка претерпевают все большую деформацию, продолжая оставаться направленными

под некоторым углом к его оси. Таким образом, в периферийной зоне сечения стальной заготовки, прокованной с уковкой 4—6, всегда можно наблюдать дендриты, еще не ориентированные в направлении течения металла, и лишь после уковки, превышающей 10, ковкая сталь приобретает волокнистое строение по всему сечению.

Если протяжку выполняют постепенно за несколько приемов с получением каких-либо промежуточных размеров поперечного сечения, то конечная макроструктура получается почти такой же, как при протяжке сразу до конечных размеров, и общая уковка определяется также отношением начальных и конечных размеров или как произведение промежуточных увок. Например, при протяжке за две операции, если в результате первой из них получается площадь поперечного сечения, равная F (при условии $F_{\text{нач}} > F > F_{\text{кон}}$), то общая уковка

$$y = \frac{F_{\text{нач}}}{F} \cdot \frac{F}{F_{\text{кон}}} = \frac{F_{\text{нач}}}{F_{\text{кон}}}.$$

Для создания требуемой макроструктуры вовсе не обязательно увеличить длину исходного слитка во столько раз, чтобы его удлинение было равно числу уковки. Можно получить требуемую уковку при меньшем удлинении, если протяжку сочетать с осадкой слитка в направлении его оси для увеличения площади поперечного сечения слитка от $F_{\text{нач}}$ до такого значения $F > F_{\text{нач}}$, чтобы отношение $F/F_{\text{кон}}$ было равно величине требуемой уковки.

Требуемую макроструктуру можно получить при ковке поковок, длина которых равна или даже меньше длины исходного слитка, если осуществить соответствующее количество последовательно выполняемых протяжек и осадок. Отметим, что промежуточные значения F могут быть здесь больше $F_{\text{нач}}$ и меньше $F_{\text{кон}}$. При этом общую уковку следует определять как произведение увок, полученных в результате отдельных протяжек не только когда они следуют одна за другой, но и когда они чередуются с осадками.

Степень осадки характеризуется отношением $H_{\text{нач}}/H_{\text{кон}}$ или $F_{\text{кон}}/F_{\text{нач}}$, т. е. величинами, обратными значениям уковки, а степень деформации при осадке

$$\varepsilon = \frac{H_{\text{нач}} - H_{\text{кон}}}{H_{\text{нач}}} \cdot 100\%.$$

Осадку исходного слитка сопровождают явления несколько иные, чем при протяжке. Прежде всего наблюдается заварка некоторых поперечных трещин. Продольные трещины, хорошо завариваемые при протяжке, наоборот, раскрываются. Дробление дендритов и измельчение первичной кристаллизации протекает в общем, как при протяжке. Однако зерна начинают вытягиваться с тенденцией к образованию волокон, расположенных радиально, а не в направлении осадки. Все это оказывает влияние на конечную макроструктуру. Специфика влияния осадки и протяжки на изменения струк-

туры исходного литого металла столь заметна, что при ковке слитка с целью получения необходимой деформированной структуры эти операции не могут заменять друг друга. Изменение соотношения между уковкой и степенью осадки также приводит к соответствующему изменению конечной макроструктуры.

Произведение уковки (в том числе общей уковки) на обратную величину степени осадки (в том числе общей осадки) называют общей деформацией при ковке. Определение общей деформации может оказаться полезным, например, при приближенном расчете суммарной работы деформации в течение всего процесса, но отнюдь не для характеристики конечной макроструктуры и механических свойств материала поковки.

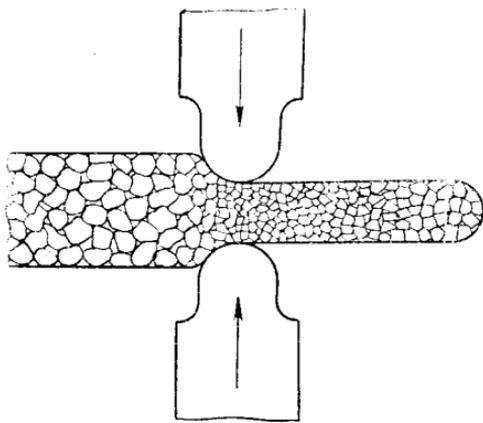
Дальнейшая обработка давлением, а также термическая обработка не могут устранить волокнистого макростроения, полученного при начальной ковке (или прокатке) слитка. Последующая ковка и штамповка приводят лишь к тому, что с изменением внешней формы обрабатываемой заготовки изменяется направление волокон. Волокнистость может быть устранена только в отдельных случаях (при незначительном количестве неметаллических включений) посредством высокотемпературного и очень продолжительного отжига, какой в технологии обработки металлов практически не применяют.

В отличие от этого, микроструктура металла послековки и штамповки не является окончательной. Для получения окончательной микроструктуры все кованные и штампованные изделия (за редким исключением) подвергают термообработке. При этом желательно, чтобы металл послековки-штамповки имел более мелкое зерно. Это облегчает его термообработку, особенно крупных поковок, поскольку термообработка последних сложнее. Однако следует иметь в виду, что для сплавов не претерпевающих фазовых превращений при более низких температурах и поэтому не подвергаемых термообработке, обработка давлением является единственным средством измельчения зерен. Особенно в этом случае следует не забывать о росте зерен при нагреве под ковку-штамповку, о том, что конечный размер зерна в поковке в известной мере зависит от его размера, полученного к концу нагрева (к началуковки-штамповки), и о том, что по этой причине нагрева до ковоочных температур без последующей горячей деформации вообще допускать не следует. При этом все участки нагретой заготовки должны быть прокованы. Наконец, не следует забывать, что процесс роста зерен продолжается и послековки-штамповки (рис. 16). Поэтому ковку-штамповку, как было сказано, следует заканчивать при температурах, по возможности близких к нижнему пределу допускаемых температурковки.

У углеродистой и обыкновенной легированной сталей скорость рекристаллизации, происходящей при горячей пластической деформации, обычно настолько велика, что она успевает полностью завершиться во время деформирования.

Используя диаграммы рекристаллизации обработки, показывающие величину зерна, получающуюся в результате обжатия за один рабочий ход при той или иной температуре, можно определять тем-

Рис. 16. Схема рекристаллизации при ковке (вытяжке) крупных поковок



температуру и величину деформаций, при которых достигается мелкозернистая микроструктура. Эти диаграммы показывают, что при каждой температуре деформации (в пределах температурного интервалаковки и штамповки) наблюдаются такие степени деформации (критические), которые обуславливают интенсивный рост зерен, и

кроме того, показывают, как с изменением температуры сужается или расширяется и перемещается зона этих критических степеней деформации.

Из диаграмм рекристаллизации видно, например, что стали целесообразно ковать или штамповать при высоких температурах (1000°C и выше) с большими обжатиями (20—30%). Чтобы избежать крупнозернистой структуры, заканчивая обработку стали при 800 — 900°C , следует применять обжатия со степенями деформации до 6%, т. е. меньшими, чем критические, или же, наоборот, при степенях, их превышающих.

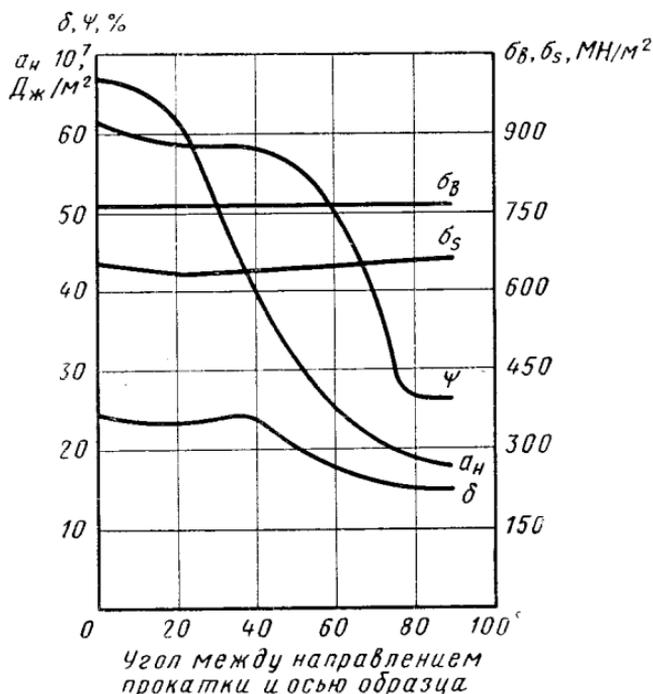
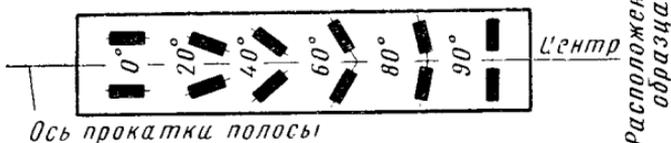
§ 2. ВЛИЯНИЕ КОВКИ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Влияниековки на механические свойства металла, особенно стали, изучалось рядом исследователей. Для получения сравнимых результатов необходимо было испытываемые образцы той или иной кованой стали и исходной литой подвергать одинаковой термообработке для получения идентичных микроструктур.

Исследования показали, что прочностные характеристики — пределы прочности σ_b и текучести σ_s — практически не зависят ни от степени уковки, ни от направления волокон макроструктуры. Вместе с тем, ковка существенно влияет на характеристики пластичности (относительное удлинение δ , относительное сужение ψ , ударную вязкость a_n и предел выносливости σ_r). Эти характеристики различны и зависят от направления оси образца: вдоль волокон (долевые образцы) или поперек волокон (поперечные образцы). У образцов вдоль волокон всегда более высокие значения δ , ψ , a_n и σ_r , чем у образцов поперек волокон. Это явление носит название анизотропии или векториальности механических свойств.

На рис. 17 показано, как изменяются механические свойства металла в зависимости от угла между направлением волокон и осью образцов, вырезанных из проката бессемеровской стали, содержащей 0,23% С, 0,9% Мп и 3,08% Ni. С увеличением уковки анизотропия механических свойств увеличивается и получается больше

Рис. 17. Изменения механических свойств стали в зависимости от угла между направлением прокатки и осью образца



в центральной зоне и меньше в периферийной зоне ковальной или прокатанной заготовки. При этом осадка слитка, осуществляемая перед протяжкой, обычно уменьшает анизотропию.

Многочисленные исследования показали, что обычно с увеличением уковки σ_b и σ_s практически не изменяются или изменяются в пределах всего от 3 до 5% и реже до 8%. Анизотропия характеристик δ , ψ , a_n и σ_s вначале (при уковке до 6—10) увеличивается весьма интенсивно, а затем более медленно. Для продольных образцов δ и ψ не изменяются, а для поперечных при уковке до 10 уменьшаются соответственно на 30—40% и 40—45% с тенденцией к последующему, но уже незначительному уменьшению. Значения a_n для продольных образцов либо также не изменяются, либо возрастают, а для поперечных образцов уменьшаются на 50% и более, так что при уковке более 10 для поперечных образцов a_n может быть в 2—3 раза меньше, чем для продольных. При этом σ_s для продольных образцов увеличивается примерно на 7—8%, а для поперечных снижается примерно на 15%. На рис. 18, по данным Н. И. Корнеева и Н. Г. Скугарева, показано, как при уковке 2—20 увеличивается анизотропия меха-

$\sigma_B, \sigma_S, \tau_{max}, \text{МН/М}^2$
 $a_n \cdot 10^4$
 Дж/М^2

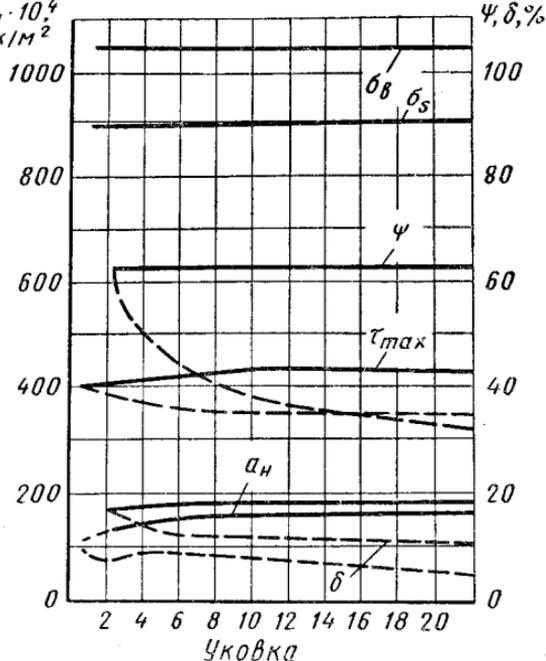


Рис. 18. Влияние уковки на механические свойства в периферийной части заготовки из хромоникелевольфрамовой стали

нических свойств в периферийной зоне кованных заготовок. При этом сплошные линии относятся к продольным, штриховые — к поперечным образцам.

§ 3. СПОСОБЫ КОВКИ И ШТАМПОВКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ И НАЗНАЧЕНИЯ ПОКОВОК

Из изложенного следует, что, во-первых, дезориентированное макростроение, которое весьма желательно иметь, например в кованных кубиках молотовых штампов (см. гл. V, § 6), может быть

обеспечено только при ковке слитков с уковкой не более 4,5. Однако далеко не всегда представляется возможным получить при уковке не более 4,5 поковку более сложной формы, чем кубик. Во-вторых, при ковке слитков с бóльшей уковкой, как и во всех случаяхковки и штамповки пруткового металла, поковки всегда получаются с довольно ярко выраженной волокнистой макроструктурой, а следова-

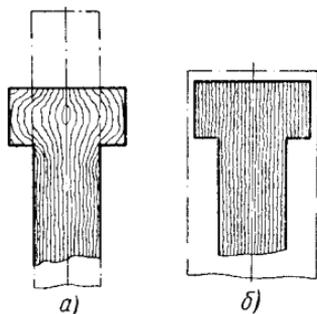


Рис. 19. Расположение волокон в болте, полученном штамповкой (а) и обработкой резанием (б)

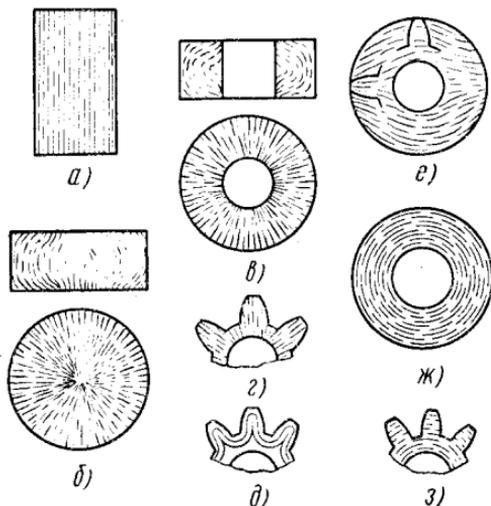
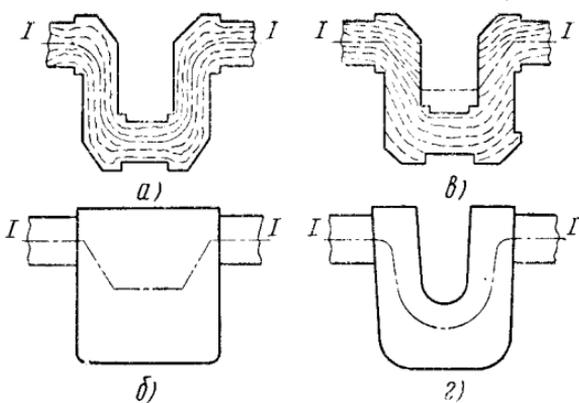


Рис. 20. Расположение волокон в шестерне при различных способахковки-штамповки

Рис. 21. Расположение волокон в кованных и штампованных кольчатых валах (линия I—I— расположение осевой части исходной заготовки в готовом изделии)



тельно, и с присущей этой структуре анизотропией механических свойств. Поэтому, разрабатывая тот или иной технологический процессковки или штамповки, необходимо, с одной стороны, учитывать направление волокон в исходной заготовке, с другой, желательное или может быть необходимое направление этих волокон в поковке и, наконец, подобрать такой метод формоизменения исходной заготовки, при осуществлении которого волокна металла этой заготовки, размещаясь в поковке, непременно приняли бы требуемое направление. Поясним это на примерах.

Болт с головкой, полученной высадкой конца заготовки (рис. 19, а), имеет более благоприятную макроструктуру, чем болт, изготовленный из катаного прутка проточкой стержня (рис. 19, б), так как в последнем случае касательные напряжения, возникающие в головке при нагружении болта, оказываются направленными вдоль волокон. Здесь следует отметить, что и стержень штампованного болта прочнее, чем точеного, так как при точении стержня в стружку удаляется наиболее качественный слой, а менее качественная сердцевинная часть прутка остается в изделии.

При ковке или штамповке поковок шестерен катаная заготовка (рис. 20, а) подвергается осадке в торец. При этом волокна располагаются радиально (рис. 20, б). Далее послековки заготовки менее качественная ее сердцевина может быть удалена при прошивке в отход (рис. 20, в). При радиальном расположении в поковках

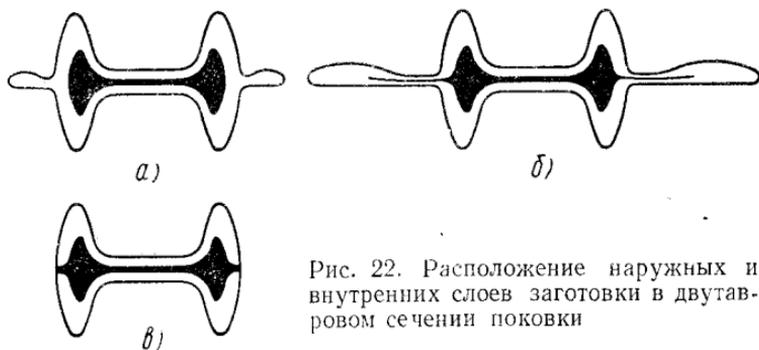
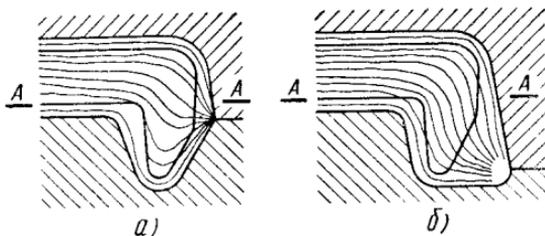


Рис. 22. Расположение наружных и внутренних слоев заготовки в двутавровом сечении поковки

Рис. 23. Макроструктура заплечиков поковки корпуса авиавинта



волокна остаются благоприятно расположенными в зубьях шестерен и после нарезания последних (рис. 20, *з*). Еще лучше располагаются волокна в зубьях, полученных штамповкой или накаткой (рис. 20, *д*), а при штамповке мелких шестерен от прутка на молотах с подкаткой вместо осадки и при расположении заготовки плашмя зубья шестерни получают неодинаковой прочности (рис. 20, *е*).

Чтобы при изготовлении поковок бандажей колес, колец шариковых и роликовых подшипников и тому подобных поковок получить благоприятное для них тангенциальное расположение волокон (рис. 20, *ж*), их заготовки после осадки и прошивки (рис. 20, *в*) подвергают раздате или раскатке. Очевидно, что использование раскатанных поковок для изготовления из них шестерен привело бы к получению зубьев (после их нарезания) низкого качества (рис. 20, *з*).

При штамповке коленчатых валов гибка заготовок обеспечивает наилучшее расположение волокон по всему валу (рис. 21, *а*). При ковке таких поковок в единичном производстве каждое колено изготавливают обычно в виде пластины (рис. 21, *б*). Тогда после механической обработки получается не только неудовлетворительное расположение волокон, но и ослабление шек вала выводом на поверхность изделия сердцевинной части материала заготовки (рис. 21, *в*). Во избежание этого при мелкосерийном производстве валов на каждом колене отдельно прожимают в простейших штампах выемку (рис. 21, *г*), чтобы волокна принимали форму колена, как это получается при штамповке.

Поковки с двутавровым сечением в стержневой части следует штамповать с заусенцем минимального размера (рис. 22, *а*). В противном случае (рис. 22, *б*) при выходе сердцевинной части заготовки в заусенец, она после обрезки заусенца оголяется (рис. 22, *в*), что при повышенной загрязненности материала неметаллическими включениями может, например, при закалке привести к образованию по линии обрезки трещин вплоть до сквозных.

У заплечиков корпуса авиавинта разъем штампа, выбранный исходя из минимальных массы поковки и отхода при механической обработке (рис. 23, *а*), не приемлем, так как расположение волокон относительно опасного сечения $A-A$ не обеспечивает достаточной прочности изделия, как это может быть достигнуто при другом разьеме (рис. 23, *б*).

Во всех приведенных и других случаях следует учитывать, что при последующей механической обработке, неизбежно связанной с перерезанием волокон и нарушением цельности волокнистого строения в поковке, снижается качество деталей также и потому, что при этом очень часто удаляется в стружку наиболее ценный слой металла поковки. С этой точки зрения механическая обработка целесообразна лишь при удалении с ее помощью сердцевинной части поковок, например при сверлении и расточке центрально расположенных отверстий.

Приведенное указывает на необходимость применять такие технологические приемы и способыковки-штамповки поковок (с учетом формы и назначения последних), при которых можно обеспечить: требуемое для данной поковки расположение в ней волокон; соответствующее распределение в ее теле наружных и внутренних слоев материала заготовки и минимальную механическую обработку поверхностей, получаемых из наружных слоев металла заготовки. При этом таких ковочно-штамповочных операций, как надрубка при ковке, по возможности следует избегать или заменять другими, при которых цельность волокнистого строения поковок не нарушается.

§ 1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ОПЕРАЦИИ

Ковкой изготовляют поковки от самых малых до самых крупных массой до 250—300 т.

Мелкие поковки куют главным образом на пневматических молотах с массой падающих частей от 50 кг до 1 т (ГОСТ 712—65). На них изготовляют фасонные поковки соответственно массой 0,3—20 кг, простые поковки, например, типа прямых валов максимальной массы соответственно 7,5—250 кг. При изготовлении тонких быстротынувших во времяковки изделий (лезвий ножей, клинков и т. п.) иногда используют более быстроходные, чем пневматические, рессорные и рычажные молоты с массой падающих частей от 10 кг до несколько десятков килограммов.

Поковки средних масс изготовляют на ковочных паровоздушных молотах двойного действия с массой падающих частей 1—3 и реже до 5—8 т (ГОСТ 9752—61). Средняя масса фасонных поковок в этом случае 20—350 кг, максимальная масса простых поковок типа прямых валов 250—2500 кг.

Тяжелые поковки куют на гидравлических ковочных прессах усилиями до 150 Мн (15 000 тс) и более. Основные параметры и размеры таких отечественных прессов усилиями до 31 Мн (3150 тс) указаны в ГОСТ 7284—70. Из опыта современной технологииковки вагонных осей и других поковок можно предположить, что изготовление фасонных поковок массой свыше 100 кг и простых поковок массой свыше 750 кг будет в основном переведено с молотов на гидравлические прессы.

В технологический процессковки входит в различном сочетании, числе и последовательности ряд ковочных операций, из которых основными являются осадка, протяжка, прошивка, гибка, скручивание, отрубка и сварка. Из неосновных операций следует отметить биллетировку слитков, заключающуюся в обжиге ребер слитков и придании ему цилиндрической формы. Перед биллетировкой слитка оттягивают хвостовик со стороны прибыльной части, что необходимо для захвата клещами манипулятора или кантователя с противовесом. Биллетировку выполняют обычно на вырезных бойках с уковкой 1,05—1,2.

Кузнечный инструмент дляковки можно подразделить на основной, вспомогательный и измерительный. К основному относится универсальный и специальный технологический кузнечный инстру-

мент, в том числе штампы для ковочных операций; к вспомогательному — инструмент для поддержания заготовок, поковок и манипулирования ими.

Осадка

Осадкой называется операция, при которой увеличиваются размеры поперечного сечения заготовки за счет уменьшения ее высоты.

При осадке слитка, как и при протяжке, но в меньшей степени, происходит разрушение литой дендритной структуры. Осадка, применяемая перед протяжкой, уменьшает анизотропию механических свойств металла слитка. При изготовлении поковок из стали карбидного класса осадка вместе с протяжкой обеспечивают измельчение карбидов и более равномерное их распределение. Волокна, направленные вдоль оси осаживаемой заготовки, стремятся при осадке принять радиальное направление. Поэтому осадка повышает механические свойства металла заготовки в радиальном направлении, например у поковок типа шестерен и др.

Осадка необходима также для получения поковок с большими поперечными сечениями из заготовок меньшего поперечного сечения. Кроме того, применение осадки необходимо перед прошивкой при изготовлении пустотелых поковок.

Цилиндрическая заготовка после осадки на плоских бойках, как известно, не остается цилиндрической. Трение между бойками и заготовкой препятствует течению металла в радиальном направлении непосредственно на торцах и вблизи них. По мере удаления от торцов влияние внешнего трения уменьшается и металл течет более свободно, вследствие чего во время осадки цилиндрическая заготовка принимает бочкообразный вид. О степени возможной бочкообразности можно судить по экспериментальным данным Я. М. Охрименко [8].

При осадке заготовки с отношением исходной высоты h_0 к исходному диаметру основания d_0 менее 2, наибольший диаметр бочки получается обычно на середине высоты (рис. 24). При неодинаковых условиях трения или неодинаковых температурах на торцах заготовки наибольший диаметр бочки смещается немного вверх или вниз к тому торцу, где меньше трение или выше температура.

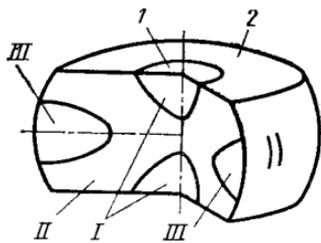


Рис. 24. Зоны деформации при осадке цилиндрической заготовки

Весь объем поковки можно разбить на три зоны деформации: I состоит из двух областей «затрудненной» деформации, прилегающих к торцам заготовки; зона II в осевом сечении заготовки имеет крестообразную форму, в этой зоне наблюдается наиболее интенсивная деформация; в зоне III интенсивность деформации больше, чем в I и меньше, чем во II зоне. I и II зоны деформации образуют на каждом торце заготовки две зоны: внутреннюю I, в которой материал практически не перемещается и наружную кольцевую 2, в которой происходит интенсивное течение металла, в радиальном направлении.

При $h_0/d_0 > 1$ увеличение торцевой поверхности исходной заготовки происходит главным образом за счет перетекания материала с боковой поверхностиковки.

При штамповке деталей из низкопластичных материалов в *III* зоне возможно образование трещин *C*, расположенных вдоль образующей. С точки зрения разрушения наиболее опасна *II* зона, содержащая поверхности интенсивного сдвига, на которых происходит зарождение и развитие трещин.

По мере увеличения степени осадки и сближения между собой зон *I*, последние сливаются с зоной *II*, а торцовые поверхности при $h/d < 1$ начинают увеличиваться главным образом за счет течения поверхностных слоев металла в радиальном направлении, причем переход боковой поверхности на торцы уменьшается. При этом также значительно уменьшается зона *III* — деформация по всему объему тела становится более однородной и бочкообразность заготовки уменьшается.

При $h_0/d_0 > 2$, т. е. когда зоны *I* весьма удалены друг от друга, в начальный момент осадки можно наблюдать образование двойной бочки, а при $h_0/d_0 > 2,5$ — образование двух бочек с недеформированной еще цилиндрической частью между ними. В обоих случаях по мере сближения зон *I* заготовка постепенно принимает вид обычной бочки. Однако при $h_0/d_0 > 2,5$ — $3,0$ осадка цилиндрической заготовки, как правило, сопровождается продольным изгибом. Если при этом не принять мер, предупреждающих или исправляющих искривление заготовки, то ее среднюю часть уводит в одну сторону, а с противоположной стороны примерно на половине высоты заготовки образуется глубокая поперечная складка.

При осадке полых цилиндрических заготовок типа кольца или трубы с малым отверстием, когда соотношение высоты h_0 к толщине стенки менее 3, и при $h_0/d_0 \leq 1$ наблюдается одновременное увеличение наружного и уменьшение внутреннего диаметра. Продольное сечение стенки заготовки при этом постепенно превращается в бочкообразное, а контактные поверхности увеличиваются главным образом за счет перетекания на торцы наружной и внутренней боковых поверхностей.

В начальный период осадки тонкостенных и высоких кольцевых или трубчатых заготовок диаметр отверстия на контактных поверхностях почти не изменяется. В средней же по высоте части заготовки может увеличиться отверстие. Заготовку как бы выпучивает. Ее стенки претерпевают продольный относительно направления осадки изгиб. Затем, по мере увеличения толщины стенок, отверстие уже не увеличивается и начинается его уменьшение по всей высоте. Процесс заканчивается так же, как при осадке заготовок с малым отверстием и при отношении $h_0/d_0 < 1$, т. е. сечение стенки становится бочкообразным. Однако на внутренней поверхности тонкостенных заготовок может образоваться глубокая поперечная складка. Во избежание этого отношение высоты полый цилиндрической заготовки к толщине ее стенки перед осадкой не должно превышать 2,5.

При осадке заготовки квадратного сечения процесс усложняется тем, что, подчиняясь закону наименьшего сопротивления, металл раздается в направлении диагоналей менее интенсивно, чем в направлении сторон квадрата, и квадратное сечение заготовки (рис. 25, а) постепенно превращается в круглое (рис. 25, б, в). При этом сами ребра сохраняются до значительных степеней осаживания.

Еще бóльшая неоднородность деформации наблюдается при осадке в торец заготовки прямоугольного (неквадратного) сечения. Уширение получается больше удлинения, причем наибольшая

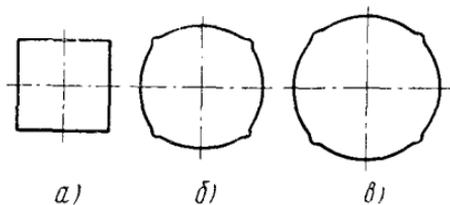


Рис. 25. Торцы заготовки квадратного сечения при осадке

разница между ними оказывается вдоль осей прямоугольника. Поэтому прямоугольное сечение принимает форму эллипса и далее стремиться к кругу. Экспериментально-теоретические решения задачи по определению приближительного соотношения между удлинением и уширением при осадке даны И. Я. Тарновским и др.

Выбор оборудования. Необходимое усилие пресса для осадки

$$P = pF,$$

где F — площадь поперечного сечения поковки после осадки; p — удельное усилие,

$$p = \sigma_s \omega \psi m;$$

σ_s — предел текучести, за который при горячей деформации может быть принят предел прочности σ_b при данной температуре деформации; для конструкционной стали при температуре окончанияковки $\sigma_b \approx 40 \div 60 \text{ Мн/м}^2$ ($4 \div 6 \text{ кгс/мм}^2$); ω — скоростной коэффициент, равный при ковке на гидравлических прессах 1,2—1,6 и возрастающий при ковке на молотах до 4; ψ — объемный (масштабный) коэффициент, равный для мелких поковок единице и снижающийся для самых крупных поковок до 0,5—0,4; m — коэффициент, учитывающий условия контактного трения, вид процесса, форму и соотношение размеров деформируемой заготовки, от которых зависит характер распределения нормальных напряжений на контактной поверхности. При свободной ковке коэффициент контактного трения $\mu = 0,4 \div 0,5$. В книге «Теория обработки металлов давлением» М. В. Сторожев рекомендует значения m определять по следующим формулам [12].

При горячей осадке цилиндра или правильной призмы до размеров, при которых $d/h \leq 2$,

$$m = 1 + \frac{\mu d}{4h};$$

до размеров, при которых $d/h \geq 2$ и при условии, что $\mu \geq 0,5$,

$$m = 1 + \frac{1}{6} \cdot \frac{d}{h},$$

где d и h — соответственно диаметр (или сторона квадрата) и высота осажженной заготовки.

При горячей осадке прямоугольной заготовки, если $1 \leq l/a \leq 5$,

$$m = \beta \left(1 + \frac{1 - \frac{1}{3} \cdot \frac{a}{l} \cdot \frac{a}{h}}{4} \right),$$

где β — коэффициент Лодэ, учитывающий степень приближения объемно-деформированного состояния к плоско-деформированному ($\beta = 1$ при $l/a = 1$ и $\beta = 1,15$ при $l/a = 5$);

a и l — ширина и длина осажённой заготовки.

При горячей осадке полосы ($l/a > 5$):

до размеров, при которых $a/h \leq 2$,

$$m = 1,15 \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{a}{h} \right);$$

до размеров, при которых $a/h \geq 2$ и при условии, что $\mu \geq 0,5$,

$$m = 1,15 \left(1 + \frac{1}{4} \cdot \frac{a}{h} - \frac{1}{3} \cdot \frac{h}{a} \right).$$

Для определения усилия деформирования на практике используют и другие формулы. Каждая из них может обеспечить удовлетворительный результат только при определенных условиях деформирования и, в частности, при осадке только тогда, когда значения g/h , a/h и μ находятся в определенных пределах. Например, усилие для осадки слитков с отношением d/h , близким к единице, А. Д. Томленов рекомендует определять по упрощенной формуле

$$P = (1,00 \div 1,25) \sigma_s F.$$

По усилию, рассчитанному с помощью приведенных формул, можно подобрать требуемый для осадки ковочный пресс. Кроме того, при выборе пресса необходимо учесть, что начальная высота заготовки должна быть меньше расстояния между верхним и нижним бойками (или плитами) при верхнем положении подвижной поперечины пресса.

Для определения массы падающих частей ковочного молота необходимо рассчитать энергию удара молота и работу деформации за этот удар. При этом работа деформации

$$A = pV\varepsilon,$$

где p — удельное усилие в конечный момент ковки; V — объем заготовки; ε — степень деформации.

Задавись степенью деформации при последнем ударе (обычно $\varepsilon = 0,02 \div 0,06$, т. е. меньше критической), можно по указанной формуле определить работу деформации A за удар и, учтя к. п. д. удара $\eta_{уд}$, который примерно равен 0,8, подсчитать требуемую энергию удара

$$L = \frac{A}{\eta_{уд}}.$$

Обозначив массу падающих частей молота через M и скорость бабы в момент удара через v , получим

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{A}{\eta_{уд}} = \frac{pV\varepsilon}{\eta_{уд}},$$

откуда можно определить необходимую массу падающих частей молота

$$M = \frac{2pV\varepsilon}{\eta_{уд}v^2}.$$

Необходимое число ударов молота

$$n = \frac{A_n}{0,8L},$$

где A_n — полная работа деформации за весь процесс осадки.

Полная работа деформации может быть определена также по формуле

$$A = pV\varepsilon,$$

где ε — средняя степень деформации за весь процесс осадки.

При большой деформации в направлении x

$$\varepsilon = \frac{1}{V} \int F_x \ln \frac{F_x}{F_0} dx,$$

где F_0 — площадь поперечного сечения исходной заготовки; F_x — площадь поперечных сечений осаженной заготовки.

Решая это уравнение в частных случаях, получим:

при осадке цилиндрической или призматической заготовки соответственно в цилиндрическую или призматическую

$$\varepsilon = \ln \frac{F}{F_0} = \ln \frac{h_0}{h};$$

при осадке в бочкообразную заготовку, близкую к шаровому поясу,

$$\varepsilon = \frac{1}{V} \left[Fx \left[\ln \frac{F}{F_0} - \frac{k^2}{3} \left(1 + \ln \frac{F}{F_0} \right) + \left(\frac{k^4}{10} + \frac{k^6}{42} + \frac{k^8}{102} + \frac{k^{10}}{220} + \dots \right) \right] x_2 \right];$$

при осадке в коническую заготовку, как например при обычном наборе на горизонтально-ковочных машинах (см. гл. VII, § 2),

$$\varepsilon = \frac{1}{3V} \left[F_2 x_2 \left(\ln \frac{F_2}{F_0} - \frac{2}{3} \right) - F_1 x_1 \left(\ln \frac{F_1}{F_0} - \frac{2}{3} \right) \right],$$

где h_0 — высота исходной заготовки; $F = \pi R^2$; $k = x/R$; R — радиус сферы данного шарового пояса; x_1 и x_2 — соответственно расстояния от центра сферы до верхней и нижней плоских поверхностей шарового пояса, перпендикулярных к оси x ; F_1 и F_2 — соответственно площади меньшего и большего оснований усеченного конуса; x_1 и x_2 — расстояния от них до вершины конуса.

Бочкообразную заготовку, у которой образующая боковой поверхности имеет сложный контур, можно представить себе как состоящую из нескольких слоев, каждый из которых имеет вид усеченного конуса. При осадке в такую заготовку степень деформации может быть определена как средняя из отдельно вычисленных для конусов, из которых состоит данная заготовка.

При осадке исходной заготовки сложной формы (с непостоянной площадью поперечного сечения) в заготовку другой сложной формы среднюю степень деформа-

ции можно определить как разность между средними степенями деформации при деформации исходной заготовки в промежуточную заготовку с произвольно выбранной площадью постоянного поперечного сечения и деформации этой промежуточной заготовки в конечную.

Отметим, что при значительной осадке высоких заготовок энергия ударов непостоянна. По мере уменьшения высоты заготовки ход бабы молота заметно увеличивается. При этом увеличивается и скорость ее в момент удара. Осадка на молоте обычно происходит с непрерывным нарастанием энергии ударов. Поэтому при выборе молота для осадки высоких заготовок необходимо, чтобы величина хода бабы при первом ударе была не менее $1/4$ ее рабочего хода, указанного в характеристике молота. В противном случае энергии первых ударов может оказаться недостаточно, чтобы начать осадку.

Инструмент. Применение того или иного инструмента зависит от выбранного способа осадки.

Основные способы осадки: на универсальных плоских бойках, на специальных осадочных плоских или сферических плитах и в кольцах.

Размеры универсальных плоских бойков (рис. 26) приведены в справочнике «Ковка и объемная штамповка» [5]. Кромки рабочих поверхностей бойков во избежание надкусывания ими металла заготовок должны быть закруглены по достаточно большому радиусам.

Бойки для молотов изготавливают обычно коваными из сталей 50 и 60 или из штамповых сталей типа 5ХНТ, 5ХНМ и др., бойки и плиты для прессов — литыми или коваными из стали 35 или 50.

Ввиду ударного характера работы молотов, бойки крепят на ласточкином хвосте клином и шпонкой, верхний боек — непосредственно в бабе молота, нижний — на шаботе или на переходной подушке. В связи с тем, что хвостовики ковочных бойков делают обычно узкими, бойки опирают не на них, а на заплечики. К подвижной поперечине и столу пресса бойки крепят болтами или также на ласточкином хвосте. Размеры мест крепления бойков указывают в характеристике ковочного оборудования. При этом у молотов наклон боковых граней ласточкиных хвостов обычно 5 или 7°.

Как было отмечено, осадка заготовки при $h_0/d_0 > 2,5$ сопровождается продольным изгибом. У цилиндрической заготовки направление продольного изгиба предопределяется наличием искривления ее оси перед осадкой, непарallelльностью ее оснований, непарallelльностью бойков, а иногда и неравномерностью прогрева заготовки. Значение предельно допустимого отношения h_0/d_0 для осадки при неблагоприятных условиях снижается до 2. Ограниченное число возможных плоскостей продольного изгиба у заготовки квадратного (только две) и прямоугольного (только одна) поперечных сечений может увеличить предельно допустимое отношение высоты заготовки к ее толщине.

Незначительный продольный изгиб может быть исправлен осадкой, при которой верхний боек прикрывает лишь часть заготовки (рис. 27). При более значительном продольном изгибе

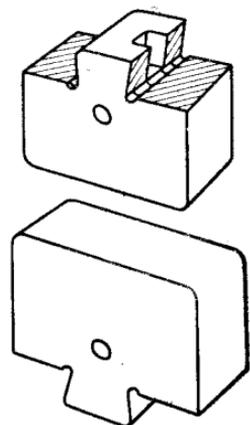


Рис. 26. Плоские бойки

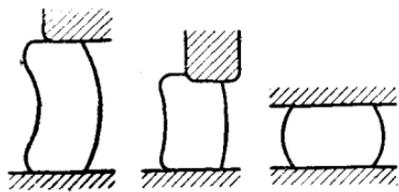


Рис. 27. Исправление продольного изгиба

затруднительной. При этом усилии, развиваемое ковочным оборудованием, может оказаться недостаточным для осадки одновременным обжатием всей торцовой поверхности заготовки. В таких случаях осадку выполняют с помощью раскаток.

Раскатки (рис. 28, 1—5 и 34) изготавливают из сталей 40—50. Короткие ручки раскаток небольших размеров изготавливают оттяжкой концов. Длинные ручки (иногда до 2,5 м) применяют вставные из сталей 10—20. Глубокое отверстие под ручку прошивается пробойником. Затем полукруглым зубилом вокруг отверстия, отступая от его края на 10—20 мм, вминается неглубокая канавка. Ручка предварительно утолщенным высадкой концом вставляется в подготовленное таким образом отверстие и зачеканивается со всех сторон с помощью пробойника ударами по внутреннему краю указанной канавки. Применяют также другой способ крепления ручек. При этом в специально утолщенном конце уложенной плашмя раскатки надрубает канавку глубиной до оси раскатки и длиной примерно 1,0—1,5 толщины раскатки. Затем в канавку устанавливают плашмя конец ручки и забивают его до дна канавки. После этого, проковывая утолщенный конец раскатки до нужных размеров, заковывают в ней конец ручки.

Раскатку, например овальную (рис. 28, 3) или фасонную (рис. 28, 5), накладывают на осаживаемую заготовку так, чтобы она перекрывала лишь часть верхней торцовой поверхности заготовки, а затем верхним бойком вдавливают раскатку в заготовку. После этого раскатку перемещают и производят следующий нажим, подвергая таким образом торцовую поверхность обработке по частям за несколько нажимов. Такой процесс обработки осаживаемой заготовки называют разгонкой. Усилие, передаваемое верхним бойком, при этом распределяется на меньшую площадь и получается достаточным, чтобы произвести осадку всей заготовки по частям. Кроме того, вдавливание раскатки вызывает интенсивное течение металла в стороны от нее. Используя это, можно при осадке значительно уменьшить образующуюся бочкообразность и, если нужно, получить утолщенную часть непосредственно у торца заготовки.

Для устранения полученной в результате осадки бочкообразности и придания боковой поверхности поковки цилиндрической формы заготовку после осадки повертывают так, чтобы ее ось приняла горизонтальное положение, и обкатывают ее или плоскими бойками, или с использованием подкладок и обжимок (рис. 28, 6); заготовку при этом вращают вокруг ее оси, нанося легкие удары молотом или короткие нажимы прессом.

Обжимки для круглого (рис. 28, 6), квадратного (рис. 28, 7) и других профилей изготавливают из стали 50, а ручки — отдельные для каждой части обжимки или в виде пружинящей скобы, соединяющей обе части обжимки, — из стали 25. Концы скобы закрепляют в обжимках, предварительно прошив отверстия для них

следует производить постепенную осадку, чередуя ее с правкой обжатиями между плоскими бойками, для чего заготовка каждый раз кантуется и укладывается на нижний боек плашмя.

По мере увеличения площади поперечного сечения осаживаемой заготовки осадка становится все более

пробойником (см. выше). Сами обжимки для обкатки поковок диаметром или стороной квадрата A выполняются вдоль ручья размером $(2-3) A$, шириной $(3,5-5,0) A$ и высотой каждой части до $2 A$.

В связи с трудностью обкатки поковок типа тонких дисков большого диаметра их оставляют после осадки бочкообразными. Для подсчета объема поковки необходимо в таких случаях учитывать степень бочкообразности.

При осадке на прессах крупных заготовок и слитков, если осажженная заготовка не размещается на универсальном бойке, вместо

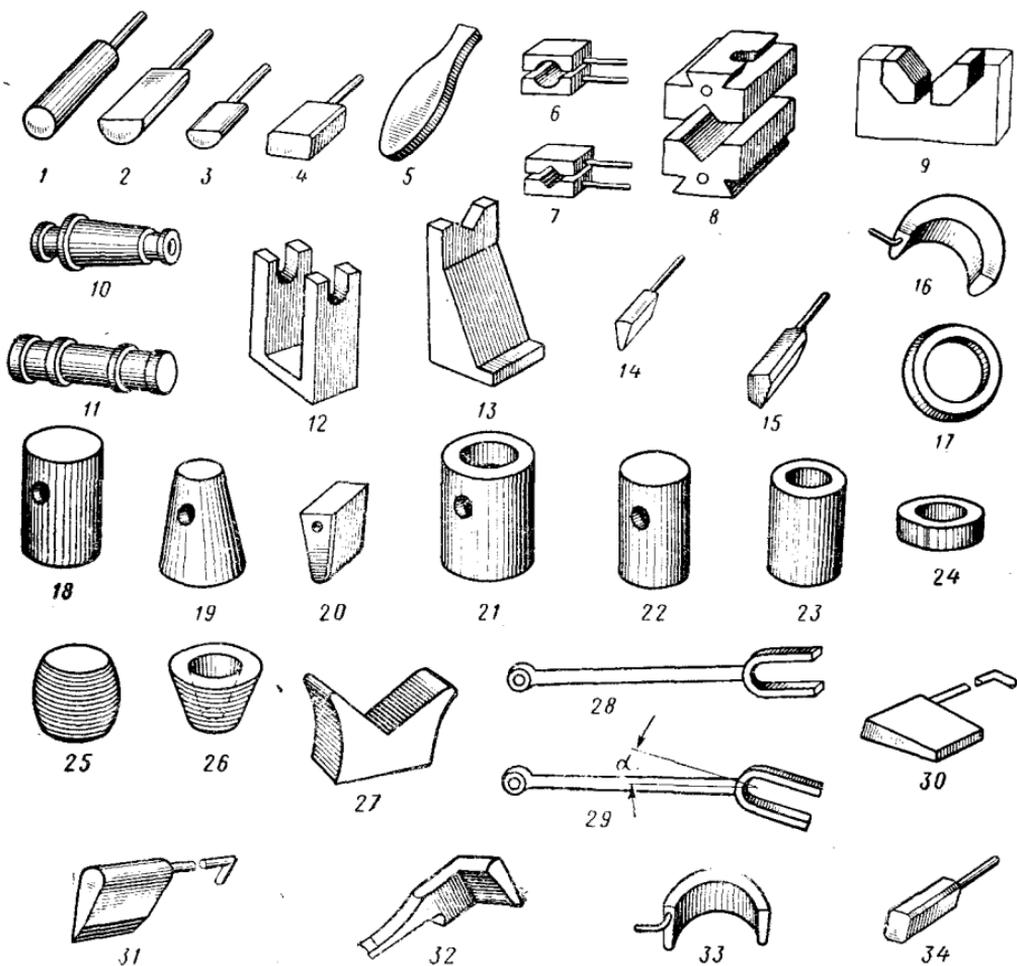


Рис. 28. Основной инструмент для машиннойковки:

Раскатки: 1 — круглая; 2 — полукруглая; 3 — овальная; 4 — прямоугольная; 5 — фасонная; 6 — обжимка для круглого профиля; 7 — обжимка для квадратного профиля; 8 — вырезные бойки; 9 — вкладыши вырезных бойков; 10 — оправка коническая; 11 — оправка цилиндрическая; 12 — скоба; 13 — козлы; 14 — пережимка прямая круглого профиля; 15 — то же сложного профиля; 16 и 17 — пережимки фасонные; прошивни; 18 — цилиндрическая; 19 — коническая; 20 — клиновидный; 21 — пустотелый; 22 — надставка цилиндрическая; 23 — надставка пустотелая; 24 — кольцо; 25 — калибровочная оправка бочкообразная; 26 — то же коническая; 27 — гибочный штамп; 28 — вилка прямая; 29 — вилка согнутая; тороры; 30 — двусторонний; 31 — односторонний; 32 — угловой; 33 — фасонный; 34 — квадрат

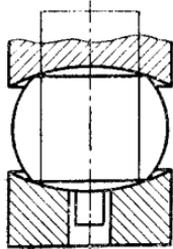


Рис. 29. Осадка слитка с хвостовиком

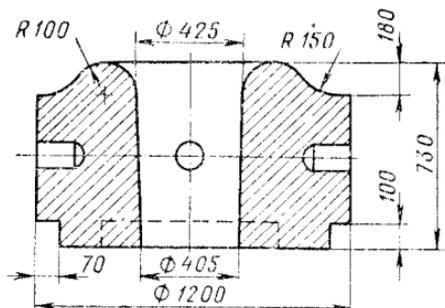
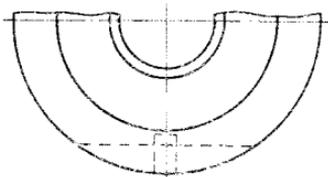


Рис. 30. Осадочное кольцо для поковок прямоугольного сечения



него используют плоские и сферические плиты. Для осадки слитка с предварительно оттянутым хвостовиком нижнюю сферическую плиту выполняют с отверстием под хвостовик слитка (рис. 29). При осадке на вогнутых сферических плитах создается напряженное состояние, повышающее пластичность металла.

Если после осадки заготовка подвергается протяжке, необходимо учитывать следующее. Как будет объяснено, при протяжке на круглое сечение на торцах заготовки образуются поднутрения, а при протяжке на квадратное сечение, наоборот, образуются выпуклости. Поэтому для получения после протяжки плоских торцов необходимо, чтобы перед протяжкой на круглое сечение они были выпуклыми (что и получается в результате осадки на вогнутых сферических плитах), а перед протяжкой на квадратное сечение — на них были бы поднутрения. Такие поднутрения, выравниваемые при последующей протяжке, создают вокруг хвостовика при осадке слитка на выпуклых сферических плитах с помощью специальных осадочных колец с отверстиями под хвостовик (рис. 30).

При осадке на плитах с отверстиями или в подкладных кольцах (рис. 31) одновременно с осадкой происходит вдавливание части материала заготовки в отверстия. При этом в начальный момент вместе с уменьшением h наблюдается некоторое уменьшение общей высоты заготовки H . Но поскольку с увеличением ее диаметра и уменьшением высоты течение металла в стороны становится более затруднительным, металл начинает интенсивнее вдавливаться в отверстия и размер H увеличивается. Будет ли конечный размер H больше или меньше исходной высоты заготовки и каковы будут размеры полученных при этом выступов на заготовках зависит от того, насколько заготовка перекрывает отверстия в

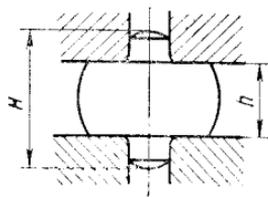


Рис. 31. Осадка в подкладных кольцах

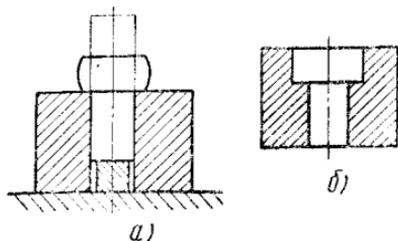


Рис. 32. Высадка в кольцо (а) и нижник (б)

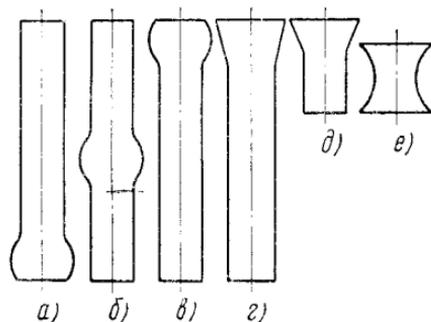


Рис. 33. Высадка без подкладного инструмента при зонном нагреве

бойках (или кольцах), а также от величины радиусов закругления кромок отверстия, смазки бойков (колец) и степени осадки. Экспериментально-теоретическое решение этой задачи дано И. Я. Тарновским и др. Для получения таким способом выступов, например ступиц у шестерен, обычно применяют кольца высотой, равной высоте выступов, а наружные диаметры колец делают равными диаметру поковки после осадки, чтобы при устранении бочкообразности, не снимая колец, удобнее было обкатывать по этому диаметру.

Осадка, осуществляемая не по всей длине заготовки, называется высадкой. Чаще всего ее производят также с помощью колец (рис. 32, а). Отверстие в кольце делают равным или немного большим диаметра исходной заготовки. При этом форма и размеры верхней части полости в кольце могут быть выполнены такими же, как у высаживаемой головки (рис. 32, б). Если нагреть не всю заготовку, а только ее высаживаемую часть на длину, не превышающую 2,0—2,5 ее диаметра, то высадка концов или средней части заготовки может быть выполнена на плоских бойках без подкладного инструмента (рис. 33, а—в). Если при этом высаживать верхний конец заготовки слабыми ударами, то вместо бочки образуется коническое утолщение (рис. 33, г). Применяя слабые удары, можно без раскаток получить такие утолщения последовательно на обоих концах полностью нагретой заготовки, у которой отношение исходных размеров h_0/d_0 менее 2,5—3,0 (рис. 33, д, е).

Протяжка

Сущность операции. Протяжкой увеличивают длину заготовки за счет уменьшения ее поперечного сечения. Протяжка — последовательные обжимы заготовки поперек ее оси по отдельным смежным участкам с кантовкой вокруг оси (рис. 34, а) или подачей вдоль оси (рис. 34, б) после каждого обжима. Длина обжимаемого участка определяется величиной подачи. При протяжке на плоских бойках заготовку прямоугольного сечения кантуют обычно на 90° . Два последовательных обжима с промежуточной кантовкой на 90°

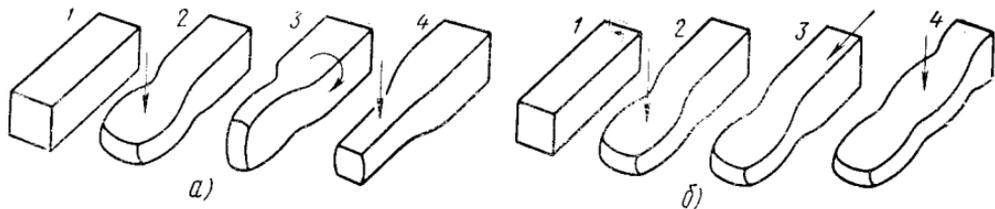


Рис. 34. Протяжка с кантовкой после каждого обжима (а) и без кантовки (б):
1—4 — последовательность обжимов

называются переходом протяжки. Каждый переход можно рассматривать как две осадки, выполняемые в двух взаимно перпендикулярных направлениях. При этом в поперечном сечении заготовки зоны затрудненной деформации, аналогичные зонам *I*, и зоны средней интенсивности деформации, аналогичные зонам *III* (см. рис. 24), после каждой кантовки меняются местами. В результате конечная деформация в поперечном сечении более однородна и металл проковывается лучше и более равномерно, чем при обычной осадке. В то же время осадка при протяжке отличается от обычной осадки наличием на границах осаживаемого участка не подвергаемых воздействию бойков (недеформируемых) частей заготовки, которые сдерживают уширение в граничных зонах и тем самым увеличивают неоднородность деформации по длине заготовки. Вместе с тем, как и при обычной осадке, металл в зонах *I* и *II* испытывает всестороннее неравномерное сжатие, а в зонах *III* при сжатии во всех направлениях в плоскости, перпендикулярной к оси заготовки, испытывает растягивающие напряжения вдоль оси заготовки. Плоские до протяжки торцы исходной заготовки при вытяжке на прямоугольное сечение становятся выпуклыми.

Протяжку на плоских бойках заготовок круглого сечения, чтобы сохранить его форму, выполняют малыми обжатиями, непрерывно кантуя заготовку после каждого обжатия. Е. П. Унксов установил, что при ковке на плоских бойках сквозная проковка круглого сечения достигается только при обжимах за один ход пресса или удар молота со степенью обжатия более, чем 7,5%.

Ввиду малых размеров контактных поверхностей средние слои круглой заготовки остаются непрокованными, деформируются слабо. Течение их в осевом направлении недостаточно. От этого на торцах заготовки вместо выпуклостей образуются поднутрения.

При ковке на плоских бойках в деформируемом металле возникают горизонтальные растягивающие напряжения, направленные перпендикулярно к оси заготовки. Эти напряжения, увеличиваясь от поверхности к центру заготовки, стремятся разорвать ее сердцевину и способствуют образованию в ней осевых трещин, даже у весьма пластичных сплавов.

Чтобы избежать этого явления, протяжку заготовок круглого сечения следует выполнять не на плоских, а на вырезных бойках (см. рис. 28, 8) или в обжимках (см. рис. 28, 6) соответствующих

размеров. При этом по мере увеличения дуги контактной поверхности растягивающие напряжения в центре сечения заготовки уменьшаются при угле охвата более 90° переходят в сжимающие.

Величину обжима при протяжке устанавливают такой, чтобы избежать критической степени деформации.

Если же пластичность металла не ограничивает степень обжатия, то необходимо учитывать следующее. Во избежание поперечных зажимов (рис. 35, а) подача при протяжке должна быть не меньше высоты ступени, образуемой при обжиге. Кроме того, при образовании слишком высоких ступеней в местах перехода к необжимаемому участку на боковых поверхностях обжимаемого участка возникают значительные растягивающие напряжения, способные привести к поверхностным разрывам.

Недеформируемые части заготовки, находящиеся по границам обжимаемого участка, препятствуют его продольному изгибу в поперечном сечении. В отдельных случаях при протяжке полосы, установленной на плоском бойке на ребро, продольный изгиб в ее поперечном сечении не наблюдается даже при отношении ее сторон, равном примерно до 1 : 6. Однако во избежание брака по продольным зажимам (рис. 35, б) это преимущество протяжки перед осадкой не используют и обжим выполняют так, чтобы после него отношение ширины обжатого участка к полученной при этом его высоте получилось не более 2,5—3,0.

Производительность протяжки зависит прежде всего от числа необходимых обжимов, которое в свою очередь зависит от величины подачи. Уменьшение подачи приводит к увеличению числа обжимаемых участков, а следовательно, к увеличению числа обжимов. Увеличение подачи также приводит к увеличению общего числа обжимов потому, что уменьшает удлинение за каждый обжим и требует увеличения числа обжимов одного и того же участка. Наименьшее число обжимов обеспечивается оптимальной подачей. При установлении подачи необходимо также учитывать, что по закону наименьшего сопротивления обжимаемый участок стремится принять в плане форму эллипса. Поэтому увеличение подачи приводит к увеличению неравномерности уширения, а неравномерность уширения — к увеличению правочных обжимов, необходимых для устранения волнистости вдоль заготовки. Кроме того, увеличение подачи повышает потребные усилия оборудования.

С увеличением относительной подачи l/b (l — подача, b — ширина заготовки) относительное удлинение $\Delta l/l$ при каждом обжиге

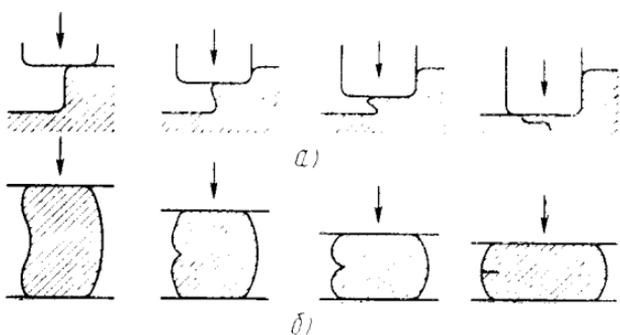


Рис. 35. Схема образования зажимов:

а — поперечных; б — продольных

уменьшается, а относительное уширение $\Delta b/b$, наоборот, увеличивается. Одинаковое значение относительное удлинение и уширение получают при относительных подачах 1,6—2,4. Соотношение между деформациями при протяжке обычно определяют с помощью коэффициента интенсивности уширения f , за который принимают относительное уменьшение так называемой смещаемой площади ($abea'$ на рис. 36) за счет удлинения при обжиге. Так, если сечение до обжига $abcd$, а после обжига $a'b'c'd'$, то

$$f = \frac{h_1(b_1 - b_0)}{b_0(h_0 - h_1)}.$$

Коэффициент f используют также для расчетов уковки при протяжке. Напомним, что уковка $y = \frac{F_{\text{нач}}}{F_{\text{кон}}} = \frac{L_{\text{кон}}}{L_{\text{нач}}}$ или по рис. 36

$$y = \frac{b_0 h_0}{b_0 h_1 + f b_0 (h_0 - h_1)} = \frac{h_0}{h_1 + f(h_0 - h_1)}.$$

Разделив числитель и знаменатель на h_0 и учтя, что степень деформации при обжиге

$$\varepsilon_h = \frac{h_0 - h_1}{h_0} = 1 - \frac{h_1}{h_0},$$

получим

$$y = \frac{1}{1 - \varepsilon_h(1 - f)}.$$

При расчетах исходные размеры заготовки известны, степень деформации ε_h задаются, а экспериментально установленные значения коэффициента f определяют по таблицам с учетом отношения l_0/b_0 или с учетом отношения l_0/b_0 и h_0/b_0 .

При полном расчете операции, определив одним из указанных способов размеры заготовки после первого обжига, следует подсчитать число обжимов за первый проход (делением длины протягиваемой части на величину подачи) и, наконец длину заготовки после первого прохода. После первой кантовки заготовки, приняв размеры, полученные после первого прохода, за исходные, следует повторить расчет, т. е. определить размеры сечения после второго обжига, число обжимов за второй проход и длину заготовки после второго прохода. Расчет повторяется до тех пор, пока не будут получены необходимые конечные размеры квадрата или полосы.

Затем подсчитывают общее количество проходов, общую уковку и общее количество необходимых обжимов. Последнее с учетом

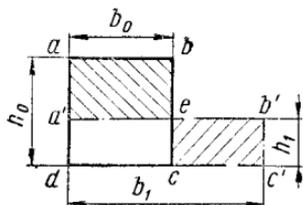


Рис. 36. Поперечное сечение:

— до обжига, — — — — после обжига (без учета выпуклости боковых сторон)

правочных и отделочных обжимов приходится увеличить обычно на 30—50%.

Усилие для обжима при протяжке. Усилие определяют как при осадке заготовок с соотношением размеров $l/h \leq 2$ (l — величина подачи, h — высота осаженной заготовки).

Работа деформации. За обжим работа определяется так же, как при осадке: при небольших обжатиях (примерно до 10%)

$$A = \rho V \frac{\Delta h}{h};$$

при больших обжатиях

$$A = \rho V \ln \frac{h_0}{h_1}.$$

Обозначив h_0/h_1 при первом обжиге через φ_1 , при втором обжиге через φ_2 и т. д., получим работу деформации за весь процесс, состоящих из n обжимов:

$$A = \sum \rho V \ln \frac{h_0}{h_1} = \rho V \ln (\varphi_1 \varphi_2 \dots \varphi_n).$$

При расчете усилия протяжки в вырезных цилиндрических бойках

$$m = 1 + \frac{2}{3} \mu \frac{l}{d},$$

где d — диаметр поковки; l — величина подачи.

Способы протяжки и инструмент. Основные способы протяжки: на универсальных бойках; на протяжных плоских и вырезных бойках; разгонка на оправке, раскатка на оправке.

При протяжке на универсальных (широких бойках (см. рис. 26) заготовок прямоугольного сечения вначале выполняют обжимы с подачей в одном и том же направлении после каждого обжима, но без кантовки (первый проход). Затем кантуют заготовку на 90° , после чего выполняют второй ряд обжимов с подачей в обратном направлении и также без кантовки (второй проход) и т. д. Протяжку на широких бойках приходится начинать с конца заготовки и использовать для этого лишь равную величине подачи часть ширины бойка, расположенную с края. Затем на том же краю бойков производят постепенную протяжку всей заготовки, а оставшая часть ширины бойков служит лишь для правки ранее протянутого участка. После каждой кантовки необходимо следить, чтобы боковые поверхности заготовки были перпендикулярны к плоскостям бойка во избежание сдвигающих усилий, которые могут оказаться причиной образования продольных трещин в теле заготовки.

Удобнее и производительнее протяжка на протяжных (узких) бойках. При протяжке на них используют большую часть ширины бойков. Для этого ширину плоских бойков

делают равной 1,5—1,8, а ширину вырезанных бойков равной 1,0—1,2 ширины заготовки. При этом подача составляет 0,4—0,8 ширины бойков, что обеспечивает получение достаточно гладкой поверхности. Для предупреждения изгиба оси заготовки последнюю следует кантовать на 90° то вправо, то влево после каждого обжима или выполнять протяжку с непрерывной подачей по винтовой линии. Полученный изгиб обычно исправляют обжимом заготовки после кантовки на 180° , затем заготовку опять можно кантовать на 90° . Длинные заготовки удобнее протягивать от середины к концам, короткие — с одного конца к другому, крупные — с подачи на себя (местоковки постепенно удаляется от клещей или патрона), а мелкие — с подачи от себя (местоковки постепенно приближается к клещам или патрону).

Вырезанные бойки применяют для протяжки заготовок круглого сечения, а также для перековки квадратного или многоугольного сечения на круглое. Вырезные бойки бывают полукруглые (по размеру заготовки) и полуромбические с углом выреза $90—160^\circ$ (чаще 120°) и с небольшим или по размеру заготовки радиусом в глубине выреза¹. Довольно часто вместо одинаковых бойков применяют верхний боек плоский, а нижний — вырезной. Вырезные бойки выполняют по фронту на 15—25% больше плоских. Рабочие части вырезных бойков для прессов изготавливают в виде сменных вкладышей (см. рис. 28, 9) или надставок из стали 50 или из штамповой стали, применяемой для молотовых штампов. Использование вкладышей и надставок уменьшает потери времени на смену формы и размеров выреза в бойках².

Протяжка на вырезных бойках или в обжимках обеспечивает получение более гладкой поверхности и более точных размеров поковок, чем на плоских бойках. Кроме того, при перековке с иного сечения на круглое или когда требуется сравнительно небольшое уменьшение круглого сечения, протяжка на вырезных бойках или в обжимках на 20—40% производительнее, чем на плоских бойках. Это объясняется тем, что уширение при протяжке на вырезных бойках и в обжимках весьма ограничено. Однако при этом также ограничена и величина обжимов. Поэтому, когда требуется значительное уменьшение круглого сечения, производительнее вначале перековать его на квадратное, затем произвести протяжку последнего и только после этого перековать с квадрата на круг требуемого размера.

Круглое сечение получают обжатием квадратного сначала по диагонали, затем по ребрам полученного восьмиугольника, и, наконец, обкаткой на круг. С учетом неизбежной при этом вытяжки, сторону исходного квадрата берут только на 2—3% меньше требуемого диаметра. Во избежание образования радиальных трещин

¹ Полукруглые вырезные бойки называют также радиусными, а полуромбические — ромбическими.

² Изношенные рабочие поверхности бойков всех видов восстанавливают перестрожкой, иногда с предварительной наплавкой.

в осевой части заготовки по диагонали обжимают с малыми обжатиями. Все операции при ковке с квадрата на круг удобнее выполнять не на плоских бойках, а на вырезных или в обжимках.

Разгонку заготовок, т. е. увеличение их ширины для придания им или их участкам формы типа пластин, можно производить, используя только плоские бойки или раскатки. В первом случае протягивают с возможно большей подачей, для чего заготовку, когда это возможно, укладывают вдоль большей стороны бойка, причем кантуют ее только для сглаживания волнистости по ширине получаемой пластины. Практика показала, что при разгонке бойками с последующей правкой примерно только 25% всей смещаемой площади (рис. 37, смещаемая площадь заштрихована) ввиду удлинения заготовки переходит в площадь получаемого прямоугольника. Отсюда

$$h_1 b_1 = h_1 b_0 + 0,25 b_0 (b_0 - h_1).$$

Решая это уравнение относительно b_0 , получим, что, исходя из требуемых размеров $h_1 \times b_1$ сечения пластины, сторона квадрата исходной заготовки

$$b_0 \geq \frac{3h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 1,8 \frac{b_1}{h_1}} - 1 \right).$$

Раскатки устанавливают на заготовку параллельно ее оси. В этом случае около 60% смещаемой площади ее переходит в площадь поперечного сечения получаемой пластины. Отсюда

$$h_1 b_1 = h_1 b_0 + 0,6 b_0 (b_0 - h_1).$$

Решая это уравнение относительно b_0 , получим

$$b_0 \geq \frac{h_1}{3} \left(\sqrt{1 + 15 \frac{b_1}{h_1}} - 1 \right).$$

Протяжку пустотелых цилиндрических поковок выполняют на конических оправках (см. рис. 28, 10) диаметром, равным или немного меньшим окончательного диаметра отверстия в заготовке. Протяжка на оправке полых поковок при помощи плоских бойков приводит к отделению тонких стенок поковки от оправки (к их «выпучиванию»). Поэтому при стенках толщиной, превышающей радиус оправки, применяют верхний боек плоский, нижний — вырезной; при более тонких стенках оба бойка должны быть вырезными. Ширина применяемых при протяжке на оправках вырезных бойков составляет 0,45—0,50 от нормальной ширины плоских бойков. Среднюю часть оправки (см. рис. 28, 10) выполняют с конусностью до 12 мм на 1 м длины, причем на толстом конце конической части оправки

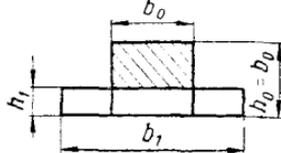


Рис. 37. Поперечное сечение заготовки при разгонке

предусматривается бурт. Обычно оправки бывают пустотелыми для охлаждения проточной водой. Исходную заготовку устанавливают на некотором расстоянии от бурта оправки с расчетом, чтобы при протяжке край заготовки уперся в бурт и по мере дальнейшей протяжки заготовка соскальзывала по оправке в противоположном от бурта направлении. Оправку перед ковкой прогревают до 150—250° С и обильно смазывают. Во избежание разностенности заготовка должна быть равномерно прогрета, а кантовать ее надо на один и тот же угол. Чтобы оправка не застряла в поковке, подача при обжимах на окончательные размеры должна быть в направлении к бурту оправки. При расчете усилия протяжки с оправкой в вырезных полукруглых бойках

$$m = 1 + \frac{1}{3} \mu \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{d} \right) l,$$

где s — толщина стенки пустотелой поковки; d — ее наружный диаметр; l — ширина бойка.

Оправку удаляют с помощью гидравлического экстрактора, а при отсутствии экстрактора — за счет использования указанного выпучивания поковок при обжиме на плоских бойках, после чего оправку выбивают или выдавливают с помощью выдвижного стола. При застревании иногда поковку прогревают вместе с оправкой, а затем резко охлаждают оправку водой.

Раскаткой на оправке (рис. 38) одновременно увеличивают наружный и внутренние диаметры полой цилиндрической заготовки за счет уменьшения толщины ее стенок s . Раскатку обычно выполняют с помощью узкого бойка шириной не более 100—150 мм, устанавливаемого большей стороной вдоль оси оправки и перекрывающего заготовку по всей ее длине. Применяемая для этого цилиндрическая оправка (см. рис. 28, 11), заменяющая здесь нижний боек, опирается на скобу (см. рис. 28, 12) или козлы (см. рис. 28, 13). Оправка будет достаточно прочной, если с учетом длины (или высоты) поковки H диаметр ее d_0 определить по графику (рис. 39), на котором кривая 1 составлена для небольшой раскатки

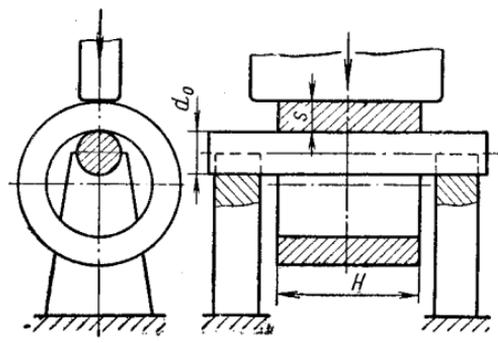


Рис. 38. Раскатка на оправке

толстостенных поковок, а кривая 2 — для тонкостенных поковок. Заготовку подают, вращая ее вокруг оси. При обжимах, кроме раскатки, т. е. протяжки в тангенциальном направлении, происходит протяжка по длине заготовки.

Поковка с размерами D_n , D_b и H (рис. 40) может быть получена раскаткой из предварительно осаженной и проштампованной заготовки с размерами D_0 , d и h .

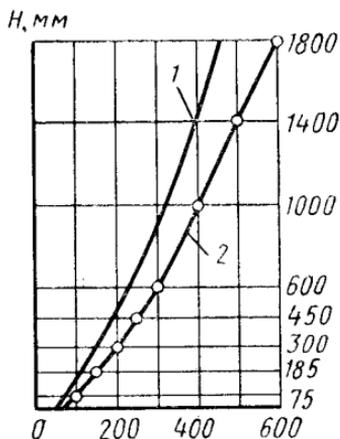


Рис. 39. График для выбора диаметра оправки при раскатке

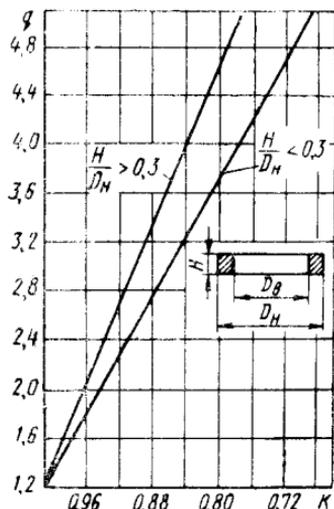


Рис. 40. Номограмма для определения высоты заготовки, осажённой под раскатку

Диаметр заготовки с достаточной степенью точности можно определить по формуле

$$D_0 = 1,13\alpha \sqrt{\frac{V_{\Pi}}{H}},$$

где α — коэффициент, учитывающий отход металла на угар; V_{Π} — объем поковки.

Обычно принимают $d \approx D_0/3$. Диаметр оправки $d_0 = d = 30$ мм. Степень раскатки $q = D_B/d$. По значению q на номограмме (рис. 40) можно определить коэффициент уширения k для случаев, когда $H/D_n > 0,3$ и $H/D_n < 0,3$. Высота заготовки с учетом припуска на правку поковки по высоте $h = 1,05kH$.

Во избежание искривления заготовки при первых обжимах желательно иметь такое соотношение ее размеров, при котором $\frac{D_0 - d}{2h} \leq 2,5$. Отметим, что этому условию должны отвечать заготовки, предназначенные под раскатку на оправке.

Если после раскатки заготовка подвергается осадке в торец, то во избежание образования вогнутости на ее внутренней цилиндрической поверхности (при бочкообразовании на наружной поверхности) необходимо иметь такое соотношение размеров, при котором

$$\frac{2H}{D_n - D_B} \leq 2,5.$$

При ковке тонкостенных и относительно низких поковок типа колец и бандажей раскатки производят обычно за два приема с промежуточной осадкой кольцевой заготовки в торец. При этом для уменьшения отхода металла на выдру принимают $d = \frac{D_0}{3,5 \div 4,0}$,

но так, чтобы $\frac{D_0 - d}{2h} = 2 \div 3$. При $D_n \geq 1000$ мм предварительную раскатку производят до тех пор, пока внутренний диаметр заготовки не увеличится до промежуточного размера $d_1 = 0,4D_n + 500$ мм. После этого заготовку осаживают в торец до промежуточной высоты $h = H - (D_n - d_1)k_1$. Коэффициент k_1 , учитывающий уширение при окончательной раскатке, зависит прежде всего от диаметра оправки d_0 , ширины бойка B и степени выработки его рабочей поверхности (табл. 2). Затем выполняют окончательную раскатку.

Таблица 2

Коэффициент k_1 , учитывающий уширение при окончательной раскатке поковок крупных колец и бандажей

Диаметр оправки d_0 , мм	Боек	Коэффициент k_1
600—900	Широкий изношенный	0,1
600—900	Широкий новый	0,06—0,07
400—500	Широкий	0,05—0,06
250—300	Широкий	0,03—0,04
600—900	Узкий ($B = 300$ мм)	0,02—0,03
600—900	Узкий ($B = 120 \div 200$ мм)	0,01—0,015

Хотя раскатка с использованием узкого бойка более производительна, однако широкий боек оказывается предпочтительнее, если его можно использовать при последующей осадке заготовки с того же нагрева, например при ковке на прессах колец диаметром до 1000 мм с раздачей на оправке диаметром 250—300 мм. Если же для осадки заготовок более крупных размеров требуется установка на прессе осадочных плит, то раскатку следует производить с использованием узкого бойка, а осадку — после специального подогрева заготовки во время смены инструмента. Узкие бойки для раскатки следует применять также во всех случаях, когда никакой осадки после раскатки не требуется.

Осадку крупных колец можно выполнять на осадочных плитах и разгонкой колец узкими бойками. Разгонка кольца аналогична протяжке полосы на узких бойках. Соотношения между обжатием, уширением и удлинением не деформируемом участке кольца при разгонке следует определять, как при протяжке. Приняв за длину протягиваемой полосы длину средней окружности кольца, можно рассчитать изменения наружного и внутреннего диаметров кольца при разгонке.

Во многих случаях раскатка предшествует протяжке. С помощью раскатки устраняют бочкообразность, образующуюся при осадке и прошивке, затем доводят внутренний диаметр до нужного размера и завершают ковку протяжкой на соответствующей оправке.

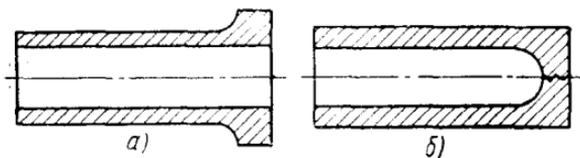


Рис. 41. Заковка конца:

а — заготовка до заковки; *б* — заготовка после заковки

Своеобразной протяжкой полых поковок является заковка конца (рис. 41), выполняемая на вырезных бойках.

К предшествующим протяжке и чередуемым с протяжкой вспомогательным операциям и приемам относятся: наметка, прожим, образование уступов и выемок, передача, а при ковке слитков, кроме того, оттяжка цапфы под патрон.

Наметка на поверхности заготовки разметочных углублений для разбивки ее на участки, а также для последующего пережима выполняется с помощью раскаток, преимущественно круглых. Прожим — это увеличение полученных при наметке углублений и придание им требуемой формы, в зависимости от которой для прожима применяют раскатки и главным образом различные пережимки (см. рис. 28, 14—17). Пережимки изготовляют обычно ковкой из стали 40 теми же способами, что и раскатки (см. выше). Если прожим надо сделать со всех четырех сторон прямоугольного сечения, то, чтобы происходящая при прожиге раздача металла не привела

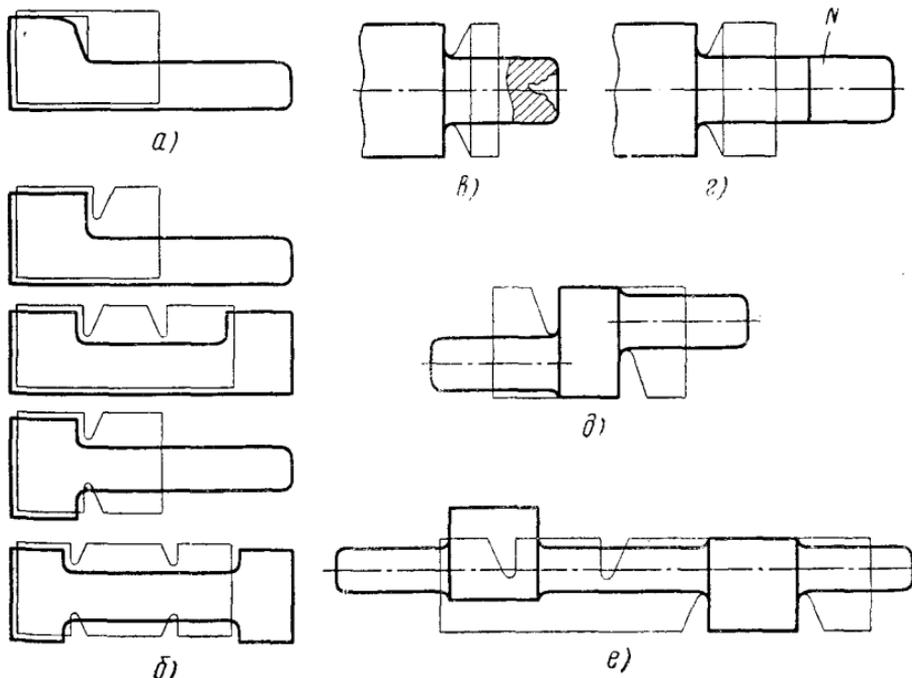


Рис. 42. Образование выемок и уступов

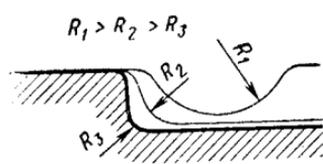


Рис. 43. Получение уступа без перерезания волокон

поверхностных слоев металла недеформируемой части заготовки (рис. 42, а). Образование выемок и уступов под углом 90° и без утяжки металла выполняют протяжкой после соответствующих пережимов (рис. 42, б). Прожим в таких случаях необходим для отделения поверхностных слоев недеформируемой части от деформируемой. Для протяжки коротких участков, кроме бойков, приходится использовать плоские и овальные раскатки. Во избежание перерезания волокон материала прожим при образовании уступов и выемок лучше производить несколькими раскатками, начиная с раскатки с наибольшим радиусом R_1 и кончая раскаткой с наименьшим радиусом R_3 (рис. 43). Чтобы не образовать поднутрения на торце короткого оттянутого конца (см. рис. 42, в) длина деформируемого участка, отделяемого прожимом, должна быть не менее $0,35$ его толщины. Образующий в результате этого излишек N металла отрубается в отход (см. рис. 42, г).

Образованием уступов с последующей протяжкой, не прибегая к гибке, можно ковать поковки типа кривошипов (см. рис. 42, д) и коленчатых валов (см. рис. 42, е). Если при этом расстояние между коленами меньше ширины протяжных бойков, то необходимо прибегать к передаче.

Передачу (рис. 44) выполняют для смещения одной части заготовки относительно другой, например при ковке коленчатых валов.

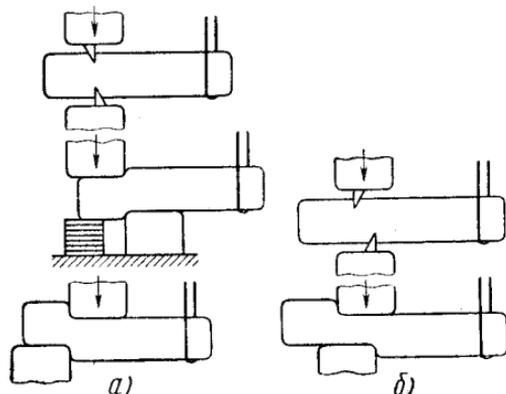


Рис. 44. Передача:

а — в одной плоскости; б — в двух плоскостях

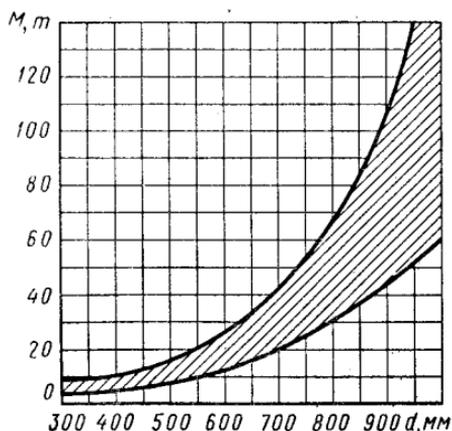


Рис. 45. Диаграмма для выбора диаметра d цапфы под патрон по массе M слитка. Зона рекомендуемых размеров заштрихована

Ей предшествуют наметка и прожим. Иногда она завершается протяжкой средней части заготовки.

Как будет описано, при ковке с помощью крана для удержания заготовки используют патрон (гл. IV, § 5), который насаживают на предварительно оттянутый хвостовик (цапфу) заготовки. Хвостовик под патрон оттягивается, как правило, со стороны прибыльной части слитка. Диаметр d хвостовика, обеспечивающий отсутствие его изгиба, можно определить по графику (рис. 45); при этом длину устанавливают примерно в 2 раза больше диаметра.

Прошивка

Прошивкой получают отверстия в заготовке: глухие (несквозные) путем вдавливания в тело заготовки прошивня, размеры и форма которого должны соответствовать размерам и форме получаемого отверстия. Для этого используют различные прошивни: цилиндрические сплошные (см. рис. 28, 18), или пустотелые (21), конические (19), клиновидные (20). Глубокие отверстия получают обыкновенными (невысокими) прошивнями с помощью соответствующих надставок: сплошных (например, 22) и пустотелых (23) с размерами сечения несколько меньшими, чем у соответствующего прошивня. Изготавливают прошивни обычно из стали 60 или У7, крупные — из штамповой стали, используемой для молотовых штампов, надставки — из сталей 40—50.

При прошивке (рис. 46) заготовка приобретает бочкообразность; у входа прошивня образуется утяжина, а края нижнего торца заготовки немного приподнимаются над нижним бойком. Кроме того, если при прошивке оставлять под прошивнем тонкую перемычку, то металл под ним раздается в стороны так интенсивно, что отделяется от боковой поверхности прошивня в ее нижней части (рис. 47). Высота заготовки H_0 при $D_n/D < 0,25—0,30$ практически не изменяется, а при $D_n/D > 0,25—0,30$ уменьшается до H тем больше, чем больше D_n/D . Форма заготовки особенно заметно искажается при $D_n/D > 0,4—0,5$. В связи с этим отверстия в тонкостенных полых поковках получают, как правило, раскаткой заготовок на оправке (см. выше) после прошивки в них отверстий при $D_n/D < 0,4—0,5$.

Прошивку сквозного отверстия называют также пробивкой. Сквозное отверстие получают удалением пробиваемой части металла

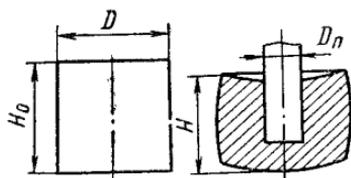


Рис. 46. Искажение заготовки при прошивке

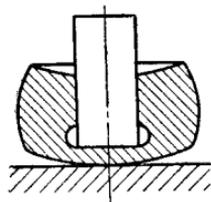


Рис. 47. Искажение отверстия над тонкой перемычкой при прошивке

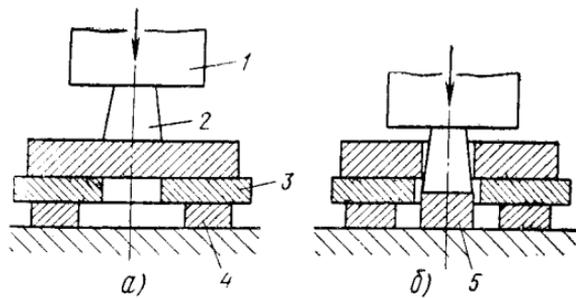


Рис. 48. Пробивка на подкладном кольце:

a — перед пробивкой; *б* — после пробивки; 1 — боек; 2 — прошивень; 3 — кольцо; 4 — подставка; 5 — выдра

(выдры) в отход. Отверстия в низких заготовках (высота которых ниже высоты нормального прошивня) можно пробивать сразу (рис. 48) на подкладном кольце (см. рис. 28, 24).

Часто для уменьшения выдры пробивке сквозного отверстия предшествует прошивка глухого отверстия. Тогда операция прошивки состоит из собственно прошивки и последующей за ней пробивки.

При $D_{\text{п}}/D > 0,4-0,5$ (см. рис. 46) между прошивнем и боковой поверхностью прошиваемого отверстия образуется зазор, благодаря чему прошивень свободно извлекается из заготовки. При $D_{\text{п}}/D < 0,4-0,5$ прошивень застревает в заготовке. При прошивке низких заготовок прошивень удаляется нажимом кольца (рис. 49). Последующую затем пробивку отверстия выполняют обычно на перевернутой заготовке (рис. 50) и реже с помощью кольца (рис. 51). Высота получаемой выдры составляет обычно 0,2—0,35 высоты заготовки. Чтобы при ковке из слитка в выдру уходил наименее качественный металл, заготовку перед прошивкой глухого отверстия укладывают прибыльной частью вниз.

Отверстия диаметром менее 500 мм у высоких заготовок прошивают с помощью надставок (рис. 52). Прошивень удаляют при последующей затем пробивке с помощью второго прошивня. При глубокой пробивке для уменьшения трения при внедрении и удалении прошивня последний обильно смазывают смесью графита с маслом, толченым углем и т. п. Усилие прошивки

$$P = pf,$$

где f — площадь поперечного сечения прошивня.

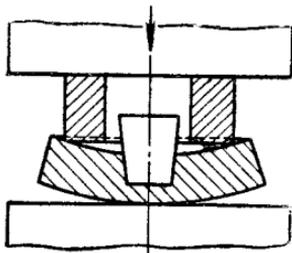


Рис. 49. Удаление прошивня

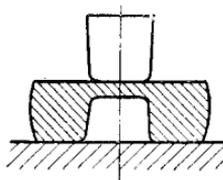


Рис. 50. Пробивка без кольца

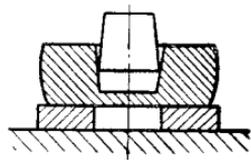
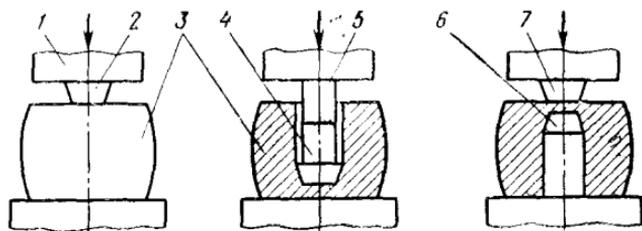


Рис. 51. Пробивка с помощью кольца

Рис. 52. Прошивка прошивнем с надставками:

1 — боек; 2 — прошивень; 3 — прибыльная сторона слитка; 4, 5 — соответственно 1-я и 2-я надставки; 6, 7 — соответственно 1-й и 2-й прошивни



При расчете удельного усилия p коэффициент m при $D_n/h < 3$ (h — толщина доньшка заготовки под прошивнем);

$$m = 1,5 + 1,1 \ln \frac{D}{D_n},$$

где D — диаметр прошиваемой заготовки; D_n — диаметр прошивня.

При $D_n/h > 3$ удельное усилие возрастает по мере уменьшения h . При этом

$$m = 1 + 1,1 \ln \frac{D}{D_n} + \frac{1}{6} \frac{D_n}{h}.$$

Отметим, что приведенные формулы действительны при $D_n/D < 0,75-0,8$.

Отверстия диаметром более 400 мм у высоких заготовок обычно прошивают с помощью пустотелых прошивня и надставок (рис. 53). В этом случае зазор между прошивнем и отверстием подкладного кольца на сторону, как и при других способах прошивки на кольцах, равен примерно 10% от толщины просекаемой части. Общая высота грибообразной выдры получается примерно на 8—10% больше высоты исходной заготовки. Преимущества прошивки пустотелым прошивнем — в уменьшении потребных усилий и удалении всей сердцевинной части материала слитка в отход.

Иногда после прошивки, чтобы устранить бочкообразность, заготовку правят на цилиндрической оправке, а отверстие правят

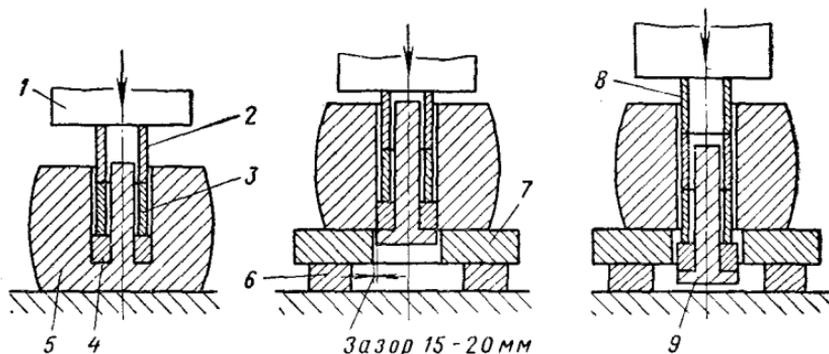


Рис. 53. Прошивка пустотелым прошивнем:

1 — боек; 2, 3 и 8 — соответственно 2-я, 1-я и 3-я надставки; 4 — прошивень; 5 — прибыльная сторона слитка; 6 — подставка; 7 — кольцо; 9 — стержень выдры

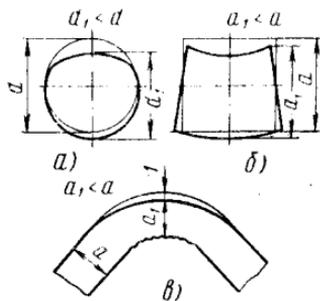


Рис. 54. Искажение формы при гибке:

a — круглого сечения;
b — прямоугольного сечения;
в — утяжка *I*

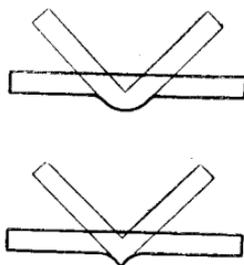


Рис. 55. Утолщение перед гибкой

продавливанием сквозь него конической (см. рис. 28, 26) или бочкообразной калибровочной оправки (см. рис. 28, 25). Наиболее точные размеры отверстий получают калибровочными оправками с обточенной боковой поверхностью.

Гибка

Гибкой придают заготовке изогнутую по заданному контуру форму. Гибка заготовки сопровождается искажением исходной формы ее сечения и уменьшением его площади за счет утяжки материала в месте изгиба (рис. 54). Чем меньше радиус закругления и больше угол изгиба, тем больше указанные явления и, кроме того, больше возможностей для образования трещин по наружному контуру и складок по внутреннему контуру заготовки. Искажение формы устраняется последующей правкой. Чтобы не получить уменьшенного сечения, необходимо в месте изгиба перед гибкой оставить после предшествующей протяжки соответствующее утолщение (рис. 55). Гибку производят при температуре ниже началаковки $850\text{--}900^\circ\text{C}$. При определении длины заготовки следует учитывать величину радиуса угла изгиба. Если радиус угла $\geq 0,5 a$, то длину заготовки рассчитывают по средней линии поковки. Если внут-

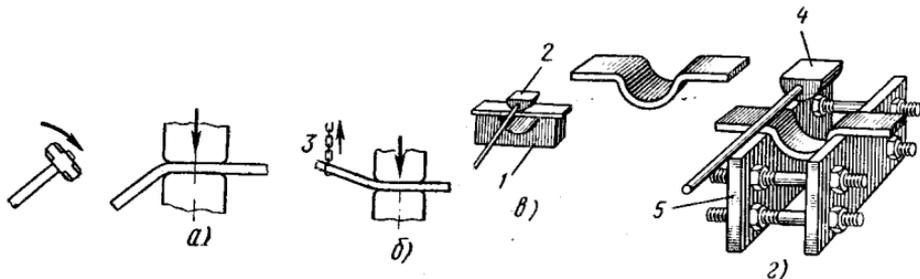


Рис. 56. Способы гибки:

1 — штамп; *2, 4* — раскатка; *3* — край; *5* — приспособление

ренний радиус изгиба $\leq 0,5a$, то длину определяют как сумму прямолинейных участков плюс $0,25a$ на каждый изгиб. При любом способе расчета добавляют до $3a$ для обрезки концов после гибки.

При гибке полых заготовок, например типа труб, чтобы уменьшить искажение формы поперечного сечения, вся полость заготовки предварительно заполняется песком. Однако и при этом искажения получаются значительными.

Гибку производят кувалдой (рис. 56, а) или краном (рис. 56, б), но чаще с помощью подкладных штампов (см. рис. 28, 27 и 56, в) или приспособлений (рис. 56, г). Краны, используемые при гибке и скручивании (см. ниже), во избежание перегрузки должны иметь муфты предельного момента.

Скручивание

Скручиванием производят поворот одной части заготовки относительно другой ее части вокруг одной оси. Скручивание сопровождается некоторым уменьшением длины. Поэтому место скручивания делают несколько толще в расчете на небольшую последующую протяжку, которая в данном случае весьма полезна для качества металла, подвергнутого скручиванию. Образование трещин (продольных) возможно только в результате неравномерного скручивания. Во избежание трещин скручиваемая часть заготовки должна быть предварительно откована с точными и одинаковыми размерами сечения по всей длине, иметь гладкую поверхность и равномерный прогрев. В этих целях скручиваемые участки довольно часто подвергают предварительной токарной обдирке.

При скручивании неподвижная часть заготовки зажимается бойками. На подвижную часть надевают вороток, ключ или вилку (см. рис. 28, 28). Этим инструментом скручивание производят вручную или с помощью крана. Необходимое усилие

$$P = \frac{\pi d^3 \sigma_B}{24L \cos \alpha},$$

где d — диаметр скручиваемого сечения; σ_B — предел прочности при температурековки; L — длина рычага; α — угол поворота вилки от горизонтали.

Крутящий момент

$$M = \sigma_B W,$$

где W — момент сопротивления сечения металла.

Вилка, согнутая на угол α (см. рис. 28, 29), равный 22° ,

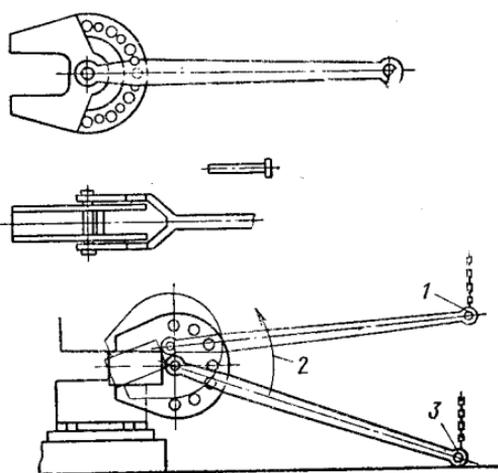


Рис. 57. Вилка с шарниром:

1 — верхнее положение; 2 — направление скручивания вала; 3 — нижнее положение

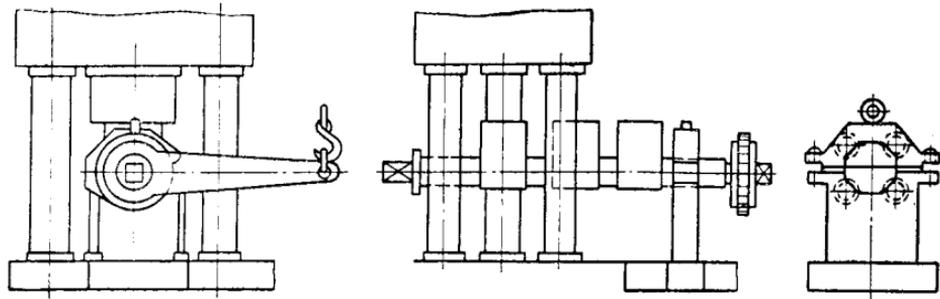


Рис. 58. Установка люнета для скручивания

позволяет выполнить кручение на угол 90° за два приема с отклонениями стержня вилки от горизонтального положения не более чем на 22° . Еще удобнее использовать вилку с шарниром (рис. 57) или ключ-трещотку, с помощью которых можно изменять положения зева вилки относительно ее стержня. При скручивании длинных заготовок во избежание их изгиба, ведущего к удлинению заготовки при последующей ее правке, между бойками и вилкой на участке скручиваемой части устанавливают люнет обычно с четырьмя роликами (рис. 58).

Отрубка

Отрубка — разделение заготовки на части, причем отделение части материала по наружному контуру заготовки называется обрезкой, по внутреннему контуру — вырубкой. Отрубку выполняют двусторонним (см. рис. 29, 30), односторонним (29, 31), угловыми (29, 32) и фасонными (29, 33) топорами, изготовляемыми из сталей 50—60 или из штамповой стали, применяемой для молотовых штампов, с термической обработкой на твердость HV 285—368. Их ручки, изготовленные из сталей 15—25, можно крепить одним из способов, указанных для крепления ручек в обжимках, раскатках и пережимках. Часто конец ручки выводят наружу и расклепывают. При ковке тяжелых поковок удобны цельнокованные топоры с короткими хвостовиками, на которые надевают съемную ручку с патроном под хвостовик.

Отрубку топорами мелких и средних заготовок производят обычно с одной стороны с перемычкой (рис. 59, а), с двух сторон без перемычки (рис. 59, б) или с четырех сторон с перемычкой (рис. 59, в). При первом способе окончательную отрубку с удалением перемычки в отход выполняют квадратом¹ (см. рис. 28, 34). Перед этим более легкие заготовки кантуют на 180° и квадрат укладывают сверху (рис. 59, а), более тяжелые не кантуют и квадрат подкладывают под заготовку на нижний боек. При рубке с двух сторон обрубаемый конец получается с большим заусенцем, в связи

¹ Квадрат представляет собой разновидность раскатки и используется не только при отрубке.

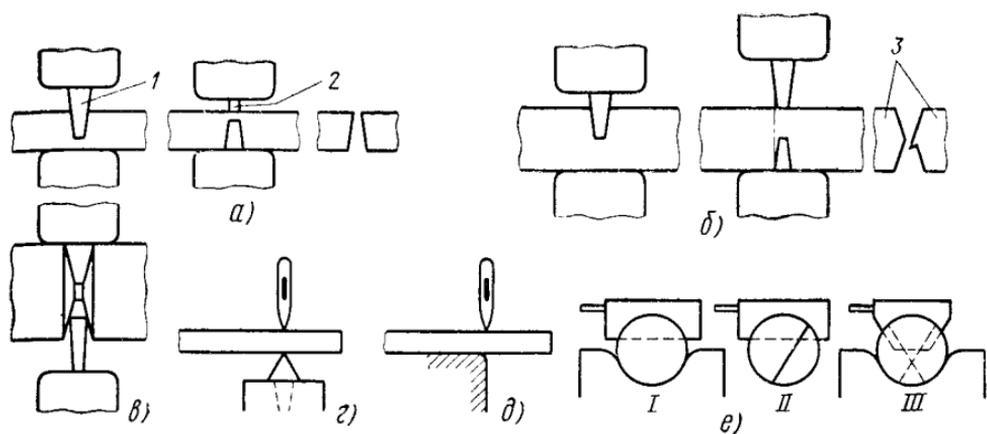


Рис. 59. Способы обрубки:

1 — топор; 2 — квадрат; 3 — торцы после отрубки

с чем этим способом пользуются только тогда, когда отрубаемый конец идет в отход. При отрубке с четырех сторон окончательную отрубку выполняют обычно обухом топора (рис. 59, в).

При ручной ковке отрубку выполняют одним из двух первых указанных способов или же зубилом на подсечке (рис. 59, г), или на краю наковальни (рис. 59, д). Последний способ можно также применить при машинной ковке топором в несколько нажимов с одной стороны с постепенным отгибом отрубаемой части и последующей отсечкой получаемого при окончательной разрубке заусенца. Заусенец можно отсечь при ручной ковке зубилом, при машинной — односторонним топором, квадратом или прямоугольной раскаткой.

Отрубку на прессах тяжелых поковок круглого сечения часто выполняют с трех сторон (I—III) на вырезном бойке с кантовкой на 120° (рис. 59, е), причем для третьей (окончательной) отрубки применяют трапецидальный топор. Кроме того, тяжелые заготовки после предварительной круговой наметки плоскости рубки разрубают также топором с одной стороны, располагая заготовку аналогично положению, показанному на рис. 59, д, но в вырезном бойке.

Сварка

Кузнечной сваркой соединяют в одно целое отдельные части или концы заготовки. С появлением и усовершенствованием других способов сварки кузнечная сварка в значительной мере вытеснена ими и применяется теперь очень редко при ремонте отдельных деталей машин и изготовлении мелких поковок из стали, содержащей не более 0,4—0,45% С, так как с повышением содержания углерода (начиная с 0,25%) качество сварного шва заметно снижается. Перед сваркой части, подлежащие сварке, нагревают до температуры несколько выше ковочной. Для предупреждения пережога металла и шлакования окалины нагреваемые части перед окончанием нагрева обильно присыпают флюсами — обычно кварцевым песком с добавкой буры и реже поваренной соли. Затем поверхности, нагретые под сварку, быстро и тщательно очищают скребками, щетками или метелками. Очистке при этом также способствуют указанные флюсы. Наложённые друг на друга подготовленные таким об-

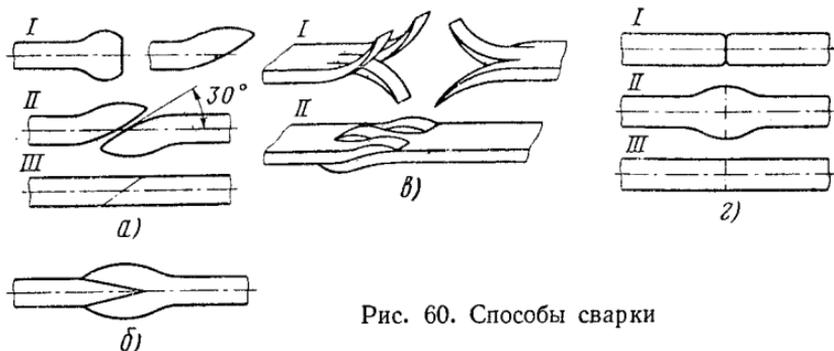


Рис. 60. Способы сварки

разом поверхности и совместно обжатые заготовки хорошо свариваются. Необходимое для сварки обжатие получается при совместной протяжке или высадке свариваемых друг с другом частей. Наиболее употребительны следующие способы сварки: внахлестку (рис. 60, а), врасруб (рис. 60, б), врасщеп (рис. 60, в) и встык (рис. 60, г). Цифрами показана последовательность операций при каждом способе сварки.

§ 2. РАЗРАБОТКА ЧЕРТЕЖА ПОВОККИ

От готовой механически обработанной детали поковка отличается прежде всего размерами, увеличенными на величину припусков на механическую обработку; менее жесткими допусками на размеры и упрощенной формой, более удобной дляковки.

Припуском на обработку называется необходимое превышение размеров поковки против номинальных размеров детали, обеспечивающее после обработки резанием требуемые чертежом размеры детали и качество поверхности.

Наименьший предельный размер поковки B (рис. 61) равен сумме номинального размера детали A и необходимого (минимального) припуска δ с обеих сторон.

Поскольку точно по размеру B практически нельзя отковать поковку, нормируют наибольший предельный размер поковки Γ .

Разность между наибольшим и наименьшим размерами поковки определяется допуском Δ на размер поковки.

На чертежах обычно проставляют номинальный размер поковки B .

Величина $\delta + \Delta_n = a$ представляет собой так называемый номинальный (табличный) припуск, а Δ_n нижнее отклонение. В свою очередь Δ_b является верхним отклонением:

$$\Delta_n + \Delta_b = \Delta.$$

На чертеже следует проставлять номинальный размер поковки с указанием отклонений $B_{-\Delta_n}^{+\Delta_b}$.

Припуск на механическую обработку поковки назначают на сторону от номи-

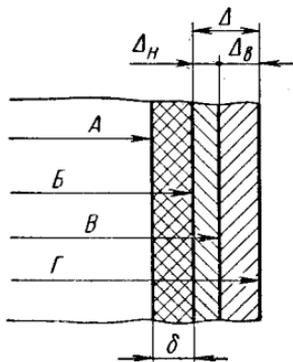


Рис. 61. Схема размеров поковки с припуском и допуском

нального размера детали, а допуск — на размер, т. е. на обе стороны детали.

Распределение поля допуска (отклонений) между верхним (в плюс) и нижним (в минус) отклонениями может устанавливать цех-изготовитель. При этом допуски могут быть односторонними (когда устанавливается только верхнее или только нижнее отклонение) и двухсторонними (когда устанавливаются и верхнее, и нижнее отклонения, как, например, на рис. 61). В последнем случае отклонения могут быть симметричными (когда верхнее отклонение равно нижнему) и асимметричными (когда верхнее и нижнее отклонения не равны между собой). Поскольку нижнее отклонение всегда входит в состав номинального припуска, то при перераспределении поля допусков следует, уменьшая или увеличивая нижнее отклонение на какую-то определенную величину, соответственно увеличить или уменьшить на эту величину номинальный припуск.

В свободной ковке обычно принимают $\Delta_{\text{в}} = \Delta_{\text{н}} = \Delta/2$.

Упрощение формы поковки по сравнению с формой готовой детали достигается за счет местного увеличения припуска, называемого **напуском**. Напуски назначают на тех участках поковки, где невозможно или нерентабельно изготавливать ее по контуру детали. Напуски образуют сверх припусков дополнительные объемы металла, удаляемые вместе с припусками в отход при механической обработке.

Необходимость припусков объясняется прежде всего наличием у поковки: дефектного поверхностного слоя и поверхностных микронеровностей; геометрических погрешностей формы поверхностей; отклонений размеров и отклонений формы самой поковки, в том числе пространственных отклонений различных взаимосвязанных ее поверхностей.

В дефектный слой поковки входят: обезуглероженный слой; вмятины от окалины; поверхностные трещины и складки, образуемые при ковке, а также трещины, волосовины и прочие поверхностные дефекты заготовки, перенесенные на поверхность поковки.

При удалении припуска в стружку исправляются геометрические погрешности формы поковки и ее поверхностей и размеров поковки; удаляется дефектный слой; обеспечивается точность размеров и образование поверхностей требуемой шероховатости. Припуск должен учитывать также погрешности механической обработки, в то время как допуск на поковку зависит только от технологии кузнечной обработки.

Абсолютные размеры припусков и допусков зависят прежде всего:

от размеров детали;

от конфигурации поковки и ее сечений, а следовательно, от вида размеров (длина, толщина, диаметр вала, диаметр диска, диаметр отверстия и т. д.);

от исходного металла (сталь углеродистая и низколегированная, высоколегированная, сплавы с особыми физическими свойствами, цветные металлы и т. д.);

от качества и состояния применяемых машин-орудий и инструментов;

от величины коробления поковок при термообработке.

Кроме того, размеры припусков зависят также:

от качества поверхности исходного материала (прокат, слиток без обдирки, слиток ободраный и т. д.);

от требуемой чистоты поверхности готовой детали и технологии ее механической обработки (наличия межоперационных припусков, конструкции и состояния станков, приспособлений и инструмента и т. д.).

Припуски и допуски, а также некоторые напуски для кованных поковок стандартизированы. Имеются отдельные стандарты на припуски и допуски поковок из углеродистой и легированной сталей, изготавливаемые свободной ковкой на прессах (ГОСТ 7062—67) и на молотах (ГОСТ 7829—70). Аналогичные стандарты имеются для поковок из других материалов. Поковки по форме классифицируют в этих стандартах и нормалях на группы, такие, как бруски и цилиндры, пластины и диски, поковки гладкие круглого и прямоугольного сечений, круглого сечения с уступами, то же с фланцами, то же с буртами, диски и пластины с отверстиями, бруски и цилиндры с отверстиями и кольца. Определения конфигураций уточняются предельными отношениями их размеров. Так, например, при ковке на прессах к дискам относятся поковки цилиндрической формы при высоте менее 0,5 диаметра, к цилиндрам — при высоте (длине), равной 0,5—1,2 диаметра, к гладким поковкам круглого сечения — при длине более или равной 1,2 диаметра. Фланцем считается концевой участок вала с увеличенным против вала диаметром или стороной прямоугольника при условии, что длина этого участка не более 0,3 его диаметра или стороны прямоугольного фланца. Буртом считается неконцевой участок поковки с увеличенными поперечными размерами при таких же, как у фланца, соотношениях размеров.

Стандартные припуски и допуски для каждой из этих групп сведены в таблицы и зависят в этих таблицах обычно от двух основных размеров детали (длины и диаметра, ширины и высоты и т. д.). Величины стандартных припусков и допусков установлены исходя из того, что используемое оборудование и инструмент находятся в удовлетворительном состоянии и что ковка выполняется кузнецами достаточно высокой квалификации.

В стандартах оговаривают также величины допустимых углов скоса после отрубки и конусности отверстий, минимальных высот и длин, выполняемых на поковках уступов и выемок, минимальных длин фланцев и буртов, а также минимальных и максимальных диаметров прошиваемых отверстий. Предельные значения этих величин зависят от соответствующих размеров поковок и приводятся в стандартах, обычно в форме таблиц. Эти предельные значения являются указаниями, когда в дополнение к припускам следует и когда не следует назначать упрощающий изготовление поковки напуск и какова должна быть величина этого напуска.

Чтобы наглядно показать принятые припуски и напуски на чертеже поковки (рис. 62), следует вычертить тонкой или штрих-пунктирной линией контур готовой детали. Номинальные размеры готовой детали надо проставлять в скобках под размерами поковки.

Номинальные размеры поковок, изготовляемых на молотах, допускается округлять до ближайших целых чисел (в большую сторону), а у изготовляемых на прессах — до чисел, оканчивающихся на 5 или 0. Все размеры поковки следует проставлять с указанием отклонений. При простановке размеров рекомендуется избегать цепочки размеров, стремясь назначать все размеры от одной базы, совпадающей с базой чертежа детали.

В стандартах и нормалях обычно указано, что наружные радиусы закруглений кромок поковок, утяжки при прошивке и отрубке, сдвиг сечений, смещение отверстий при прошивке, неперпендикулярность граней, неравномерность распределения припуска и другие искажения формы не должны выходить за пределы принятого допуска. Кроме того, предельно допустимые уклоны скосов между уступами и на обрубаемых торцах — все эти и другие оговоренные в стандартах и нормалях размеры и условия указывать в чертеже поковки не следует. Однако все дополнительные сведения о поковке, не оговоренные в стандартах и нормалях, например величины внутренних радиусов закруглений, сферичность необрубаемых торцов, величину допустимой бочкообразности, получаемой в результате осадки или прошивке, место клеймения поковки, места и условия взятия проб для испытания механических свойств, допустимая глубина поверхностных дефектов в виде раковин от окалины, забоин и т. д., твердость, допустимое искривление и т. п., должны быть указаны на самом чертеже поковки, в штампе чертежа или рядом с ним.

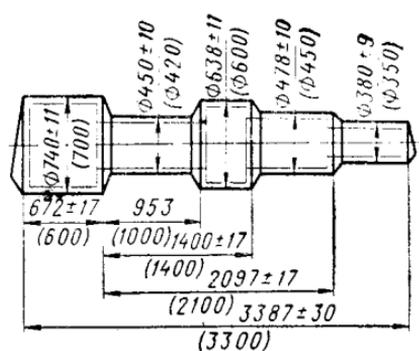


Рис. 62. Типовое оформление чертежа поковки

§ 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Выбор и последовательность операций. В разработку технологического процесса изготовления той или иной поковки входит выбор основных, вспомогательных и отделочных операцийковки, установление их последовательности и подбор или конструирование инструмента, необходимого для их выполнения; определение вида, размеров и массы исходной заготовки; подбор ковочного, подъемно-транспортного и нагревательного оборудования; установление режима нагрева; определение состава рабочей силы и норм выработки.

Выбор основных операций и инструмента. Установление последовательности операций и выбор основного инструмента, необходи-

мого для их выполнения, определяется следующим образом: во-первых, формой и размерами изготавливаемой поковки, с одной стороны, видом и размерами принятой для нее исходной заготовки, с другой стороны; во-вторых, исходной и окончательной макроструктурой обрабатываемого материала. Кроме того, при выборе операций в отдельных случаях следует учитывать требования, предъявляемые к микроструктуре материала поковки.

Классификация поковок. При выборе операций форму поковки достаточно характеризуют следующие четыре признака: отношение ее длины к толщине; наличие или отсутствие в ней полости; наличие или отсутствие уступов (в том числе выемок) на ее поверхности; прямолинейность или изогнутость главной ее оси. По первому признаку все кованные поковки можно подразделить на три основные группы (табл. 3).

В 1-ю группу входят относительно длинные поковки, например валы и рычаги, соотношение размеров которых таково, что не позволяет осуществить без продольного изгиба свободную осадку готовой поковки в торец.

Во 2-ю группу входят такие поковки, как цилиндры и брусы, у которых отношение длины (или высоты) к толщине таково, что возможны осадка и протяжка готовой поковки.

В 3-ю группу входят относительно короткие поковки, например диски и пластины, у которых отношение длины (или высоты) к толщине не позволяет осуществить протяжку без искривления их в плоскости, перпендикулярной к главной оси.

В свою очередь все поковки, относящиеся к любой из указанных групп, могут быть сплошного сечения (СС) или полыми (СО — с отверстием по главной оси), а также гладкими (Гл) или с уступами (Су). Кроме того, поковки 1-й группы (валы и рычаги) могут быть с прямой осью (Пр) или изогнутыми (Из). К полым поковкам 1-й и 2-й групп относятся только тела вращения, а к полым поковкам 3-й группы, кроме коротких (или низких) тел вращения, относятся также полые поковки иной формы при любом соотношении размеров.

Таким образом, с учетом указанных признаков поковки 1-й группы подразделяют на восемь видов, поковки 2-й и 3-й групп — на четыре вида. Всего по данной классификации имеется 16 видов поковок (см. табл. 3). Для обозначения каждого из них воспользуемся указанным выше шифром. При этом, например, 1Пр-СО-Су означает «поковка 1-й группы с прямой осью, отверстием и уступами»; 1Из-СС-Гл — «поковка 1-й группы изогнутая сплошного сечения гладкая»; 2СС-Су — «поковка 2-й группы сплошного сечения с уступами»; 3СО-Гл — «поковка 3-й группы с отверстием гладкая».

Основными операциями при ковке гладких поволок сплошного сечения являются: для 1-й группы — протяжка, для 2-й группы — комбинация осадки и протяжки, для 3-й группы — осадка.

При ковке поволок сплошного сечения с уступами основными операциями являются: для 1-й группы — протяжка с образованием уступов, для 2-й группы — комбинация осадки и протяжки с образованием уступов, для 3-й группы — осадка в кольцах с образованием

уступов или выступов. При этом для поковок 1-й группы после образования уступов может потребоваться передача, а после передачи может потребоваться скручивание.

При ковке гладких полых поковок основными операциями являются осадка и прошивка, затем для 1-й группы — протяжка на оправке (причем перед протяжкой может потребоваться раздача), а для 2-й группы — раскатка (причем перед раскаткой может потребоваться протяжка на оправке). Для 3-й группы после осадки и прошивки дополнительных операций, кроме правки, не требуется.

Уступы при ковке полых поковок образуют: у 1-й группы — при протяжке на оправке, у 2-й группы — при раскатке, у 3-й группы — при осадке в кольцах.

Гибку применяют только при ковке поковок 1-й группы, эта операция часто является завершающей.

Обычная последовательность основных операцийковки для каждого из 16 видов поковок указана в табл. 3.

Ковку поковок сплошного сечения из слитков часто начинают с оттяжки хвостовика, необходимого для удержания заготовки патроном и удобного при удержании ее клещами манипуляторов. Однако при работе с манипулятором хвостовик обычно не оттягивают и слиток берут прямо в клещи. В этом и заключается одно из преимуществ работы с манипулятором.

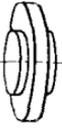
Хвостовик оттягивают обычно со стороны прибыльной части слитка, иногда эту операцию завершают отрубкой лишнего металла на конце хвостовика. После этого выполняют биллетировку (обжим граней слитка). При биллетировке рабочий ход пресса должен быть не более 35—50 мм в зависимости от величины слитка. При этом слиток приобретает цилиндрическую форму и достигается уковка порядка 1,05—1,3, считая по наименьшему сечению многогранной части слитка. При неудовлетворительном качестве поверхности слитка эта операция является эффективным средством предупреждения развития имеющихся пороков в крупные поверхностные дефекты. Затем отрубают донную часть слитка и в зависимости от запроектированного процесса его подвергают осадке или протяжке. После осуществления всех операций, выполняемых при удержании заготовки за хвостовик, последний удаляют в отход вместе с прибыльной частью слитка.

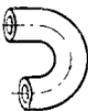
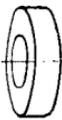
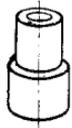
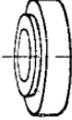
Иногда бывает целесообразнее хвостовик оттягивать со стороны донной части слитка (см. ниже пример на рис. 82). Когда после биллетировки удастся с того же нагрева осуществить довольно значительную протяжку, тогда обжим граней в отдельную операцию не выделяют.

В течение последних лет изучают возможность осадки слитков без предварительной биллетировки. Это повышает производительностьковки, однако требует большой осторожности, так как в отдельных случаях приводит к раскрытию имеющихся в исходном слитке продольных трещин и других поверхностных дефектов.

При ковке полых поковок осадку под прошивку производят после отрубki донной и прибыльной частей слитка. При этом ковку слитка

Обозначения поволоков различных видов и обычная последовательность основных операцийковки

Форма поволоки	1-я группа поволоков		2-я группа поволоков	3-я группа поволоков
	с прямой осью	изогнутые		
Гладкая				
	1Пр-СС-Гл (Протяжка)	1Из-СС-Гл1 (Протяжка ¹ — гибка — (протяжка))	2СС-Гл Комбинация осадки и протяжки	3СС-Гл Осадка
С уступами				
	1Пр-СС-Су Протяжка с образованием уступов ² — (перевалка) — (скручивание)	1Из-СС-Су Протяжка с образованием уступов ² — (перевалка) — (скручивание) — (гибка) — (протяжка)	2СС-Су Комбинация осадки и протяжки с образованием уступов	3СС-Су Осадка в кольцах с образованием уступов и выступов
Сплошного сечения				

Форма поковки	1-я группа поковок		2-я группа поковок	3-я группа поковок
	с прямой осью	изогнутые		
Гладкая	 Шр-СО-Гл Осадка — прошивка — (раздача) — протяжка на оправке	 Из-СО-Гл Осадка — прошивка — (раздача) — протяжка на оправке — гибка	 2СО-Гл Осадка — прошивка — (протяжка на оправке) — раздача или комбинация раздачи и осадки	 3СО-Гл Осадка — прошивка
	 Шр-СО-Су Осадка — прошивка — (раздача) — протяжка на оправке с образованием уступов	 Из-СО-Су Осадка — прошивка — (раздача) — протяжка на оправке с образованием уступов — гибка	 2СО-Су Осадка с образованием уступов — прошивка — (протяжка на оправке) — раздача с образованием уступов	 3СО-Су Осадка с образованием уступов ³ — прошивка
Полая				

¹ Операции, необязательные для всех поковок данного вида, указаны в скобках.

² Протяжка с образованием уступов может быть заменена или дополнена высадкой при благоприятном соотношении размеров высаживаемой части заготовки.

³ Перед прошивкой осадка с образованием уступа иногда может быть заменена высадкой фланца после прошивки отверстия.

начинают по одному из следующих трех вариантов: оттяжка хвостовика — билетировка — отрубка — осадка; отрубка — билетировка — осадка; отрубка — осадка (без билетировки):

При ковке двух и более одинаковых поковок из одной заготовки (из одного слитка) часть операций (например, протяжку, образование уступов и гибку) рациональнее производить до разрубки ее на штучные заготовки. При этом процесс ковки упрощается. Например, ковка из одной заготовки двух и более поковок сплошного сечения позволяет иногда осадку заменить протяжкой и довольно часто комбинацию осадки и протяжки заменить одной только протяжкой.

Принятый вариант ковки должен создать в обрабатываемом материале требуемую макроструктуру (см. гл. III). Для этого при ковке слитка необходимо обеспечить требуемую уковку, а при ковке пруткового металла учитывать в материале исходной заготовки наличие волокон, направленных вдоль оси прутка. Следует иметь в виду, что волокна при протяжке стремятся принять направление вдоль оси ковки, при осадке — радиальное направление, при раскатке — тангенциальное направление, при правильном образовании уступов — форму уступа с плавными радиусными переходами; при гибке и скручивании заготовки происходит гибка и скручивание волокон, а при пробивке и отрубке — перерубание волокон.

В соответствии с этим у поковок 1-й группы (у валов и рычагов) волокна могут быть направлены только вдоль оси и при наличии уступов соответствовать форме этих уступов. У поковок 3-й группы (у дисков и пластин) волокна расположены преимущественно в одной плоскости и направлены у цилиндрических поковок радиально, у призматических — совпадают с направлением одного из двух наибольших размеров.

У полых поковок 2-й группы (у полых цилиндров) в зависимости от принятого соотношения протяжки и раскатки волокна могут быть направлены преимущественно вдоль оси цилиндра или тангенциально. У поковок сплошного сечения 2-й группы (у цилиндров, брусков, штамповых кубиков, молотовых баб и т. п.) в зависимости от принятого соотношения протяжки и осадки в различных направлениях, а также с учетом макроструктуры материала исходной заготовки можно по желанию создать преимущественное направление волокон у цилиндрических поковок — вдоль оси или радиальное, у призматических — вдоль любого из габаритных размеров ковки.

В части микроструктуры материала ковки требования к технологии ковки обычно сводятся к одному — не допускать в результате ковки образования крупного зерна. Для этого процесс ковки следует построить так, чтобы, во-первых, не подвергать продолжительному нагреву те части заготовки, которые в дальнейшем не подвергаются деформации; во-вторых, избегать критических степеней деформации, особенно при последних обжимах; в-третьих, заканчивать ковку при температуре как можно ближе к нижнему пределу температурного интервала ковки. Ниже (см. § 6) будет

показано, что в отдельных случаях удовлетворение этих требований оказывает решающее влияние на качество поковки.

Вследствие этого при проектировании процессаковки и расчленении его на отдельные операции особое внимание должно быть уделено пооперационным расчетам охлаждения заготовки во времяковки и установлению наиболее рационального чередования ковочных операций и подогревов, обеспечивающего высокое качество металла поковок и наибольшую производительностьковки при наименьшем количестве подогревов.

Более подробные рекомендации для построения рационального технологического процессаковки с указанием всех основных, вспомогательных и отделочных операций и необходимого инструмента могут быть даны лишь раздельно дляковки на молотах и дляковки на прессах.

Так, Н. Н. Дорохов и М. Г. Златкин («Технологические процессыковки крупных поволоков». М., Машгиз, 1950) для прессовых поволоков рекомендуют классификацию, в которой поковки подразделены на семь групп:

- поковки прямые со сплошными круглыми сечениями;
- прямые со сплошными прямоугольными сечениями;
- типа коленчатых валов;
- типа дисков и муфт;
- типа бандажей и колец;
- типа полых валов, цилиндров и барабанов;
- прочие, преимущественно с изогнутой осью.

Каждая из этих групп разбита на подгруппы (разделы). Так, например, поковки 1-й группы (прямые со сплошными круглыми сечениями) имеют шесть подгрупп: 1) поковки, изготовляемые протяжкой; 2) протяжкой и осадкой; 3) протяжкой с образованием уступов; 4) осадкой и протяжкой с образованием уступов; 5) протяжкой с образованием уступов, передачей и скручиванием; 6) осадкой и протяжкой с образованием уступов, передачей и скручиванием. Для поволоков каждой из этих групп авторы приводят типовые технологические процессы, всего около 70 примеров рациональной технологииковки крупных поволоков.

Однако изучение одних только типовых примеров технологических процессовковки является недостаточным. Умение выбирать наиболее рациональные процессы и подбирать для них соответствующий инструмент — результат изучения возможно большего числа примеров реально осуществляемых процессовковки. Изучение их необходимо также и для суждения о рациональности запроектированных процессов путем сравнения последних с существующими процессамиковки одинаковых или однотипных поволоков.

При определении вида и размеров исходной заготовки надо руководствоваться следующим.

Слитки вместо проката или обжатых болванок применяют только приковке крупных поволоков, для которых нет соответствующего пруткового металла. Массу исходной заготовки определяют как сумму масс поковки и отходов. Приковке из слитка масса исходной заготовки

$$G = G_{\text{п}} + G_{\text{уг}} + G_{\text{пр}} + G_{\text{дон}} + G_{\text{обр}} + G_{\text{выд}}:$$

приковке из пруткового металла

$$G = G_{\text{п}} + G_{\text{уг}} + G_{\text{обр}} + G_{\text{выд}},$$

где $G_{\text{п}}$ — масса поковки, определяемая по ее объему, подсчитанному по номинальным размерам, умноженному на плотность металла; $G_{\text{уг}}$ — отход на угар, принимается равным 2—2,5% для первого нагрева углеродистой и среднелегированной сталей, а для подогрева (последующих выносов) 1,5% от массы нагреваемого металла; $G_{\text{пр}}$ — отход прибыльной части слитка, составляет около 18—25%; $G_{\text{дон}}$ — отход данной части слитка, составляет около 5%; $G_{\text{обр}}$ — отходы на обрезку, зависят от формы поковки и принятого технологического процесса.

До разработки технологического процесса отходы на обрезку могут быть определены ориентировочно по следующим формулам: для круглых сечений диаметром D :

$$G_{\text{обр}} = 0,23D^3\rho \text{ при ковке под молотом;}$$

$$G_{\text{обр}} = 0,21D^3\rho \quad \gg \quad \gg \quad \gg \text{ прессом;}$$

для сечений прямоугольных со сторонами B и H ;

$$G_{\text{обр}} = 0,3B^2H\rho \text{ при ковке под молотом;}$$

$$G_{\text{обр}} = 0,28B^2H\rho \quad \gg \quad \gg \quad \gg \text{ прессом,}$$

где ρ — плотность металла.

Отходы на выдру $G_{\text{выд}}$ следует подсчитывать непосредственно по ее размерам.

Так, например, при пробивке на подкладном кольце (см. рис. 49) объем выдры принимается равным $(0,55 \div 0,60)d^2H$, а на пробивке без подкладного кольца принимается равным $(0,15 \div 0,20)d^2H$ (d и H — диаметр прошивня и высота прошиваемой заготовки).

Если поковка изготавливается протяжкой, то площадь поперечного сечения исходного пруткового материала определяется по площади наибольшего поперечного сечения поковки, причем для уменьшения объема работ при ковке желательно, чтобы профиль исходной заготовки соответствовал форме этого сечения поковки. Если поковка изготавливается из слитка, то минимальная площадь его поперечного сечения также определяется по площади наибольшего поперечного сечения поковки, но уже помноженной на величину требуемой уковки. Если площадь поперечного сечения слитка требуемой массы окажется меньше вычисленной с учетом уковки, то можно либо подобрать слиток большей массы с расчетом на годный остаток или на ковку из слитка двух или большего числа поковок, либо ввести дополнительную осадку слитка (если это допустимо по техническим условиям на изготовление данной поковки) и определить уковку, исходя из площади поперечного сечения осаженной заготовки. Следует иметь в виду, что дополнительная осадка может потребоваться также в отдельных случаяхковки из пруткового металла. Кроме того, при ковке поковок прямоугольного сечения вытяжкой без кантовки следует также учитывать возможности разгонки (см. гл. IV, § 4).

Если поковка изготавливается осадкой, то высота заготовки для нее должна составлять 1,25—2,5 размера исходного сечения, диа-

метр $d_{исх}$ или сторона квадрата $a_{исх}$ исходной заготовки могут быть определены из выражений:

$$d = (0,8 \div 1,0) \sqrt[3]{V} \quad \text{и} \quad a = (0,75 \div 0,9) \sqrt[3]{V},$$

где V — объем осаживаемой заготовки.

Выбор и конструирование инструмента

В инструмент для манипулирования заготовками и поковками входят прежде всего клещи, патроны и кантователи. Клещи бывают: продольные (для захвата с конца заготовки) с прямоугольными (рис. 63, *а*), квадратными (*б*), круглыми (*в*) и коническими (*г*) губками; поперечные (для захвата заготовки поперек) с прямоугольными (*д*), квадратными (*е*), круглыми (*ж*) и плоскими отогнутыми (*з*) губками и более универсальные продольно-поперечные (для захвата с конца и поперек заготовки) с плоскими (*и*), острыми (*к*),

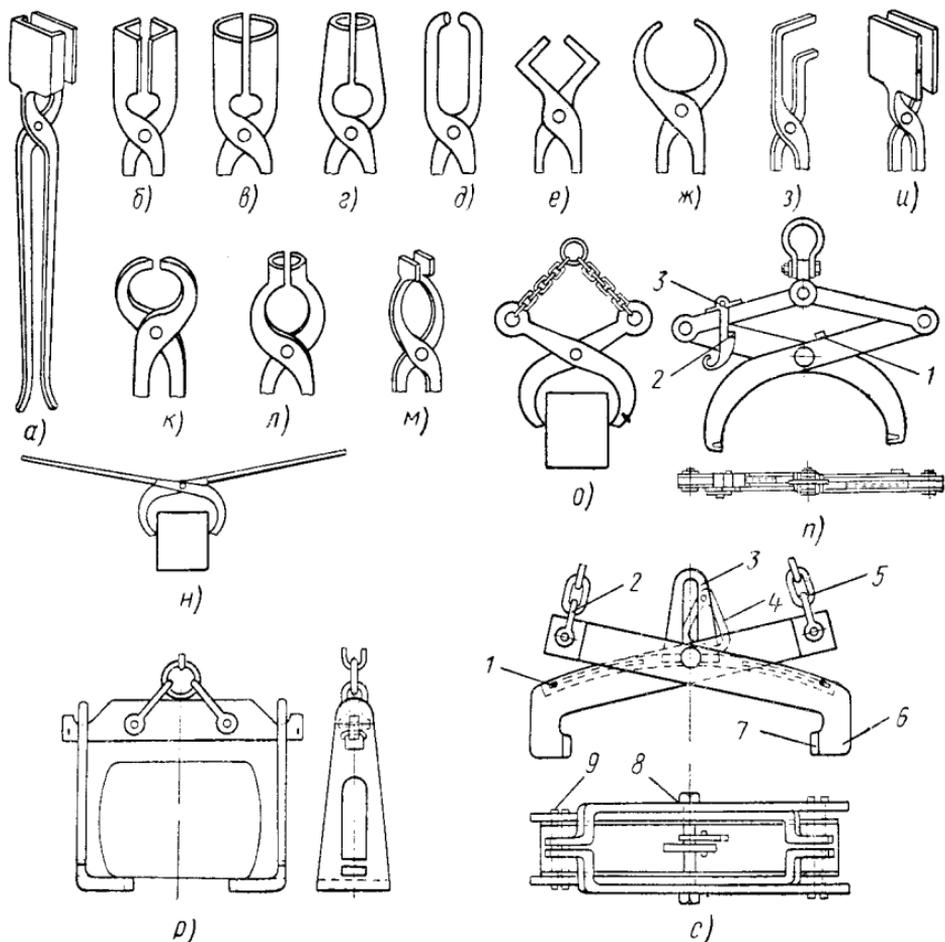


Рис. 63. Инструмент для манипулирования заготовками

круглыми (*л*) и плоско-круглыми (*м*) губками, применяют также различные специальные клещи.

Клещи изготовляют из стали 25. Сталь с большим содержанием углерода применять не рекомендуется, поскольку клещи часто приходится охлаждать в воде, а такая сталь закаливается и становится хрупкой. Во избежание несчастных случаев губки клещей подгоняют по размерам захватываемых ими предметов так, чтобы полностью исключить какое бы то ни было проскальзывание. Чтобы не тратить энергии на зажатие клещей во время работы, на их ручки (цевки) надевают кольцо (шпандырь). Во избежание опасного соскальзывания кольцо на тяжелых работах надевают со стороны губок.

Для переноса заготовки вдвоем вручную поперечные клещи делают с разводными ручками (*н*). У них, как и у крановых клещей (*о*), чем тяжелее переносимая заготовка, тем надежнее захват.

Подъемные крановые клещи (*п*) имеют упор 1, соответствующий минимальному их закрытию, и упор 2 с накидывающимся на него крюком 3 для удержания клещей открытыми. Для перемещения тяжелых заготовок без зажима применяют клещи М. Б. Акоева (*р*). Его же конструкции клещи применяют для низких заготовок большого диаметра (*с*). Они состоят из изогнутого швеллера 1, в полках которого имеются четыре прорези для двух болтов 9, соединяющих швеллер с двумя парными криволинейными захватами 6, к концам которых приварены рабочие губки 7. На других концах захвата 6 надеты серьги 2 с цепью 5 от крюка крана. К швеллеру 1 приварена фасонная планка 3, на которой свободно висит ограничитель 4. Когда последний упирается в соединяющий основные детали клещей болт 8, захваты 6 остаются в раскрытом положении. Если ограничитель 4 отвести в сторону, болт 8 может свободно перемещаться по прорези в планке 3, и под действием силы тяжести и натяга цепи краном захваты 6 сближаются и зажимают заготовку. В последние годы разработано несколько вариантов очень простых механизмов для удержания подъемных клещей в раскрытом положении. При опускании клещей на груз такой механизм автоматически выключается. Это дает крановщику возможность брать груз в клещи без посторонней помощи.

Весьма удобны клещи без противовеса для посадки и выноса из печи кубиков и проката массой до 200 кг (рис. 64, *а*), а также для более тяжелых заготовок — клещи с противовесом (рис. 64, *б*). Клещи посадочных машин и кузнечных манипуляторов могут быть снабжены губками любой нужной формы. Размеры мест крепления этих клещей приводятся в характеристиках указанных машин.

При ковке с помощью крана для удержания заготовки за специально оттянутый хвостовик применяют патроны (рис. 65). Для слитков, например, массой до 2,5 т головка патрона с наружным диаметром 500 и длиной 1500 мм имеет гнездо под хвостовик диаметром 280 и глубиной 600 мм. Такой патрон со стержнем диаметром 360 и длиной 4650 мм имеет массу около 5 т. Для слитков массой свыше 30—70 т используют патрон диаметром 1200 и длиной 3650 мм с гнездом диаметром 860×2500 мм и стержнем диаметром 800×9200 мм при общей массе патрона около 57 т.

Для вращения заготовок и патронов вокруг горизонтальной оси применяют ковочные манипуляторы или кантователи ручные и механические (рис. 66). Последние бывают грузоподъемностью до 200 т. Заготовка или патрон, будучи подвешены на непрерывной цепи кантователя, кантуются при движении цепи. Цепь имеет привод от электродвигателя.

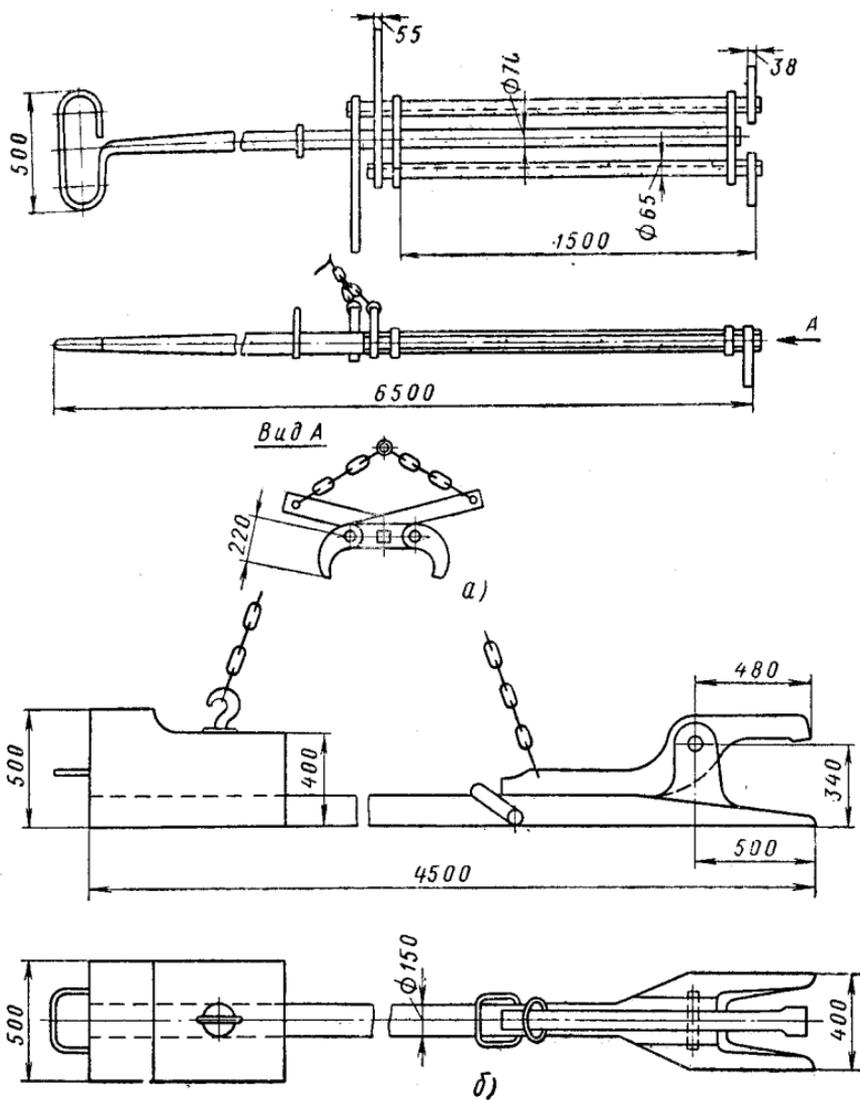


Рис. 64. Клещи посадочные:
 а — без противовеса; б — с противовесом

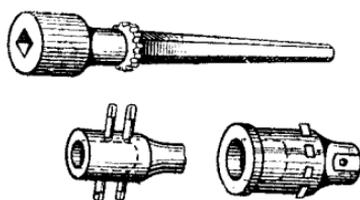


Рис. 65. Патроны

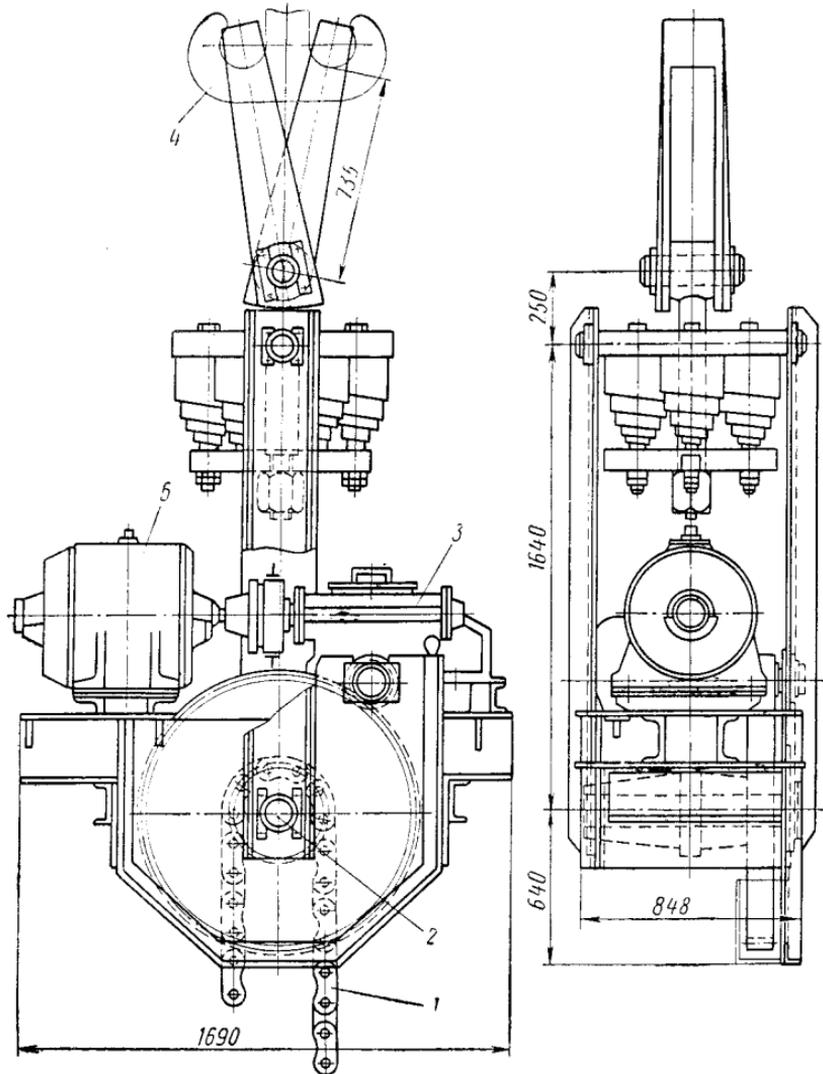


Рис. 66. Механический кантователь грузоподъемностью 20 т:

1 — непрерывная цепь; 2 — цепная ось; 3 — редуктор; 4 — крюк мостового крана; 5 — электродвигатель

Короткие заготовки, например кубики, кантуют без кантователей с помощью верхнего бойка и подвижного стола прессы или поворотной плиты (см. рис. 98).

В качестве измерительного инструмента при ковке применяют стальную линейку с делениями, угольники (рис. 67, а), кронциркули (б, в, г), нутромер (д), угломер (е) и шаблоны (линейные и контурные). Кроме обычных метровых линеек с делениями через 1 мм, при ковке крупных поковок используют линейки длиной до 2 м с делениями через 5 мм. Для проверки углов поковок удобно иметь вместо малки набор угольников с углами 5, 10, 15, 30, 45, 60 и 90°.

При ковке мелких и средних поковок удобно использовать кронциркули, каждый из которых дает возможность проверить несколько размеров. Обычно кронциркули делают из стали 40. Для крупных поковок применяют кронциркули, сделанные из дуралюмина и только с двумя ножками, т. е. для проверки каждый раз только одного размера,

Угломер для крупных поковок (рис. 67, *е*) имеет диск 1 с делениями от 0 до 180° вправо и влево. В центре диска свободно укреплена на оси стрелка 2 с грузом 3. Стойкой 4 диск связан с дужкой 5, на одном конце которой закреплена цепь 7, на другом — крючок 6 с гайкой для крепления любого звена этой цепи. При замере угломер с помощью дужки и цепи крепят на поковке (например, на шейке коленчатого вала), и нулевое деление на диске устанавливают против верхнего конца стрелки. Затем при кантовании или скручивании поковки стрелка указывает на диске значение угла осуществленного разворота поковки.

Шаблоны делают из мягкой листовой стали толщиной 1—3 мм. Линейные шаблоны применяют для проверки часто повторяемых размеров. Эти шаблоны бывают обычно предельными, т. е. со ступеньками в размер допуска. Контурные шаблоны изготовляют для поковок сложного контура, когда проверка размеров с помощью кронциркулей и линейки весьма затруднительна. Эти шаблоны делают по размерам проекции поковки или для визуальной проверки припусков — по размерам проекции готовой детали.

Большой организационный и экономический эффект в производстве кованых поковок дает унификация инструмента, особенно при групповой технологииковки. Сущность этого метода заключается в том, что все однотипные поковки, подлежащие изготовлению в данном цехе, разбиваются на группы, требующие обработки на одном

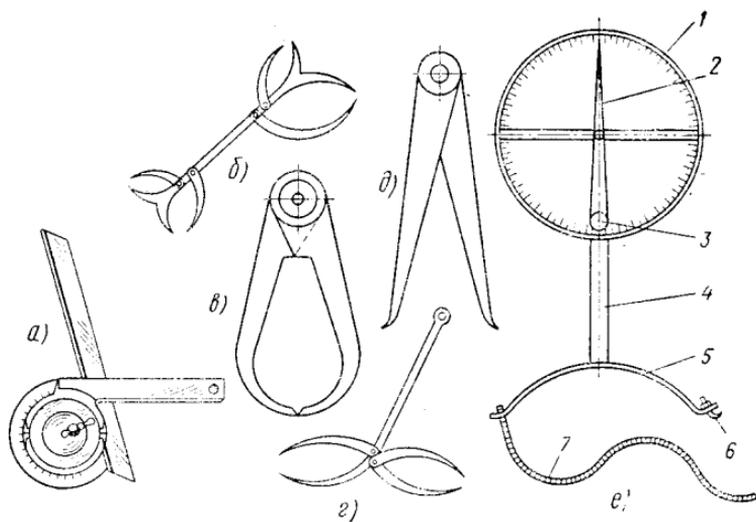


Рис. 67. Измерительный инструмент

и том же оборудовании с выполнением одинаковых операций. Технология при этом разрабатывается одновременно для всей группы поковок. Это и дает возможность осуществить наиболее полную унификацию инструмента.

Выбор ковочного, подъемно-транспортного и нагревательного оборудования

При подборе ковочного оборудования массу падающих частей молота или усилие пресса, необходимого для осадки, протяжки и прошивки, следует рассчитывать пооперационно по формулам, рекомендуемым в теории обработки металлов давлением (см. гл. IV, § 1). Гибка и отрубка требуют меньших усилий. Поэтому потребные для них усилия при подборе оборудования обычно не рассчитывают. Для скручивания следует рассчитать необходимое усилие крана, используемого при этом (см. там же).

При рассмотрении указанных в характеристике подбираемого оборудования размеров его рабочего пространства необходимо проверить возможность размещения в нем заготовки с инструментом, а также выполнения соответствующих обжимов и манипуляций. Затем по массе и размерам исходных заготовок (слитков) и поковок следует проверить пригодность обслуживающего данный молот (или пресс) подъемно-транспортного оборудования (прежде всего по его грузоподъемности) и нагревательного оборудования (прежде всего по размерам рабочей камеры и производительности).

Режим нагрева под ковку устанавливают в соответствии с указаниями, приведенными в гл. II. Число необходимых подогревов устанавливают с учетом, с одной стороны, времени охлаждения от температуры нагрева до нижнего предела температурного интервалаковки (это время определяется расчетом или с помощью диаграмм, подобных приведенной на рис. 15) и, с другой стороны, времени на выполнение отдельных ковочных операций.

Установление правильных норм выработки при разработке технологических процессов является одной из наиболее трудных и ответственных работ. Ковочные операции чаще всего нормируются по нормативам, рекомендуемым или утвержденным для данного цеха-изготовителя в соответствующих организациях. При этом время на выполнение отдельных технологических переходов определяется обычно без расчленения его на основное и вспомогательное. При расчете норм штучного времени берется сумма оперативных времен и к ней добавляется лишь неперекрываемое основным временем вспомогательное время (на подачу заготовки от печи, удаление и укладывание готовой поковки, на отдых и т. д.).

Так как в большинстве случаев работы выполняются бригадой, то расчет времени ведут на кузнеца-бригадира, т. е. только на те работы, которые выполняются при его непосредственном участии. Таким образом, в норму штучного времени работы, выполняемые частью бригады без участия бригадира, не включают, если они выполняются одновременно с другими, в которых участвует бригадир.

В состав бригады входят: кузнеч-бригадир (во всех случаях), его помощник (на молотах свыше 3 т и на всех прессах), от одного до пяти подручных (в зависимости от мощности молота или пресса), машинист (на молотах 0,5 т и выше, а также на всех прессах) и крановщик (на молотах свыше 1,5 т и прессах до 800 т) или два крановщика (на прессах 1000 т и выше). Таким образом, состав бригады колеблется от двух до десяти человек в зависимости от применяемого оборудования. При наличии дополнительных средств механизации он может быть уменьшен. Так, применение кузнечных манипуляторов обычно дает возможность сократить количество подручных примерно вдвое при одновременном повышении производительности ковочных работ в 1,5, а иногда в 2—2,5 раза.

Результаты разработки технологического процесса фиксируют в технологической карте (ГОСТ 3.1403—74).

§ 4. ПРИМЕРЫ КОВКИ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА

В параграфе описаны процессыковки и различные способы осуществления ковочных операций применительно к ковке на молотах и прессах. Для этого использованы типовые процессыковки наиболее распространенных видов поковок, причем в отдельных случаях даны варианты этих процессов.

При машинной ковке большое значение имеет расстановка оборудования.

Ковка на молотах

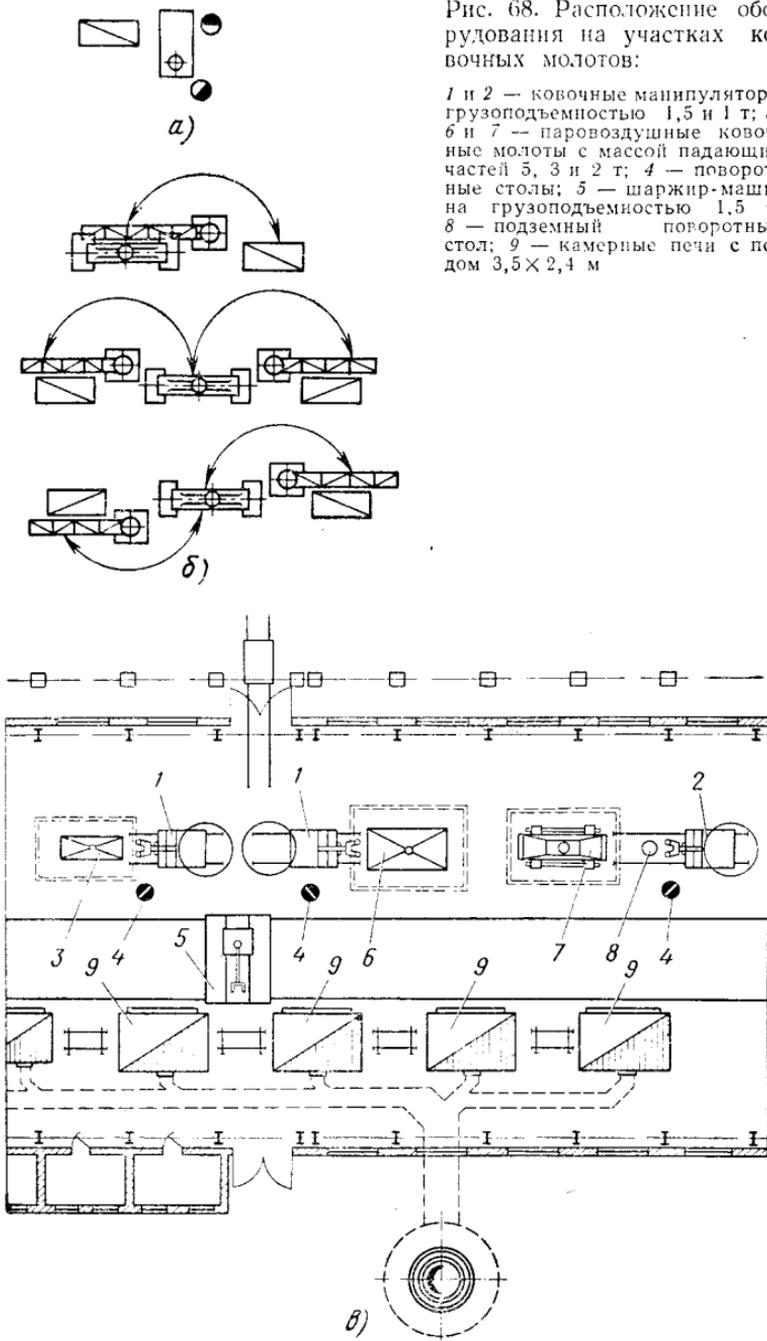
При ковке на молотах для нагрева металла обычно используют простейшие камерные печи. Чтобы избежать теплового облучения бригады, особенно машиниста, печь у пневматического ковочного молота устанавливают обычно по фронту с молотом уступом слева (рис. 68, а). Несколько удлиненный при этом путь заготовки от печи к молоту компенсируется лучшими условиями труда. Руководствуясь этим, у паровоздушных ковочных молотов печи также устанавливают по фронту с молотом (рис. 68, б), хотя при этом достигается наименее плотное размещение оборудования на площади участка. У молотов с массой падающих частей 0,5 т и менее подачу заготовок от печи к молоту и манипулирование под молотом выполняют вручную. Более тяжелые молоты обслуживаются кран-балками, мостовыми кранами или свободно стоящими поворотными кранами грузоподъемностью равной или несколько меньшей массы падающих частей обслуживаемого молота. Молоты с массой падающих частей 2 т и выше следует оснащать ковочными манипуляторами грузоподъемностью до 2 т (рис. 68, в). При этом управление молотом на таких операциях, как протяжка, должно быть автоматизированным.

Эффективность процесса машиннойковки во многих случаях значительно повышается при использовании специального, иногда очень простого кузнечного инструмента.

Если, например, не применять указанного инструмента при ковке фасонной планки вида ИИз-СС-Су (рис. 69, а), масса которой 4,6 кг, то на молоте с массой падающих частей 0,75 т ее придется ковать из заготовки диаметром 75, длиной 150 мм,

Рис. 68. Расположение оборудования на участках ковочных молотов:

1 и 2 — ковочные манипуляторы грузоподъемностью 1,5 и 1 т; 3, 6 и 7 — паровоздушные ковочные молоты с массой падающих частей 5, 3 и 2 т; 4 — поворотные столы; 5 — шаржир-машина грузоподъемностью 1,5 т; 8 — подземный поворотный стол; 9 — камерные печи с подом 3,5×2,4 м



массой 6,5 кг. При этом сначала протягивают заготовку на сечение 70—60 мм, затем выполняют уступы и протяжку средней части с последующей отрубкой концов и отделкой до окончательных размеров. При применении же специальной полукруглой подкладки для прожима середины и специального вкладыша-оправки для окончательной правки эту поковку куют на том же молоте из заготовки диаметром 75, длиной 85 мм, массой 3,6 кг, причем масса получаемой поковки (рис. 69, б) 3,5 кг.

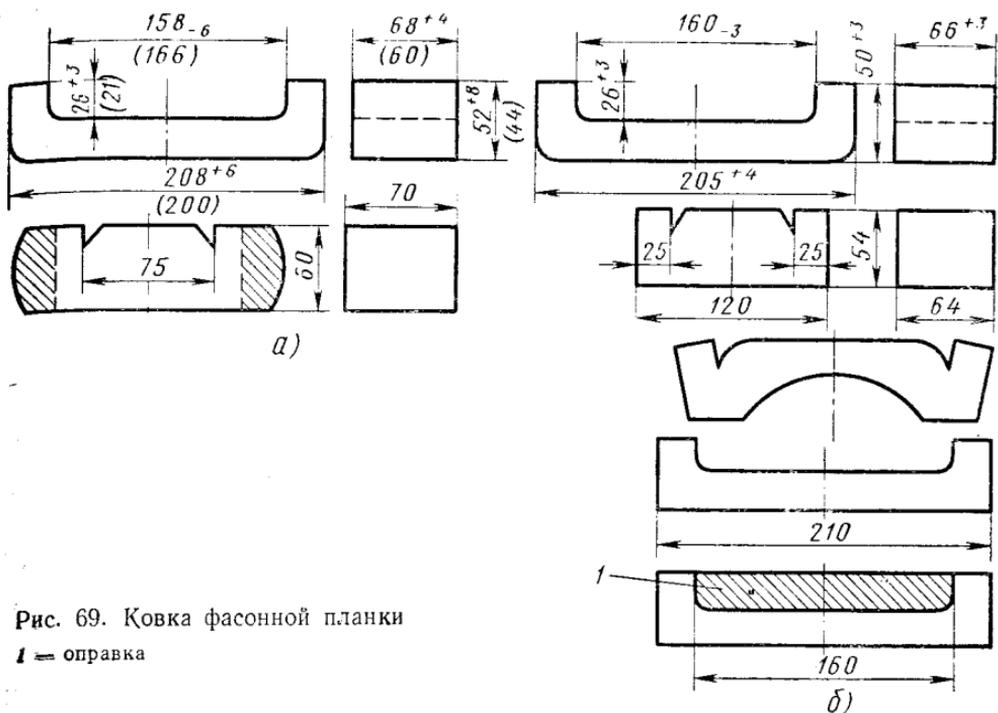


Рис. 69. Ковка фасонной планки

1 = оправка

До применения специальных колец цапфы вида 1Пр-СС-Су (рис. 70, а) ковали на молоте с массой падающих частей 6 т из слитка массой 1,5 т. После разделки слитка штучная заготовка имела массу 135 кг. Операции выполняли на нижнем вырезном бойке и верхнем плоском бойке в следующей последовательности: 1) выдача слитка из печи, обжим его на диаметр 325 мм, отрубка донной части и возврат в печь на подогрев, 18 мин; 2) протяжка на длине 400 мм на диаметр 300 мм, 6 мин; 3) наметка и прожим, выполняемые на расстоянии 100 мм от края, 4 мин; 4) протяжка на диаметр 125 мм; 5) отделка и отрубка конца и отрубка поковки от слитка, 18 мин.

Применение колец и переход со слитка на блюм 200×200 мм позволили снизить массу штучной заготовки до 100 кг и ковать на плоских бойках молота с массой падающих частей 3 т следующим образом (рис. 70, б): 1) выдача блюма из печи, рубка на заготовки длиной 320 мм и подача заготовки в печь на подогрев, 7 мин; 2) протяжка с квадрата на круг диаметром 220 мм, 4 мин; 3) наметка, прожим на расстоянии 215 мм от края и протяжка другого конца на диаметр 110 мм, 12 мин; 4) высадка фланца на кольцо, 8 мин; 5) обкатка с кольцом, 5 мин.

Внедрение такой технологии снизило расход стали на 35 кг, мазута на 18 кг, пара на 0,325 т и уменьшило суммарную норму времени на ковку одной цапфы на 12 мин.

При ковке поршня вида 1ПР-СС-Су (рис. 71, а) на молоте с массой падающих частей 3 т из блюма 200×200 мм без применения колец операции выполняли в следующей последовательности: 1) выдача блюма из печи, отрубка на заготовки длиной 205 мм и возврат в печь, 5 мин; 2) протяжка заготовки с квадрата на круг диаметром 225 мм, 5 мин; 3) наметка и прожим обоих концов, 8 мин; 4) протяжка на диаметр 80 мм и отрубка первого конца, 10 мин; 5) то же второго конца, 40 мин.

По новой технологии этот поршень куют на том же молоте из блюма 150×150 мм следующим образом (рис. 71, б): 1) выдача блюма из печи, отрубка на заготовки длиной 170 мм и возврат в печь, 3 мин; 2) протяжка с квадрата на круг диаметром 130 мм, наметка и прожим обоих концов, 8 мин; 3) протяжка на диаметр 70 мм и отрубка обоих концов на заданный размер, 12 мин; 4) высадка в кольцах, 8 мин; 5) правка вместе с кольцами, 7 мин.

Внедрение новой технологии позволило снизить расход стали на одну поковку на 15,5 кг, мазута на 9,1 кг и пара на 0,163 т.

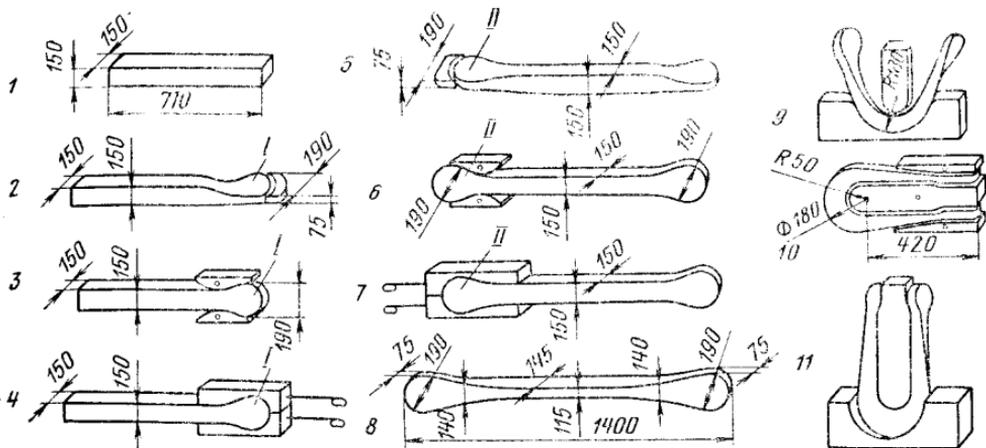


Рис. 73. Ковка скобы

отрубка по шаблону и правка; 4) аналогичная обработка второго (длинного) конца (рис. 74, 9—13).

Фланцы куют на молотах, как правило, за один нагрев, реже — с одним дополнительным подогревом. Толстостенные фланцы вида ЗСО-Су (рис. 75, а) куют обычно за три перехода: 1) подготовка заготовки с осадкой и протяжкой на диаметр основания фланца (рис. 75, б); 2) высадка фланца в кольцо (рис. 75, в); 3) предварительная прошивка со стороны фланца (рис. 75, г); 4) окончательная прошивка с последующей выбивкой поковки из кольца (рис. 75, д).

Для тонкостенных фланцев (рис. 76, а) требуется большее число переходов, а именно: 1) подготовка заготовки под открытую прошивку (рис. 76, б); 2) прошивка



Рис. 74. Ковка кривошпа

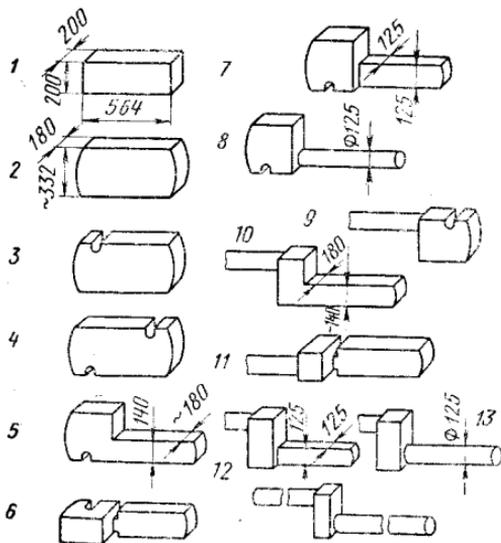
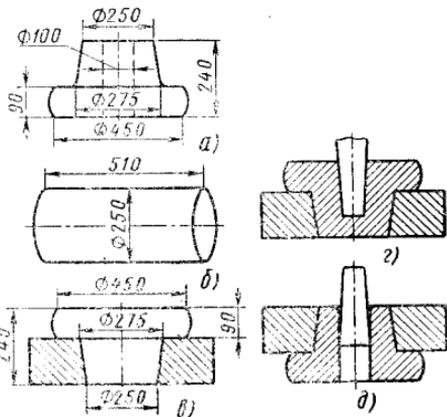


Рис. 75. Ковка толстостенного фланца



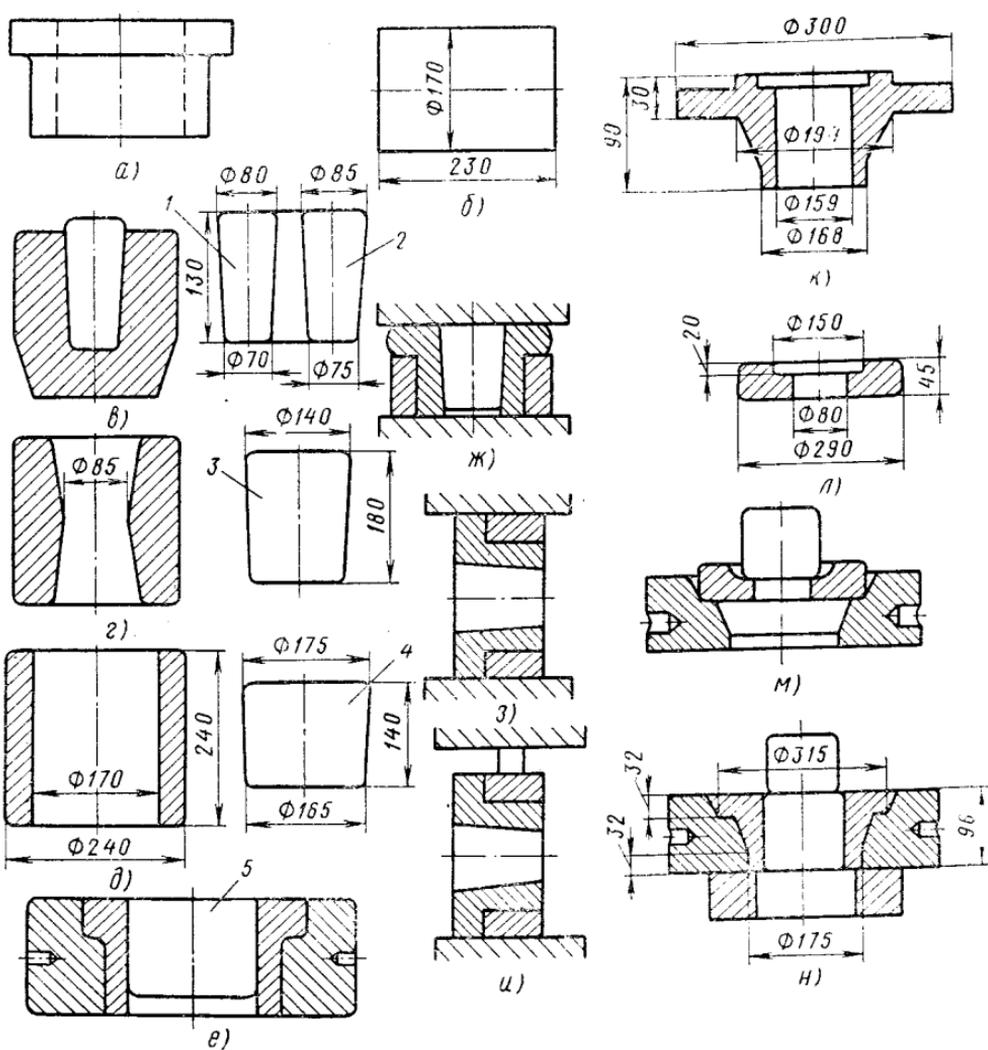


Рис. 76. Ковка тонкостенного фланца

с одного торца прошивнем 1 с последующей правкой на нем как на оправке (рис. 76, в); 3) сквозная прошивка с другого торца (рис. 76, г) прошивнем 2 и расширение отверстия калибровочной оправкой 3 с последующей правкой на этой оправке; 4) дальнейшее расширение отверстия с помощью калибровочной оправки 4 (рис. 76, д); 5) штамповка в специальном фасонном кольце (рис. 76, е) с вкладышем 5 и последующее извлечение готовой поковки.

Если применяют простое кольцо (рис. 76, ж), то после штамповки выполняют правку (рис. 76, з), а поковку извлекают с помощью легких ударов по кольцу через накладку (рис. 76, и).

Поковки некоторых фланцев (рис. 76, к) успешно куят с раздачей: за первый нагрев заготовку осаживают до диаметра 290 мм, вдавливают 20 -миллиметровое углубление диаметром 150 мм и пробивают отверстие диаметром 80 мм (рис. 76, л); за второй нагрев производят раздачу оправкой в специальном фасонном кольце с последующей осадкой фланца (рис. 76, м) и сквозную прогонку оправки (рис. 76, н).

Ковка колец вида 2СО-Гл с раскаткой на оправке, опирающейся на козлы, связана с большими затратами времени на установку и удаление козел, а также

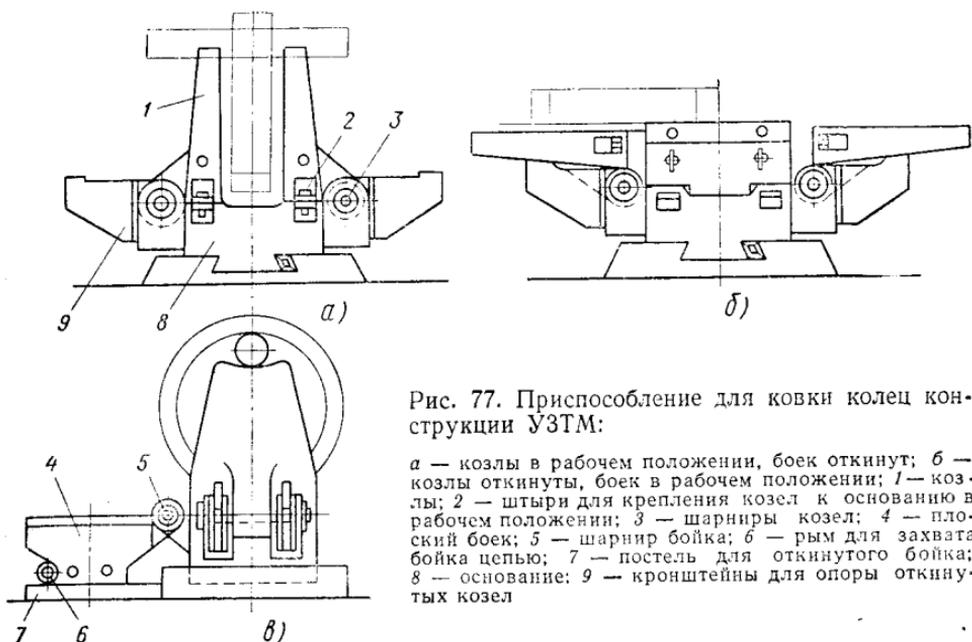


Рис. 77. Приспособление для ковки колец конструкции УЗТМ:

а — козлы в рабочем положении, боек откинут; *б* — козлы откинuty, боек в рабочем положении; 1 — козлы; 2 — штыри для крепления козел к основанию в рабочем положении; 3 — шарниры козел; 4 — плоский боек; 5 — шарнир бойка; 6 — рым для захвата бойка цепью; 7 — постель для откинутого бойка; 8 — основание; 9 — кронштейны для опоры откинутых козел

установку на их место плоского бойка, применяемого на операциях, предшествующих раскатке, и для последующей правки кольца в торец, а также для калибровки его отверстия. Все операции (кроме раскатки) целесообразнее выполнять на соседнем молоте, используя основной молот только на раскатке. Но еще рациональнее применять на молотах с массой падающих частей 3—5 т универсальное приспособление (рис. 77) с откидными козлами и откидным бойком. При этом козлы откидываются и бойки устанавливаются в рабочее положение бабкой молота с помощью цепи, связывающей бабку с этими деталями приспособления, всего за 1—1,5 мин. Раскатка

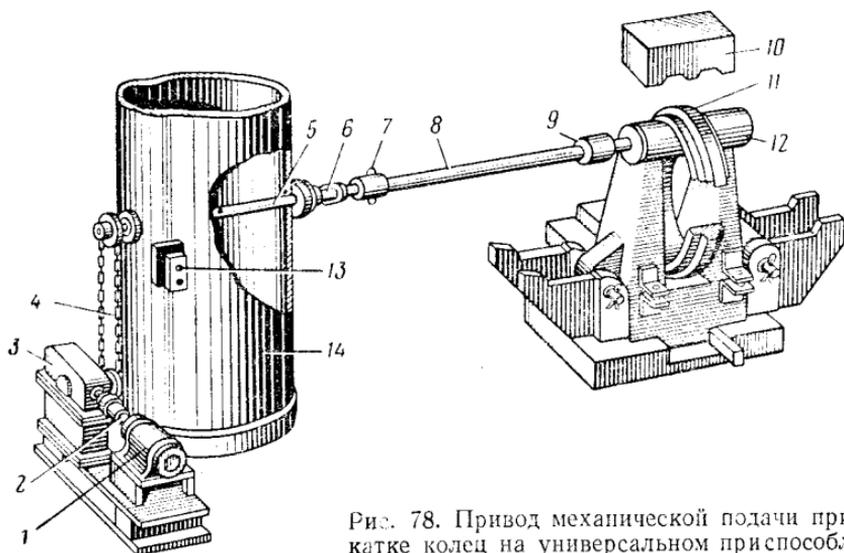


Рис. 78. Привод механической подачи при раскатке колец на универсальном приспособлении:

1 — электродвигатель (3 кВт); 2 — муфта; 3 — редуктор; 4 — цепная передача; 5 — валик; 6 — шарнир; 7 — соединительное устройство; 8 — съемный валик; 9 — соединительная втулка; 10 — фасонная накладка; 11 — поковка; 12 — оправка для раскатки; 13 — кнопки пуск-стоп электропривода; 14 — левая станина арочного молота

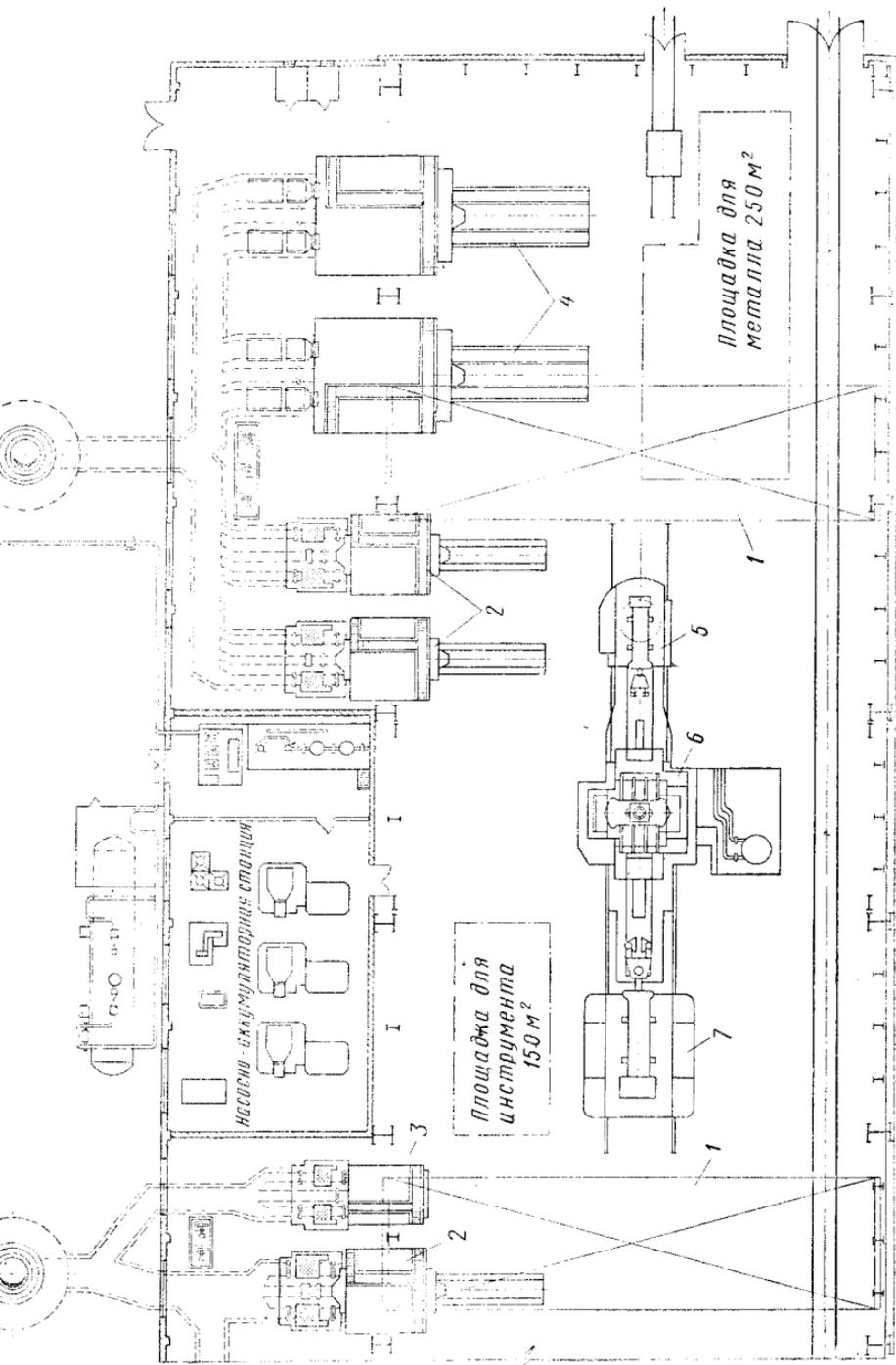


Рис. 79. Расположение оборудования на участке гидравлического ковочного пресса:

1 — мостовой кран грузоподъемностью 75/30 т; 2 и 4 — камерные пены с выдвижным подом $8 \times 3,45$ и $5 \times 2,45$ м; 3 — камерная печь для нагрева концов с подом $4 \times 2,45$ м; 5 и 7 — ковочные манипуляторы грузоподъемностью 30 и 20 т; 6 — ковочный гидравлический пресс усилием 30 МН (3000 тс)

колец трудоемка также и потому, что требует большого числа небольших подач и ударов. Поэтому подачу желательнее механизировать. Для этого при отсутствии универсального кузнечного манипулятора можно изготовить и применять специальный привод (рис. 78). Применение специальных фасонных бойков или накладок и специальных оправок с ручьями позволяет получить при раскатке кольца сложного профиля по наружному и по внутреннему контурам.

Ковка на гидравлических прессах

При наиболее распространенной планировке оборудования на участке ковочного гидравлического пресса (рис. 79) пресс и нагревательные печи (обычно три — шесть печей на один пресс) устанавливают в двух соседних пролетах здания, причем печи располагают между колоннами на границе этих пролетов и немного выдвигают фронтом их загрузки в более высокий прессовый пролет. Такая планировка позволяет обслуживать печи мостовыми кранами прессового пролета. При загрузке-выгрузке печей кранами используют печи преимущественно с выдвигным подом, при загрузке-выгрузке посадочными машинами или манипуляторами — преимущественно без выдвигного пода. Кроме того, в прессовом пролете должны быть установлены нагревательные колодцы для приема в цех горячих слитков, печи для термической обработки поковок (как правило, с использованием ковочной теплоты) и предусмотрены площади для хранения холодных слитков, инструмента и готовых поковок.

При обслуживании пресса одним манипулятором, когда последний используют только для работ под прессом, загрузка-выгрузка нагревательных печей и другие подъемно-транспортные операции выполняются либо мостовыми кранами, либо вторым манипулятором, или посадочной машиной. В иных случаях один манипулятор выполняет все работы под прессом, а также загрузку-выгрузку печей. Для передачи металла манипулятору, а также возможности перехвата манипулятором поковки за другой ее конец применяют поворотные столы, устанавливаемые обычно рядом с прессами. Расположение манипуляторов на участке определяется их назначением и устройством.

При ковке длинных поковок с одним манипулятором для поддержания второго конца поковки используют мостовой кран, в этом случае кран и манипулятор расположены с разных сторон пресса. Мостовой кран в сочетании с манипулятором используют также при недостаточной грузоподъемности последнего; при этом кран поддерживает хобот манипулятора.

При ковке длинных поковок без манипулятора используют одновременно оба крана, устанавливая их с разных сторон пресса. Оба крана используют одновременно также при недостаточной грузоподъемности одного крана. При

этом их устанавливают с одной стороны пресса и нагружают с помощью промежуточной траверсы. В иных случаях второй кран обычно полностью загружен на вспомогательных операциях.

Когда два манипулятора расположены с разных сторон пресса, длинные поковки куют без поддержания краном. При этом исключается необходимость поворотов поковки для перехватов ее с одного конца на другой.

Применение манипуляторов значительно повышает производительностьковки, высвобождает по крайней мере один из двух обслуживающих пресс мостовых кранов и в отдельных случаях делает излишним устройство выдвижного стола у пресса.

Значительно повышает точность и производительностьковки применение в управлении прессами различных следящих систем, а при измерении размеров поковок во времяковки — контактных и безконтактных устройств, в том числе оптических, телевизионных, с фотоэлементом, с источниками излучения β -частиц и др.

Ниже приведено несколько характерных примеровковки из слитков и наиболее эффективных способов совершенствования этих процессов.

Как было указано,ковка поковок сплошного сечения обычно начинается с оттяжки прибыльной части слитка под хвостовик. В отдельных случаях целесообразнее оттянуть хвостовик из донной части. Так, например,ковку вала вида ИПР-СС-Гл диаметром 560 мм, длиной 15 900 мм и массой 31 т из слитка массой 48 т (сталь 35) при обычной технологии (рис. 80, а) выполняли в следующей последовательности: 1) подача слитка из печи под пресс; 2) подвешивание слитка на цепь кантователя; 3) оттяжка хвостовика из прибыльной части слитка, поворот и укладка его под захват патроном; 4) захват хвостовика в патрон, обжим граней на диаметр 1500 мм и отрубка донной части; 5) посадка в печь для второго нагрева; 6) подача из печи под пресс; 7) захват хвостовика в патрон, протяжка средней части слитка на диаметр 560 мм и отделка поверхности; 8) отрубка прибыльной части и правка; 9) уборка готовой поковки.

По измененной технологии (рис. 80, б)ковку этого же вала выполняли в следующей последовательности: 1) подача слитка из печи под пресс; 2) подвешивание слитка на цепь кантователя; 3) протяжка донной части на диаметр 820 мм и длину 2000 мм; 4) укладка слитка на боек для протяжки средней части; 5) захват конца донной части в патрон; 6) обжим граней на диаметр 1500 мм; 7) протяжка средней части на диаметр 560 мм, отделка ее и отрубка прибыльной части слитка; 8) отделка конца со стороны прибыльной части; 9) съем патрона, поворот поковки и подъем ее на цепь; 10) протяжка конца со стороны донной части на диаметр 560 мм, правка и отрубка на заданный размер; 11) уборка готовой поковки.

При этой технологииковка с одного нагрева стала возможной из-за того, что оттяжка хвостовика со стороны донной части освободила от необходимости поворачивать поковку для ее перехвата и производить первую отрубку до протяжки средней части слитка. Внедрение этого способа привело не только к упразднению второго нагрева, но и сократило продолжительностьковки с 538 до 360 мин, или в 1,5 раза. Следует учитывать, что осуществление подобных процессов за один нагрев возможно лишь, когда продолжительностьковки средней и прибыльной частей слитка не превышает продолжительности охлаждения хвостовика в патроне. Последняя для хвостовика диаметром 320—850 мм может быть определена по графику (рис. 81).

Значительная экономия достигается приковке валов из слитков удлиненной формы. Осевые дефектные зоны в этих слитках менее глубоко расположены, чем у слитков обычной формы. Это повышает выход годного из слитка от 60—66% до 75—78%, сокращает число нагревов и дает возможность повысить производитель-

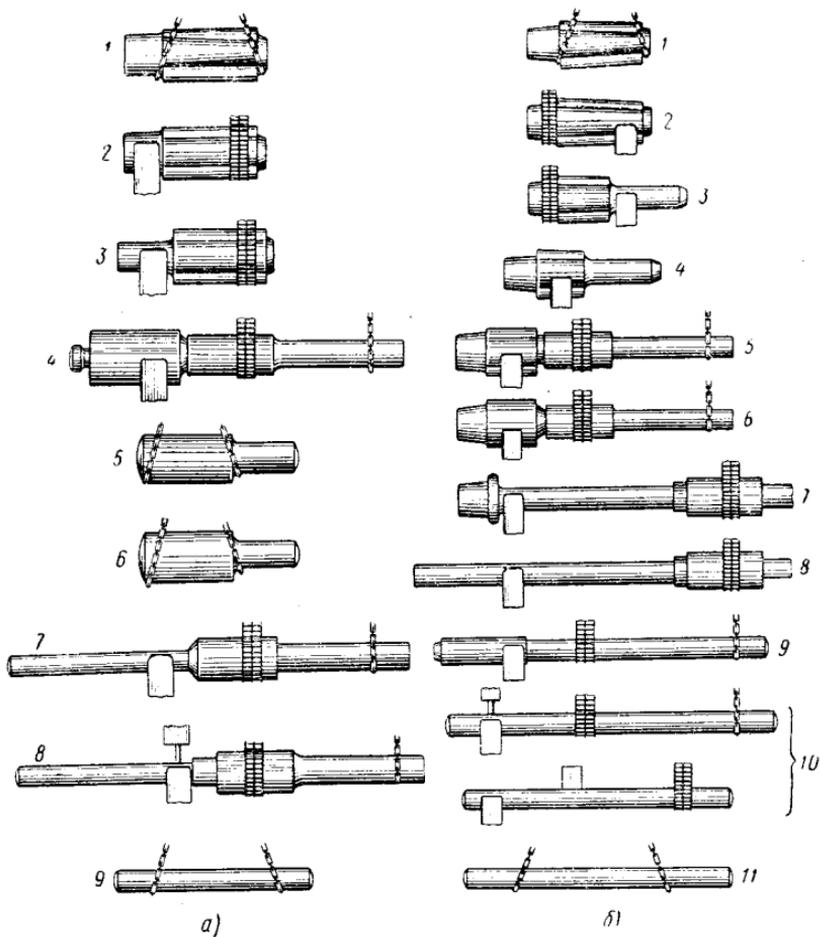


Рис. 80. Ковка вала

ностьковки примерно на 25%. На рис. 82 и 83 показана сравнительная технологияковки валов из слитков обычной и удлиненной формы.

Валки вида IПр-СС-Су (рис. 84, а) куют из стальной слитка (55Х) массой 40 т. Выход годного составляет 64,5%. При прежней технологии после первогонагрева выполняли за 58 мин: оттяжку хвостовика, отрубку излишнего металла наего конце, обжим граней слитка на диаметр 1290 мм и отрубку конца донной части (рис. 84, б); после второго нагрева — за 71 мин; осадку до диаметра 1700 мм при $h_0/d_0 = 2,4$ и протяжку на диаметр 1400 мм (рис. 84, в); после третьего нагрева — за 183 мин; протяжку на диаметр 1130 мм, образование выемки с уступом 160 мм, протяжку донного конца сперва на диаметр 960 мм, затем до окончательных размеров, отрубку донной части, протяжку средней части до окончательного размера, затем протяжку со стороны прибыльной части до диаметра 700 мм и отрубку прибыльной части (рис. 84, г).

В связи с освоением осадки слитков без предварительной биллетировки после первого нагрева выполняют за 45 мин: оттяжку хвостовика, отрубку излишнего металла на его конце, отрубку конца донной части. осадку до диаметра 1700 мм при $h_0/d_0 = 2,2$ и протяжку на диаметр 1400 мм (рис. 84, д). Все последующую ковку (рис. 84, е) выполняют после второго нагрева за 118 мин. При переходе на новую технологию общее время на ковку уменьшилось с 395 до 163 мин, а общее время нагрева — с 62 до 32 ч.

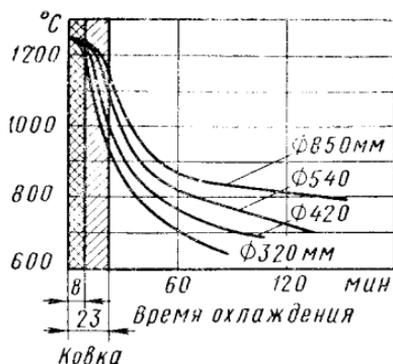


Рис. 81. Зависимость времени охлаждения хвостовика в патроне от диаметра хвостовика

не менее их диаметров, механические показатели материала, из которого они изготовлены, из-за скручивания не снижаются.

При 3-м способе (рис. 85, в), применим только для валов с коленами, расположенными под 90° и 180° , заготовку куют на прямоугольное (обычно квадратное) сечение, затем по участкам выполняют наметку, прожим и передачу отдельных колен с окончательным их расположением, причем короткие шейки между ними обычно не оформляются. При 4-м способе (рис. 85, г) в отличие от 3-го способа заготовку

Цельнокованные многоколенчатые валы вида IПр-СС-Су и IIз-СС-Су являются наиболее сложными в изготовлении ковокми сплошного сечения. Назовем пять наиболее широко применяемых способов ковки этих валов. При трех первых способах каждое колено выполнено в виде сплошных пластин прямоугольного сечения. По 1-му способу (рис. 85, а) слиток проковывают на пластину, общую для всех колен. Затем протачивают коренные шейки и скручивают их для установки колен под соответствующими углами. При 2-м способе (рис. 85, б) заготовку по участкам проковывают на пластины; затем после наметки, прожима и передачи отдельных колен по мере надобности протягивают коренные шейки вала узкими бойками, после чего осуществляют скручивание. Во избежание образования трещин и для более равномерной деформации шеек последние перед скручиванием иногда подвергают обдирке. Когда длина шеек

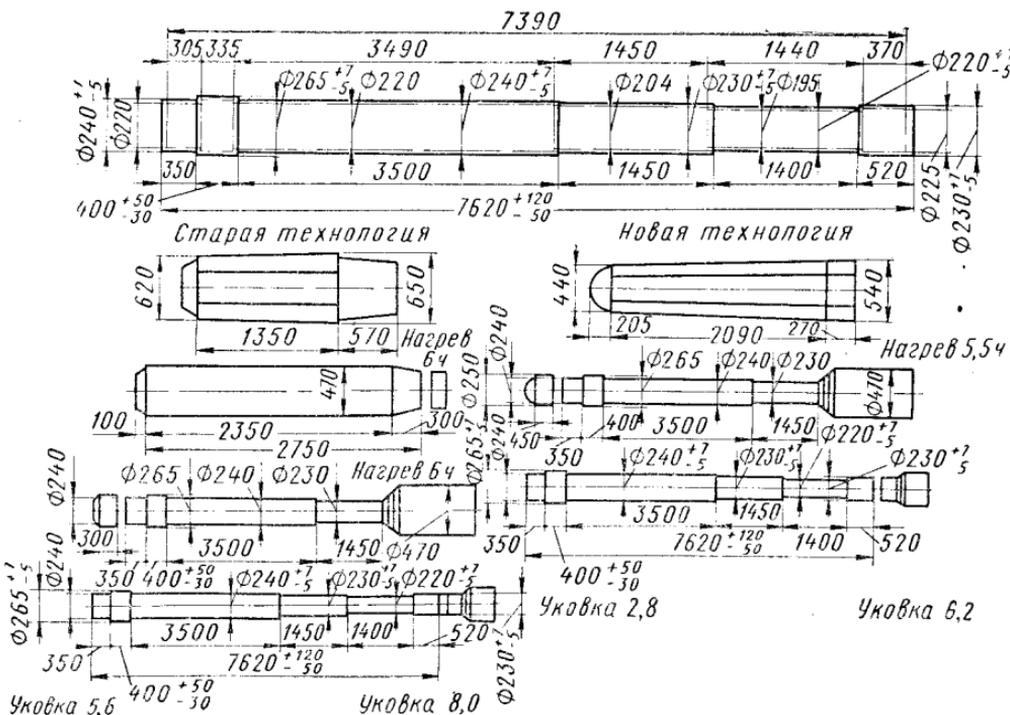


Рис. 82. Ковка валов из обычного слитка массой 4200 кг и удлиненного слитка массой 3530 кг

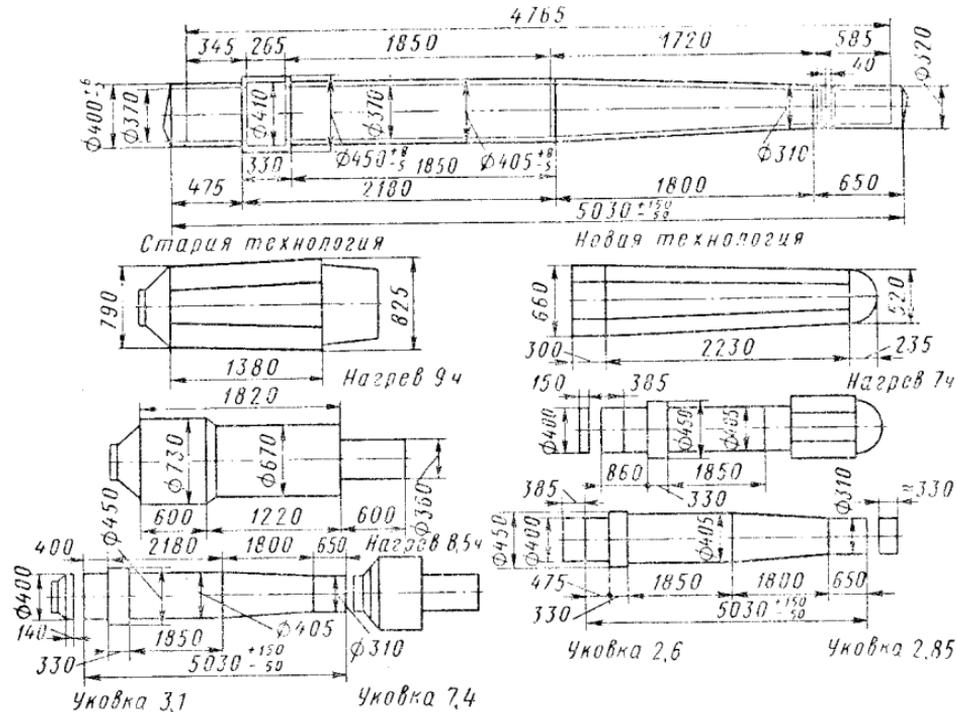


Рис. 83. Ковка валов из обычного слитка массой 7320 кг и удлиненного слитка массой 5800 кг

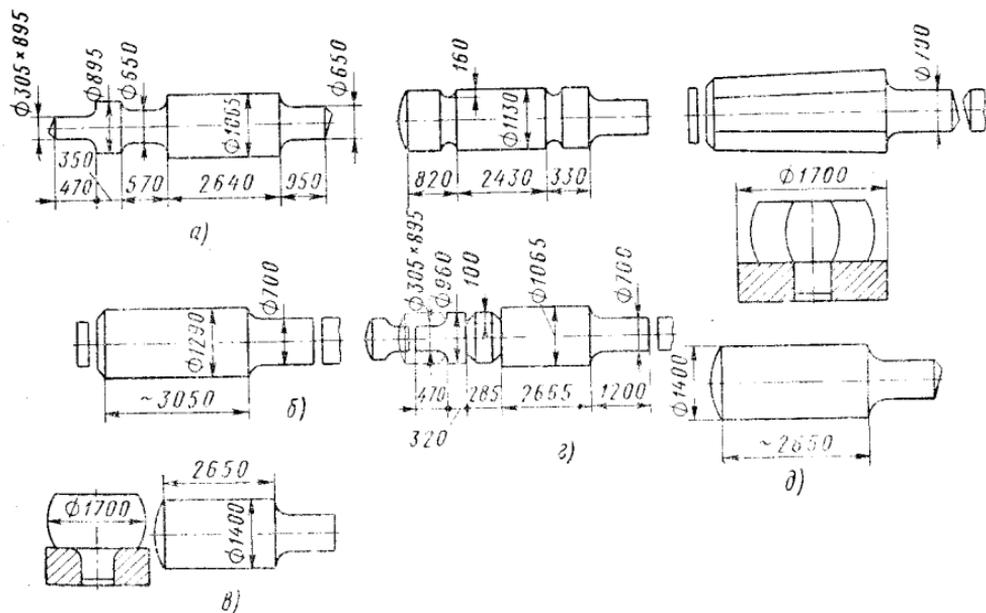


Рис. 84. Ковка валков:

а-в — с биллетировкой и г — без биллетировки

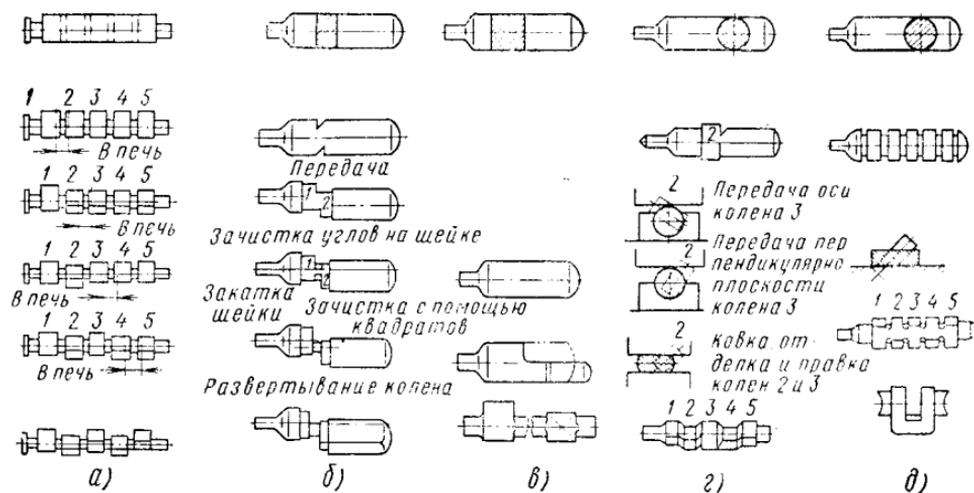


Рис. 85. Способыковки коленчатых валов (1—5 — номера колен)

куют на круглое сечение, что дает возможность оформить все колена с окончательным их взаиморасположением под любым углом без скручивания.

По 5-му способу у заготовок, прокованных на круглое сечение, делают прожим коренных шеек, затем после обжима оставшихся утолщений в разных плоскостях последовательно выполняют передачу отдельных колен в штампах и окончательную штамповку колен без формирования шатунных шеек или с формированием их (рис. 85, д). Если не прибегать к формированию шеек, можно получать шейки непрямоугольного сечения, т. е. получать поковки минимальной массы при минимальном расходе металла. Зато при ковке с формированием шатунных шеек создается наилучшая структура по расположению волокон и по распределению наружных и внутренних слоев исходного металла. Кроме того, штамповка колен с образованием шатунных шеек в отдельных случаях не нуждается в предварительной передаче и выполняется непосредственно после прожима коренных шеек.

Целесообразность применения того или иного способаковки коленчатых валов определяется конфигурацией вала, требованиями к структуре его металла и конкретными условиями производства.

Совсем иные приемы и способыковки применяют при изготовлении полых поковок.

Ковку цилиндра вида ППр-СО-Су массой 10 560 кг с глухим отверстием (рис. 86) начинают с оттяжки хвостовика, биллетировки слитка массой 17 т с правкой его на диаметр 1020 мм, протяжки участка длиной 800 мм на диаметр 900 мм и отрубки донной и прибыльной частей до заданного размера (рис. 87, а). Далее следует высадка в кольцо до высоты 750 мм, прошивка отверстия прошивным диаметром 500 мм на глубину 200 мм и специальной оправкой диаметром 550 мм на глубину 1100 мм. Затем утолщенную часть заготовки протягивают на диаметр 1100 мм (рис. 87, б). После подогрева заготовку надевают на оправку диаметром 500 мм и протягивают до диаметра 1050 мм. Участок 1 протягивают на диаметр 840 мм, участок 2 размечают для получения бурта. Поковку устанавливают в патрон (рис. 87, в). Ковку заканчивают протяжкой средней части, отделкой бурта и извлечением оправки.

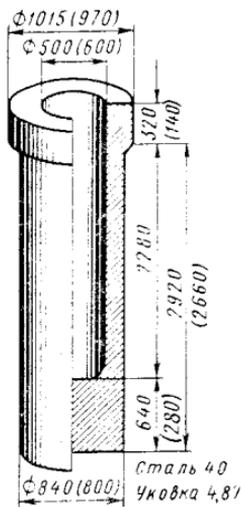


Рис. 86. Цилиндр

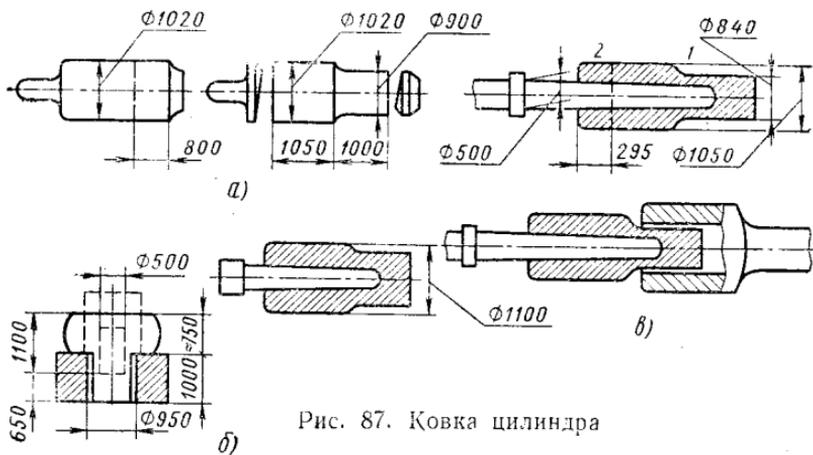


Рис. 87. Ковка цилиндра

Ковку корпуса скруббера-промывателя вида Шр-СО-Су массой 122 т (рис. 88) выполняют из слитка массой 200 т за восемь нагревов с промежуточной обдиркой. После первого нагрева (рис. 89, а) производят биллетировку с правкой на диаметр 2200 мм и отрубку прибыльной и донной частей слитка. Масса заготовки получается 139 т. После второго нагрева (рис. 89, б) производят осадку и прошивку, после третьего нагрева (рис. 89, в) — раздачу на оправке с выравниванием наружной цилиндрической поверхности, после четвертого нагрева (рис. 89, г) — протяжку всей заготовки на диаметр 2500 мм на оправке диаметром 950/900 мм и протяжку прибыльного конца на диаметр 2000 мм и донного конца на диаметр 2350 мм. После пятого нагрева (рис. 89, д) на оправке диаметром 820/740 мм протягивают донную часть на диаметр 1900 мм с переходом в средней части на диаметр 1310 мм, после чего заготовку при массе 124 т подвергают первому отжигу. После шестого нагрева (рис. 89, е) на оправке диаметром 820/740 мм протягивают середину на диаметр 1310 мм и правят по оси. Затем следуют второй отжиг, а затем седьмой нагрев (рис. 89, ж), протяжка на диаметр 1310 мм на той же оправке, правка по оси, третий отжиг, разметка и обдирка всей заготовки под заковку. После восьмого нагрева (рис. 89, з) легкими равномерными обжатиями заковывают конец. Далее следует четвертый отжиг при

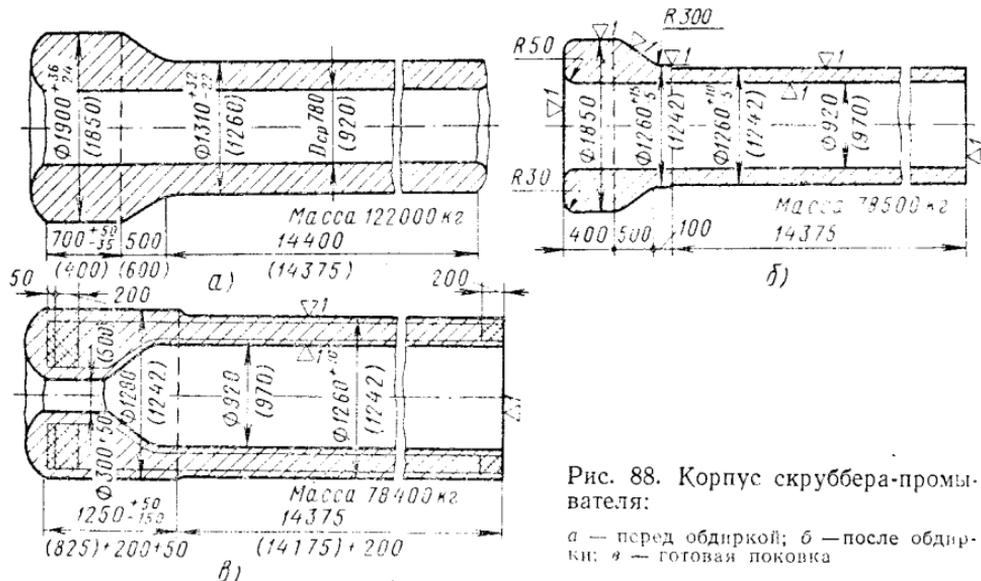


Рис. 88. Корпус скруббера-промывателя:

а — перед обдиркой; б — после обдирки; в — готовая поковка

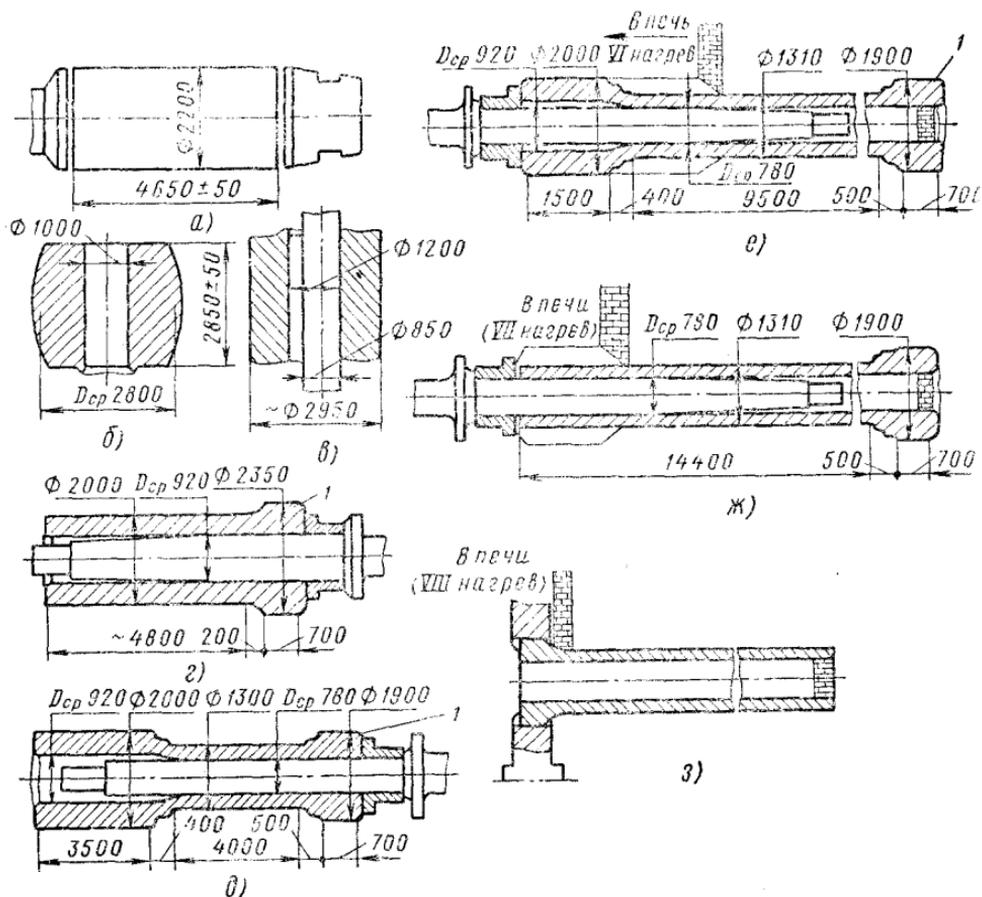


Рис. 89. Ковка корпуса скруббера-промывателя:

1 — поддон

массе поковки 78,4 т, разметка, обдирка закованной части под окончательную термическую обработку и окончательная термическая обработка. Таким образом, при массе необработанной поковки 122 т отходы составляют: на прибыль 45 т, или 22,5%, на поддон 10 т, или 5%, на выдру 7 т, или 3,5% и на угар 16 т, или 8%.

Отметим, что когда заготовка корпуса становится очень длинной, ее охлаждение особенно при ковке только одного конца протекает весьма неравномерно. Поэтому для выравнивания температуры перед очередными нагревами заготовку дважды подвергают отжигу. Два последних отжига (третий и четвертый) необходимы перед последующими за ними операциями механической обработки.

На крупных полых поковках значительную экономию металла дает применение слитков с уменьшенной прибылью (см. гл. I, § 2). Например, цилиндр вида

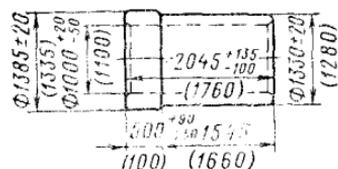


Рис. 90. Цилиндр

ИПр-СО-Су массой 10,2 т (рис. 90) вместоковки из обычного слитка массой 16,5 т можно ковать из малоприбыльного слитка массой 14,5 т (рис. 91, а). При этом необходимо выполнить оттяжку хвостовика, биллетировку с правкой на диаметр 1010 мм, отрубку доной и прибыльной частей (рис. 91, б), осадку, прошивку и раскатку на оправке с устранением бочкообразности на наружной поверхности (рис. 91, в), протяжку на диаметр 1550 мм на оправке, наметку и протяжку на диаметр 1500 мм,

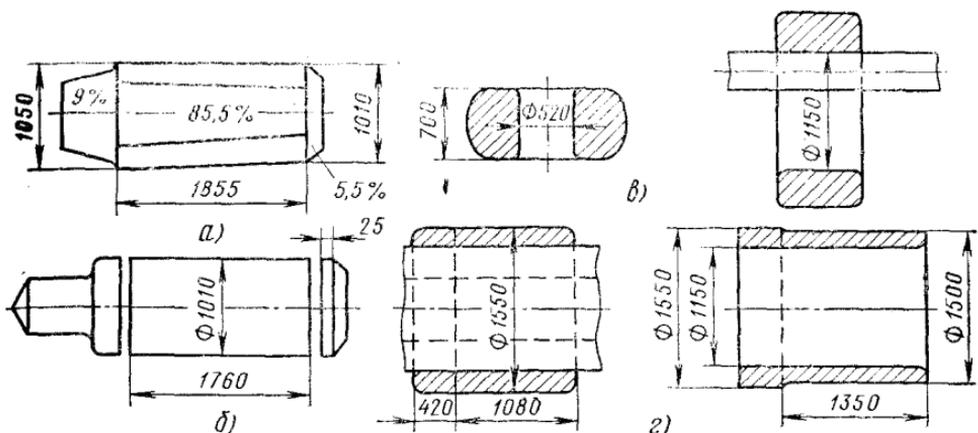


Рис. 91. Ковка цилиндра из малоприбыльного слитка

а затем отделку без оправки (рис. 91, *з*). Малоприбыльные слитки следует применять не только для подобных цилиндров, бандажей, колец и других поковок с большими отверстиями, прошиваемыми пустотелым прошивнем, но также и для поковок сплошного сечения, у которых вся дефектная сердцевина удаляется в стружку при последующей механической обработке.

Поковки массой 710 кг (рис. 92, *а*) барабанов вида Пр-СО-Гл (рис. 92, *б*) до освоения более совершенной технологии ковали из слитков 2,5 т по две штуки из слитка. После первого нагрева вытягивали хвостовик, биллетировали, протягивали на диаметр 490 мм и разрубали слиток (рис. 92, *в*). После второго нагрева заготовку диаметром 490 и длиной 590 мм осаживали на плоской плите 1 и прошивали на кольцо 2 (рис. 92, *г*). Затем прошивной инструмент заменяли вырезным бойком, а заготовку подвергали третьему нагреву, после которого на конусной оправке 3 с противовесом, уравнивающим заготовку на цепи мостового крана, заготовку обжимали в вырезном бойке до получения длины 665 мм (рис. 92, *д*) и правили на плоской плите в торец с осадкой до 640 мм. После четвертого нагрева заготовку подвергали раскатке на цилиндрической оправке до окончательных размеров (рис. 92, *е*). Для более легкого кантования этой оправки с помощью цепи мостового крана она имеет тонкий конец под патрон с противовесом. После раскатки заготовку правили на плоской плите.

По измененной технологии поковку вида ППр-СО-Су того же барабана, облегченную до 460 кг (рис. 92, *ж*), коуют из слитков массой 3100 кг по четыре штуки из слитка и за три нагрева вместо четырех. За первый нагрев после оттяжки хвостовика, биллетировки и протяжки на диаметр 420 мм слиток разрубает (рис. 92, *з*). За второй нагрев после осадки и прошивки, выполняемой за два перехода с уменьшенным отходом в выдру (рис. 92, *и*, *к*), заготовку обжимают в вырезном бойке на конусной оправке сперва на диаметр 430 мм (рис. 92, *л*), затем на диаметр 370 мм с оставлением буртов диаметром 430 мм, шириной не менее 60 мм. Далее следует: извлечение оправки, опрокидывание заготовки с бойка на плиту (рис. 92, *м*) и правка торцов (рис. 92, *н*). За третий нагрев производят раскатку на цилиндрической оправке со специальным вкладышем 4 толщиной 30 мм (рис. 92, *о*) и затем с вкладышем 5 толщиной 20 мм (рис. 92, *п*) до окончательных размеров.

Производительность при ковке барабанов значительно возрастает с использованием манипулятора 1 и нижней плиты 2 с вырезом для выхода выдры при прошивке (рис. 93, *а*). Заготовку после осадки (рис. 93, *б*) и прошивки с надставкой (рис. 93, *в*) сдвигают верхним бойком по плите к вырезу при перемещении стола пресса (рис. 93, *г*). Сквозную прошивку завершают над вырезом в плите (рис. 93, *д*), после чего стол пресса наполовину перемещают обратно, заготовку захватывают клещами (рис. 93, *е*) и ставят на ребро для введения в нее оправки манипулятором (рис. 93, *ж*). Затем заготовку поднимают на оправке и устанавливают последнюю на козлы для раскатки (рис. 93, *з*).

Обычно при раскатке на оправке безманулятора на один из выступающих концов оправки наматывают в несколько оборотов цепь, закрепив один ее конец к ползуну преса и подвесив на другой конец груз для натяга. С помощью такого примитивного устройства при ходе ползуна вверх кантуют оправку. Вращение оправки можно механизировать так, как, например, при ковке на молотах (см. рис. 78). Но еще производительнее и удобнее осуществлять раскатку на специализированных гидравлических пресах с механизмом для автоматического кантования при очень точной настройке шага поворота оправки.

На УЗТМ крупные днища котлов высокого давления, имеющие вид сосудов (рис. 94, а), ранее изготовляли (I вариант) по две штуки из цельнокованых барабанов вида ППр-СО-Гл (рис. 94, б), у которых после обдирки (рис. 94, в) заковывали оба конца (рис. 94, г). Затем эти же днища (II вариант) измененной конструкции (рис. 94, д) начали изготовлять по одной штуке из кованого диска вида ЗСО-Су (рис. 94, е) с односторонней обдиркой (рис. 94, ж) и протягиванием через кольцо (рис. 94, з), что снизило расход металла в 4 раза, трудоемкость кузнечной обработки в 1,85 раза и трудоемкость механической обработки в 1,23 раза.

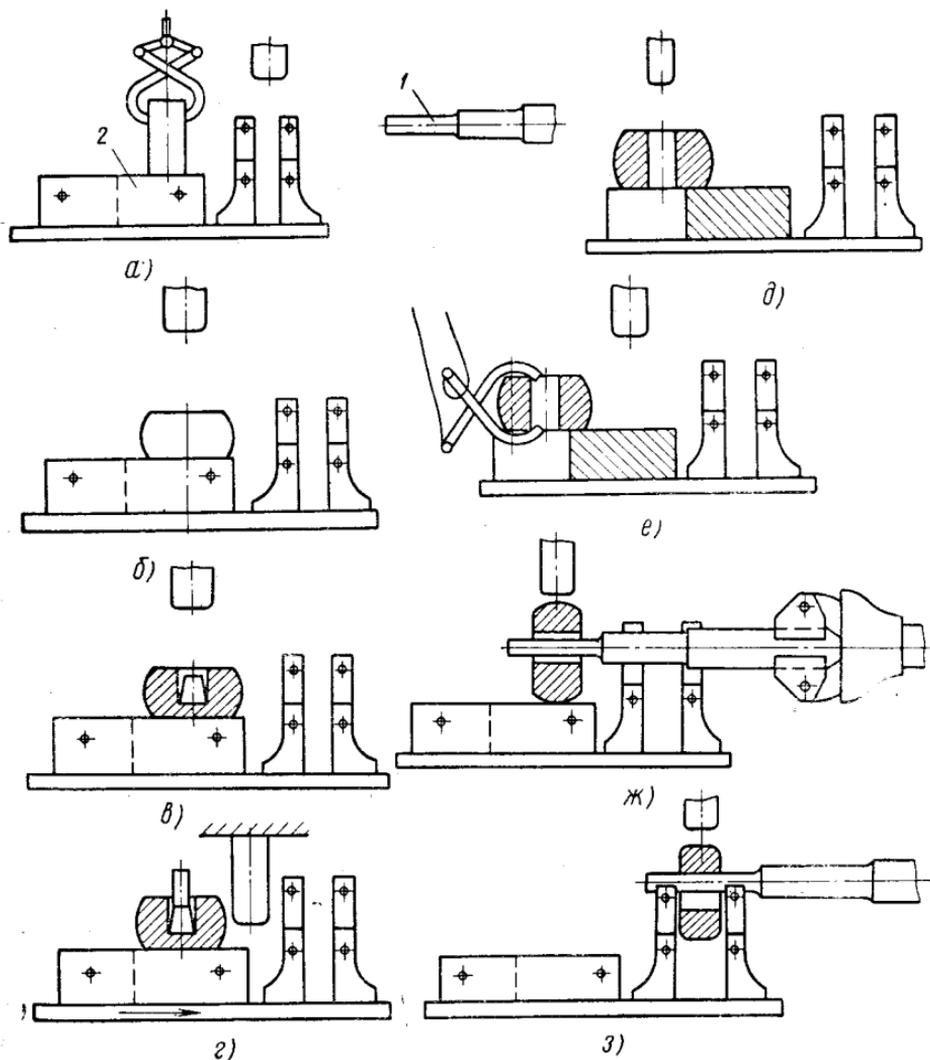


Рис. 93. Ковка барабанов с использованием манипуляторов

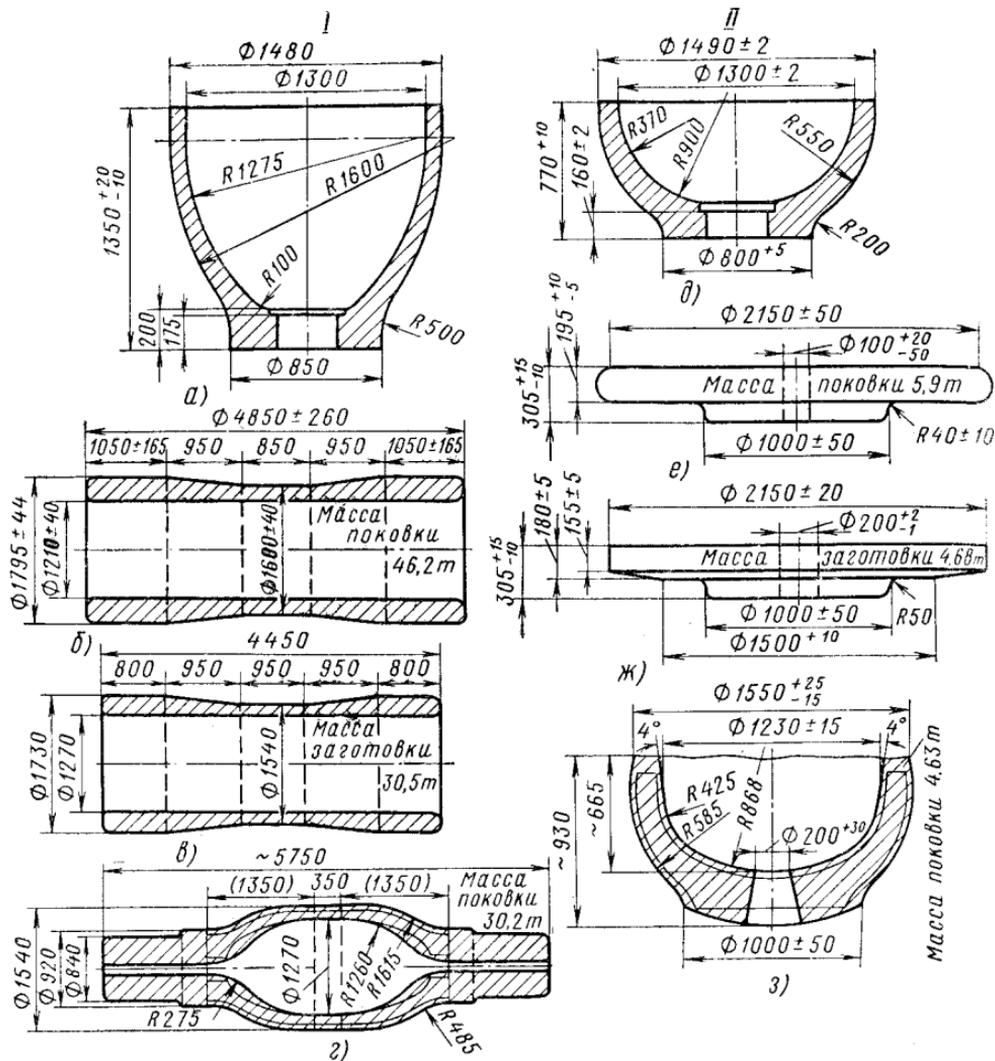


Рис. 94. Ковка дниц (I и II варианты)

Наконец, эти же днища (III вариант) после вторичного изменения конструкции (рис. 95, а) начали изготавливать из кованых дисков вида ЗСО-Гл (рис. 95, б) с полной обдиркой дисков (рис. 95, в) и протягиванием их через кольцо (рис. 95, г, д). Это дало дополнительное снижение расхода металла в 1,67 раза, трудоемкости кузнечной обработки в 2,3 раза и трудоемкости механической обработки в 2,9 раза.

Самой трудоемкой операцией при ковке диска (относится к 3-й группе) является разгонка из тонких полотен, особенно если эту разгонку выполнять на плоских бойках с вращением диска вокруг его оси в промежутки между обжатиями (рис. 96). Производительность разгонки выше с применением вращающейся нижней плиты (в этом случае плита одновременно выполняет роль нижнего бойка и подставки) или вращающегося верхнего бойка. В обоих случаях желательно использовать раздвижные бойки (рис. 97), удобные для образования у дисков уступов и ступиц различного диаметра.

На специализированных гидравлических прессах с механизмом для вращения плиты или бойков разгонка полотен у дисков легко может быть автоматизирована.

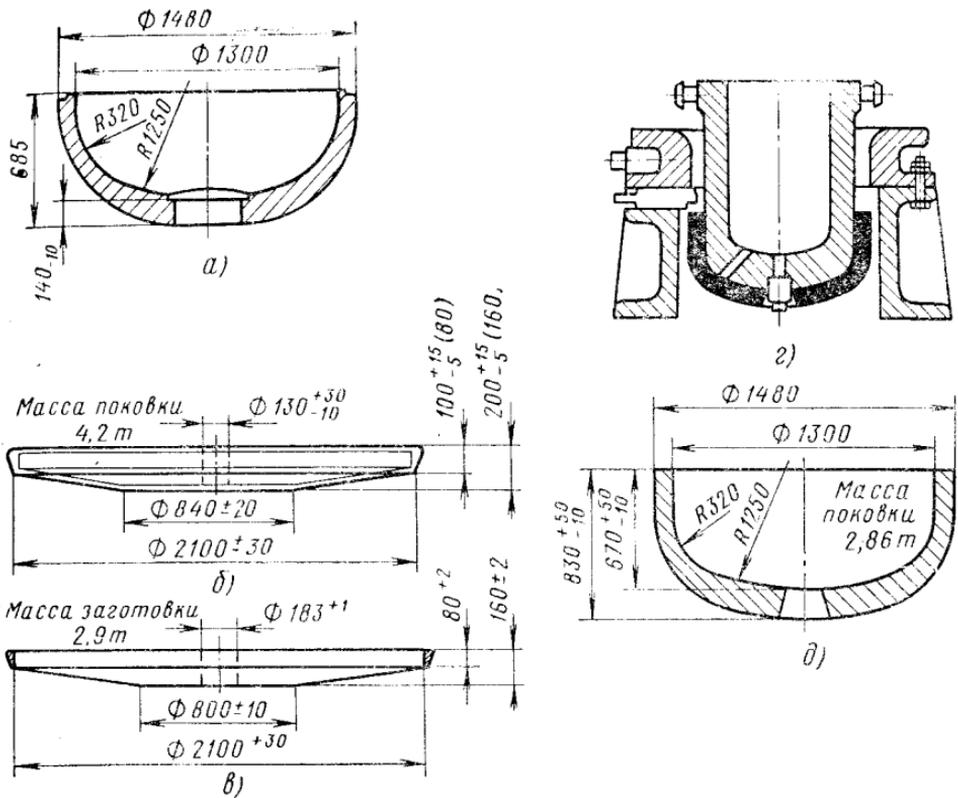


Рис. 95. Ковка дна (III вариант)

Для многих изделий производительностьковки находится в большой зависимости от последовательности выполнения отдельных операций и переходов. Так, например, штамповые кубики вида 2СС-Гл (относятся ко 2-й группе) можно ковать в двух вариантах: без осадки слитка до его протяжки и разрубки, но с осадкой каждой заготовки при ковке их в окончательные размеры и с осадкой и протяжкой всего слитка до разрубки, после чего остается всего лишь проглаживание торцов кубиков. Первый вариант требует подогрева после отрубки, второй — осуществляется за один нагрев и при ковке из одного слитка не менее трех кубиков оказывается производительнее первого более чем в 1,5 раза.

Манипулирование кубиками под прессом без манипулятора осуществляется с передвижкой стола пресса или с вращением нижней поворотной плиты. Так, на 90° кантуют легким нажимом верхним бойком на кромку ребра заготовки с одной стороны и одновременным движением стола пресса или вращением нижней поворотной плиты в противоположную сторону (рис. 98, а). Заготовку вокруг вертикальной оси, используя тот же прием, поворачивают вручную ломиком, подставляя под нее сферическую подкладку (рис. 98, б).

На ковочных участках во избежание несчастных случаев должны строго соблюдаться общие правила содержания помещений на промышленных предприятиях, правила противопожарной техники, условия безопасности эксплуатации оборудо-

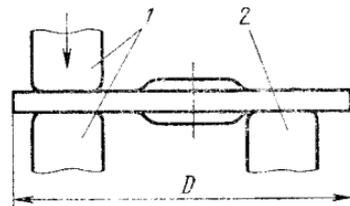


Рис. 96. Разгонка полотна диска на плоских бойках: 1 — бойки; 2 — подставка

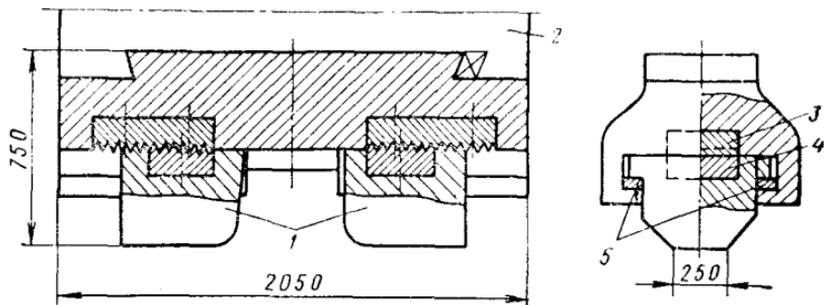


Рис. 97. Раздвижные бойки:

1 — бойки; 2 — основание бойков; 3 — верхний вкладыш; 4 — нижний вкладыш; 5 — планки, удаляемые при переналадке бойков

дования и выполнения работ, запрещающие, в частности, находиться под подвешенным грузом, работать на неисправном оборудовании, использовать неисправный инструмент и т. д. Все рабочие на участках должны иметь спецодежду (включая рукавицы и фартук), специальные головные уборы (каска) и обувь, предохраняющие от ушибов и ожогов при соприкосновении с горячими предметами и от облучения, а также иметь очки с бесколочными светлыми стеклами или со светофильтрами или вместо очков щитки-козырьки, укрепляемые на касках.

Безопасность работы на ковочных участках в значительной степени зависит от планировки оборудования, а также от состояния пола, чистоты и порядка на участке. Безопасность использования ковочного, нагревательного и подъемно-транспортного оборудования возможна лишь при строгом соблюдении правил его эксплуатации. Кузнечный инструмент не должен иметь надломов, трещин, искажения формы и других дефектов. Многие кузнечные инструменты во избежание поломки должны быть перед работой подогреты; бойки на молотах и прессах — тщательно закреплены, губки клещей тщательно подогнаны по удерживаемым ими предметам. Кольцо

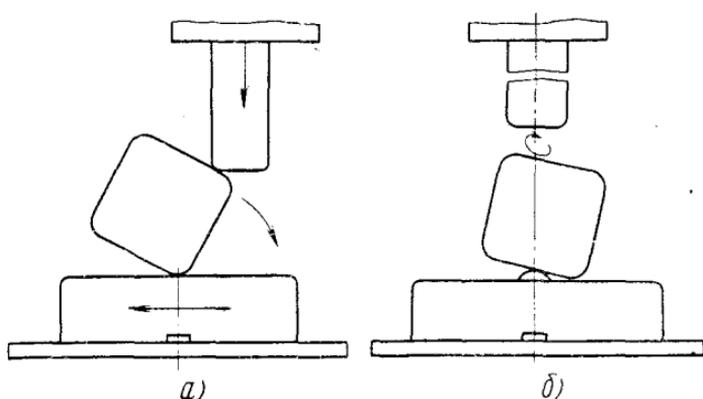


Рис. 98. Кантование кубика с передвижкой стола прессы

надо насаживать на ручки клещей с гарантией от самопроизвольного его соскальзывания. Также надежно должно быть удержание заготовок в патронах. Неустойчивость плит, люнетов и других опор совершенно не допускается. Весь инструмент должен быть сухим и чистым от масла, мазута и грязи. Во избежание разбрызгивания горячей воды работа на мокрых бойках не разрешается.

При применении кранов необходимо постоянно следить за тем, чтобы они не воспринимали дополнительных нагрузок от ударов или нажимов при ковке. Во избежание опрокидывания грузов следует при их подвешивании возможно точнее определять и располагать центр тяжести груза и следить за тем, чтобы подвешивание на цепь было в местах, с которых невозможно соскальзывание груза по цепи на более узкие места.

При использовании клещей, кувалд и других ручных инструментов необходимо строго соблюдать правила ручных приемов, исключая возможности вывиха рук, ударов и ушибов себя и окружающих. Категорически воспрещается класть руки на накопальню и бойки или брать руками находящиеся на них предметы, а также смахивать с них руками окалину.

Ковка при температуре ниже ковочных температур воспрещается, так как она, как и холодная отрубка, весьма опасна тем, что куски металла и инструмент могут при этом выскользнуть из-под бойков и отлететь с большой силой в сторону. Однако подобные случаи возможны также и при некоторых разрешенных приемах горячейковки и струбки. Поэтому, учитывая направление, в каком может отлететь опасный предмет, необходимо следить за тем, чтобы в опасной зоне при выполнении этих операций не находились люди.

При ковке на прессах не следует допускать ударов при накладывании верхнего бойка на поковку, желательно вести ковку, используя середину бойка и такие приемы, чтобы усилия, прилагаемые со стороны бойков, не могли привести к опрокидыванию заготовки, а также к перегрузке кранов и манипуляторов.

Во избежание несчастных случаев необходимо своевременно обучить всех членов кузнечной бригады и подобрать в нее людей соответствующей квалификации.

§ 5. КОВКА МАЛОПЛАСТИЧНОЙ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ И НЕЖЕЛЕЗНЫХ СПЛАВОВ

В отличие от конструкционной стали, ковка стали и сплавов с особыми физическими или химическими свойствами (жаростойкостью, коррозионностойкостью и т. д.), а также некоторых марок инструментальной, в том числе штамповой стали, представляет особые трудности. Известно, что указанные эксплуатационные свойства достигаются высоким и специальным легированием. К числу жаропрочных сплавов например, относятся стали — 12Х21Н5Т (ЭИ811), 12Х18Н10Т; к жаростойким — 08Х17Т (ЭИ645), 12Х18Н9Т; к коррозионностойким — 03Х16Н15МЗ (ЭИ844); к инструментальным сталям — Х12Ф1, Х12 и др. Повышение степени легирования приводит к изменению технологических свойств, а именно: понижается температура перегрева, повышается температура начала деформационного старения (выделения частиц нитридов и карбидов при охлаждении с высоких температур). Приходится уменьшать температурный интервалковки. Повышается сопротивление деформиро-

ванию и снижается пластичность при ковочных температурах. Проявляется склонность к значительному разогреву при ковке (из-за теплового эффекта деформации), к образованию разноразмерной структуры в результатековки термических трещин при нагреве и охлаждении и внутренних трещин и разрывов при ковке. Поэтому при ковке указанных сталей необходимо соблюдение дополнительных условий и применение особых приемов. Чтобы правильно построить процессковки того или иного труднодеформируемого сплава, нужно знать его специфические особенности и с учетом этого по мере необходимости использовать соответствующие средства. Ниже дано описание некоторых из них.

Например, слитки из труднодеформируемых сплавов подвергают после извлечения их из изложниц предварительному отжигу. Отжиг производят с целью: ослабления химической неоднородности, что весьма важно для флокеночувствительной стали; частичного разрушения хрупкой ледобуритной оболочки (смеси цементита с аустенитом), располагающейся по границам зерен первичной кристаллизации в сталях карбидного и аустенитного классов (быстрорежущей, хромовольфрамовой и др.); снятия остаточных напряжений, получаемых при затвердевании слитка и снижения твердости перед обдиркой поверхности.

При подготовке холодного (отожженного или неотожженного) слитка к ковке необходимо тщательно удалить с его поверхности наружные дефекты. Очистка не должна сопровождаться местным нагревом иногда даже таким, как при зачистке наждачными кругами, так как он приводит к образованию термических трещин. Поэтому при удалении наружных дефектов обычно прибегают к обдирке слитков на токарных станках. Во многих случаях токарная обдирка позволяет увеличить допустимые единичные обжатия при вытяжке слитка в 1,5—2 раза. В то же время риски от реза, остающиеся на ободранной поверхности, могут привести при осадке заготовки к образованию на ее поверхности поперечных складок (зажимов). В связи с этим, если наружные дефекты не приводят к разрушению материала при первичных операцияхковки, то обдирку производят после перековки слитка на круглое сечение. При круглом сечении легче выполнить токарную обдирку и, удалив таким образом поверхностные дефекты, обеспечить возможность при дальнейшей ковке, штамповке или другой горячей обработке давлением получать поковки с минимальными припусками на окончательную обработку резанием.

Заготовки из указанных сталей и сплавов иногда приходится подвергать промежуточному отжигам, выполняемым между отдельными операциямиковки, в частности перед обдиркой, если обдирку производят после перековки слитка на круглое сечение. Промежуточный отжиг применяют с той же целью, что и предварительный, а также для снятия остаточных напряжений, получаемых при ковке и последующем охлаждении.

Доставка в кузнцу только что отлитых слитков в горячем состоянии исключает предварительный отжиг. При этом важно не допустить охлаждения слитка до начала старения и тем самым уменьшить возможность образования трещин при охлаждении и последующем подогреве перед ковкой в связи с наличием в охлажденном слитке хрупких составляющих. По этой же причине при подаче заготовки на промежуточный отжиг не следует охлаждать ее до температуры старения.

При поставке горячих слитков обдирку производят обычно после перековки их на круглое сечение.

Нагрев под ковку. Нагрев осуществляют при строгом соблюдении режима. Особенно важно провести загрузку заготовки при определенной температуре печи, обеспечить минимальный температурный градиент в металле в течение всего нагрева, нагреть до заданной температуры с точностью до 10—15° С и обеспечить выдержку, достаточную для выравнивания температуры по всему сечению нагреваемой заготовки.

Готовые поковки подвергают неполному замедленному охлаждению одним из способов, описанных выше (см. гл. II, § 2), а затем — отжигу для последующей механической обработки.

Температурный интервалковки. Узкий температурный интервал труднодеформируемой стали и сплавов (обычно не более 100—150° С, а иногда всего около 50° С) обязывает обеспечить быструю передачу заготовки от печи к прессу (молоту) и широко применять замедлители охлаждения.

Кроме обычных замедлителей охлаждения, можно при осадке применять тепловые рубашки в виде бандажей и торцовых прокладок из мягкой стали (например,

из стали 40), нагреваемых до ковочной температуры одновременно с заготовкой и деформируемых вместе с ней.

Охлаждение заготовки инструментом уменьшается его подогревом. Ковочные бойки и плиты из стали типа 5ХНМ предварительно нагревают до 300—450° С, а из жаропрочной стали типа 37Х12Н8Г8МФБ (ЭИ481) до 700° С.

Склонность к разогреву, чреватому перегревом и даже пережогом, в сочетании с наибольшим температурным интерваломковки обязывает тщательно регулировать скорости деформации, величину единичных обжатий и продолжительность пауз между единичными обжатиями, используемых для подстуживания. При этом надо вести ковку в темпе, который обеспечивал бы некоторый разогрев, недопускающий перегрева и в то же время замедляющий охлаждение. Это позволяет уменьшить число необходимых подогревов. С учетом изложенного следует решать вопрос о выборе ковочного оборудования. Ковка на молоте приводит к более высокому, но и более неравномерному разогреву, чем на прессе. Высокое сопротивление деформированию труднодеформируемых сталей и сплавов значительно повышает усилия, потребные на деформацию, и столь же заметно уменьшает получаемые степени деформации, если используемое оборудование не имеет достаточной мощности. С увеличением сопротивления деформированию обрабатываемых сплавов резко снижается стойкость кузнечного инструмента. Кроме того, она снижается в результате высокого подогрева инструмента перед ковкой. Значительно увеличивается нагрузка и износ деталей кузнечных машин; учащаются случаи поломок наиболее нагруженных деталей. Все это также убеждает в предпочтительности использования не молотов, а прессов, но наиболее быстросходных.

Поковки из груднодеформируемых сплавов рекомендуется ковать из слитков минимальных размеров.

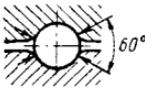
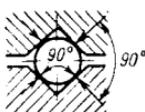
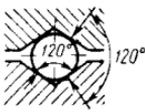
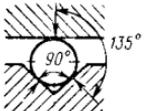
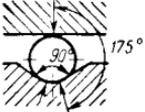
Ковка малопластичной стали и сплавов. Наибольшие трудности встречаются на первых операциях, когда исходной заготовкой является слиток. Ковка слитка приводит к более равномерному распределению хрупких и менее прочных составляющих сплава. Поэтому у деформированного металла пластичность становится значительно выше, чем у исходного литого металла, причем разница эта оказывается тем больше, чем большее количество вредных примесей содержит сплав. В соответствии с этим первые единичные обжатия слитка, чтобы не вызывать появления трещин (последние появляются в первую очередь по границам зерен), должны быть наименьшими и постепенно могут возрастать по мере превращения исходной литой структуры в деформированную.

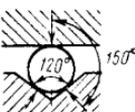
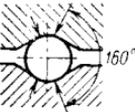
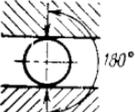
Вместе с превращением литой структуры в деформированную значительно увеличиваются допустимые скорости нагрева заготовок и охлаждения поковок, повышается температура перегрева иногда на 20 и даже на 40° С. Это дает возможность расширить температурный интервалковки.

Повышенная чувствительность труднодеформируемой стали и сплавов к возникновению растягивающих напряжений при деформации приводит к необходимости осуществлять осадку слитков на вогнутых сферических плитах, а протяжку на соответствующих вырезных бойках.

При биллетировке восьмигранного слитка необходимо наличие такого выреза, при котором можно было бы сразу обжимать не менее четырех-пяти граней. Практически это достигается, когда радиус выреза бойка (табл. 4) примерно равен радиусу окружности, описанной вокруг граней слитка на середине его длины. Очевидно, что требуемое условие может быть соблюдено лишь при незначительном обжатии слитка. Для дальнейшей протяжки бойки, используемые для обжима граней, должны быть заменены другими, т. е. с вырезом меньшего радиуса. Однако у многих высоколегированных сталей, имеющих весьма низкий запас пластичности в литом состоянии, даже незначительное обжатие слитка существенно повышает запас пластичности, и дальнейшая ковка слитка может быть выполнена уже при менее благоприятной схеме напряженного состояния. Поэтому во многих случаях после обжима слитка в вырезных радиусных бойках вполне допустима дальнейшая протяжка в ромбических бойках. Но протяжка на нижнем вырезном и верхнем плоском бойках для сплавов с пониженным запасом пластичности во избежание трещин в сердцевинной части слитка все же не рекомендуется. Чтобы избежать разрушения металла при переходе с круга на квадрат, используют ромбические бойки, при переходе с квадрата на круг — вырезные радиусные бойки или специальные обжимки.

Протяжные бойки

Форма ручья	Тип бойка	Уширение	Применение для металла с пластичностью	Характер деформации	Качество поверхности при одинаковых условиях деформации	Интенсивность протяжки при постоянном обжатии
	Радиусные, угол охвата 120°	Практически отсутствует	Весьма малой	Глубокое проникновение деформации и интенсивная вытяжка внутренних слоев заготовки	Весьма высокое	Весьма высокая
	Ромбические, угол выреза 90°	Незначительное	Недостаточной	То же	Пониженное	Высокая
	Ромбические, угол выреза 120°	Среднее	То же	Относительно равномерная деформация по всему сечению	То же	То же
	Нижний ромбический, угол выреза 90° ; верхний — плоский	»	Средней	Интенсивная деформация наружных слоев заготовки	»	Средняя
	Нижний радиусный, угол охвата 90° ; верхний — плоский	»	»	То же	Среднее	»

Форма ручки	Тип бойка	Уширение	Применение для металла с пластичностью	Характер деформации	Качество поверхности при одинаковых условиях деформации	Интенсивность протяжки при постоянном обжатии
	Нижний ромбический, угол выреза 120° ; верхний — плоский	Значительное	Достаточной	При малых обжатиях — интенсивная деформация наружных слоев заготовки; при увеличенных обжатиях — глубокая и равномерная деформация по всему сечению заготовки	Пониженное	Пониженная
	Радиусные, угол охвата 20°	Большое	Большой	То же	Высокое	Низкая
	Плоские	Предельно большое	То же	»	Весьма низкое	Весьма низкая

При выборе бойков можно использовать табл. 4. Эти бойки даны в таблице в последовательности от наиболее к наименее благоприятно создаваемым схемам напряженного состояния. При этом не следует забывать, что схема напряженного состояния при протяжке определяется не только формой выреза бойка, но и шириной бойков и величиной обжатия. Кроме того, следует учитывать, что если соответствующая форма выреза бойков в значительной степени препятствует образованию продольных трещин на заготовке, то применение бойков достаточной ширины в такой же степени препятствует образованию поперечных трещин.

Большие деформации за каждый обжим при ковке малопластичной стали и сплавов недопустимы главным образом из-за повышенной чувствительности их к неоднородности деформации. Это обязывает, в частности, снижать по возможности растягивающие напряжения в местах переходов от деформируемых к недеформируемым частям заготовки. Для этого, например, края вытяжных бойков должны быть достаточно скруглены; при ковке слитков радиус их закругления должен быть не менее 80—100 мм. Для более однородной деформации места перехода от деформированного к недеформированному участкам заготовки необходимо перекрывать бойками при каждом обжиме.

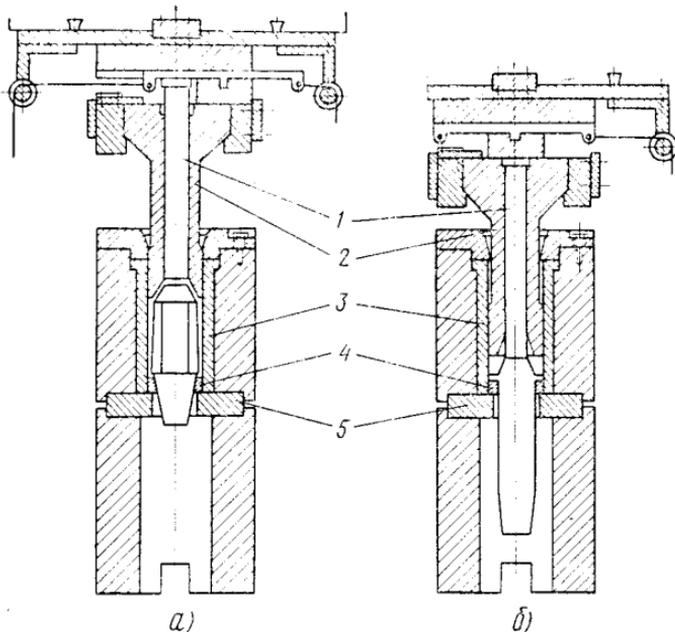


Рис. 99. Схема штампа для продавливания (выдавливания) стальных слитков:

а — положение перед продавливанием; б — положение в конце продавливания; 1 — втулочный пуансон; 2 — наружный пуансон; 3 — цилиндрический контейнер; 4 — матрица; 5 — опорная шайба

В отдельных случаях при повышенном содержании в сплавах элементов, снижающих его пластичность, когда никакая форма бойков не может обеспечить ковкость без разрушения материала, приходится прибегать к обработке слитков продавливанием (прессованием) в специальных штампах (рис. 99). Создаваемая при этом весьма благоприятная схема напряженного состояния (всестороннее неравномерное сжатие) повышает пластичность сплава и дает возможность первичной обработки слитка давлением. Продавливание производится при минимальных степенях деформации, однако достаточных, чтобы продавленный металл оказался способным подвергаться затем ковке приемами, обычными для малопластичных сплавов.

Кроме того, во избежание получения дефектов при ковке применяется беллитировка, т. е. предварительная уковка слитков с небольшими обжатиями, при уковке $\sim 1,2$.

Хотя осадка всегда производительнее протяжки, однако малые обжимы при обычной осадке делают эту операцию при ковке малопластичных сплавов также весьма продолжительной. При этом со стороны контактных поверхностей наблюдается значительное охлаждение заготовки, и в зонах затрудненной деформации даже после 4—5-кратного уменьшения высоты можно обнаружить совсем недеформированную структуру. Уменьшение, а иногда полное устранение зон затрудненной деформации может быть достигнуто: применением горячих прокладок из мягких металлов, имеющих температуруковки, одинаковую с обрабатываемым сплавом; осадкой дисков стопками с поворачиванием их разными торцами друг к другу; осадкой цилиндрических заготовок в обоймах из мягкой стали; подогревом осадочных плит; применением бойков с чистой гладкой поверхностью, а также конических бойков; применением эффективной смазки бойков.

Прокладки целесообразнее применять перед последними операциямиковки (на последних выносах) при отношении диаметра заготовки D к ее высоте H не менее 1,5—2,0. При $D/H = 1,5 \div 3,0$ прокладка должна быть толщиной $(0,07 \div 0,1) H$, при $D/H = 3 \div 5$ — толщиной $(0,1 \div 0,12) H$, но не менее 20—30 мм. Прокладки при осадке значительно деформируются. Поэтому осадку с ними выполняют не до конца. Затем прокладки удаляют и при окончательной осадке происходит выравнивание торцов заготовки.

При стопочной осадке исходные заготовки устанавливают друг на друга и осаживают на плоских бойках. В случае применения двух заготовок сначала их осаживают на некоторую долю общего потребного обжатия. В результате этого стыковые торцы попадают в зону интенсивной деформации. Материал, оказавшийся в зонах

контакта с бойками, подвергается интенсивной деформации при следующем осаживании. Перед этим полуобжимке заготовки перекладывают так, чтобы их стыковые торцы оказались в контакте с бойками, а контактные торцы — стыковыми в центре стойки. В результате второго осаживания достигается полная проработка металла в приконтактных зонах затрудненной деформации, более однородная деформация по высоте и значительно меньшая бочкообразность, чем при обычной осадке. Наилучший результат наблюдается, когда после второго осаживания все торцы заготовок получаются одного размера. Для этого при первом осаживании исходную заготовку осаживают до высоты

$$h_1 = \frac{4h_0}{\left(1 + \sqrt{\frac{h_0}{h_2}}\right)^2},$$

где h_0 и h_2 — соответственно высота заготовки исходной и окончательная, т. е. получаемая после второго осаживания.

При осадке высоколегированной стали следует в качестве смазки применять сухой порошкообразный графит или густую графитовую пасту, в том числе на основе стекла, и пропитанные графитом асбестовые листы.

У сталей аустенитного и ферритного классов имеется еще одна особенность, требующая особого внимания при ковке. Эта сталь не претерпевает фазовых превращений при последующей термообработке и поэтому величина зерен в готовом изделии сохраняется такой, какой получается при ковке, и если не считать процессов окончания рекристаллизации, не завершенных при ковке, то величина зерен при последующем высоком нагреве (например, при термической обработке) может лишь увеличиться. В то же время известно, что величина зерна и разнородность оказывают значительное влияние на показатели механических, жаропрочных и других свойств сплава. Поэтому при ковке стали этих классов желательнее получение равномерной мелкозернистой структуры.

Как известно, конечная величина зерна в ковке определяется степенью деформации при последнем обжатии. Чтобы получить мелкое зерно, надо прежде всего, воспользовавшись диаграммой рекристаллизации обработки данного сплава, определить критическую степень деформации, соответствующую наибольшему росту зерен при температурековки, и построить процессковки так, чтобы завершающие обжатия можно было осуществить со степенями деформации, превышающими критическую. Чтобы избежать при этом разнородности, необходимо по возможности обеспечить однородность деформации. Обеспечить это с помощью известных приемов легче при ковке поковок простой формы и труднее — сложной. В отдельных случаях при ковке стали этих классов для получения в готовом изделии наиболее равномерной структуры может оказаться целесообразной ковка поковки упрощенной формы с большими напусками, а окончательную форму получить путем последующей обработки резанием.

Ковка нежелезных сплавов. Ковка таких сплавов, в том числе легких, также имеет свои особенности. Из них наиболее характерны следующие.

У большинства нежелезных сплавов весьма небольшие температурные интервалыковки. Поэтому, например, алюминиевые и медные сплавы нагревают преимущественно в электропечах, причем последние для магниевых сплавов во избежание их сгорания являются совершенно необходимыми.

Повышенная чувствительность нежелезных сплавов к скорости деформирования ограничивает применение ковочных молотов. Поэтому, например, некоторые медные и почти все магниевые сплавы куют только на гидравлических прессах.

Легкие сплавы обладают значительно меньшим, чем сталь, сопротивлением деформированию. Многие цветные сплавы (например, медь, олово и свинец) имеют очень большой запас пластичности. В то же время в числе легких и других нежелезных сплавов имеются труднодеформируемые. К ним относятся, например, титановые и большинство никелевых сплавов. При этом трудности, наблюдаемые при ковке многих из них, и среднего, обеспечивающего хороший результат, в основном аналогичны тем, какие встречаются и применяются при ковке труднодеформируемой стали. Однако, чтобы правильно использовать эти средства при ковке того или иного сплава, необходимо предварительно изучить его специфические особенности и технологические свойства.

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКЕ

При объемной штамповке, в отличие отковки, поковку требуемой формы и размеров изготавливают с помощью специальных инструментов — штампов. Формообразование поковки происходит в полостях штампа, называемых ручьями. Каждый штамп состоит не менее чем из двух частей. Обрабатываемая заготовка закладывается в ручей, когда штамп разомкнут. Затем под действием рабочих частей машины-орудия, на которой установлен штамп, последний смыкается. При этом металл заготовки, деформируясь, заполняет ручей и, таким образом, заготовка принимает требуемую форму, а затем ее извлекают из ручья при следующем размыкании штампа. Штамповку осуществляют на штамповочном оборудовании — штамповочных молотах, прессах и других машинах. Кроме того, в мелкосерийном производстве могут быть также использованы ковочные молоты и прессы. Объемной штамповкой получают поковки разнообразной формы массой от нескольких граммов до 1 т и более.

Применяют горячую и холодную объемную штамповку. Горячая объемная штамповка находит более широкое применение, чем холодная. Распространению холодной объемной штамповки препятствуют необходимость в машинах очень большой мощности, низкая стойкость штампов и недостаточная пластичность многих сталей и сплавов в холодном состоянии, успешно обрабатываемых в горячем состоянии.

Для объемной штамповки имеется два основных вида ручьев — открытый и закрытый. Штампы с открытыми и закрытыми штамповочными ручьями иногда называют соответственно открытыми и закрытыми штампами.

У открытых ручьев зазор между верхней и нижней частями штампа (рис. 100, *а* — *д*) является переменным и уменьшающимся в процессе деформирования заготовки. У закрытых ручьев небольшой зазор между частями штампа (рис. 100, *ж* — *к*), обеспечивающий их взаимную подвижность, в процессе деформирования заготовки остается постоянным.

Процесс заполнения штамповочных ручьев происходит в несколько стадий (в две, три или четыре) в зависимости от формы ручья (поковки), заготовки и соотношения их размеров.

Например, при четырехстадийном процессе штамповки для первой стадии (рис. 100, *а* — *б* и *е*, *ж*) характерна отно-

сительные свободная деформация заготовки. Это может быть свободная осадка, свободная прошивка, свободное вдавливание, изгиб и т. д. или их комбинации.

В течение первой стадии заготовка принимает более сложную форму, при этом увеличивается контактная поверхность заготовки и штампа, вместе с тем возрастает усилие деформации. Первая стадия заканчивается, когда металл заготовки достигнет наружных стенок штампа и упрется в них (рис. 100, б, ж). Наступает вторая стадия (рис. 100, в, з и ж, з). Металл начинает течь главным образом в глубину ручья, происходит вдавливание металла в полость ручья, причем в открытых ручьях (рис. 100, в) одновременно часть металла вытекает в разъем, т. е. образуется так называемый заусенец, который подлежит после штамповки удалению обрезкой. Боковое давление, создаваемое наружными стенками и заусенцем, увеличивает усилие деформации. Вторая стадия заканчивается, когда металл

достигает донных поверхностей ручья и упирается в них (рис. 100, в, з). В связи с этим характер деформирования изменяется еще раз. Усилие деформации возрастает еще более интенсивно. Остаются незаполненными лишь места у переходов от донных к боковым поверхностям ручья.

Третьей стадией процесса штамповки (рис. 100, в, г и з, и) заканчивается заполнение всего ручья (рис. 100, г и и).

Четвертая стадия заключается в доштамповке заготовки по высоте. При этом в открытом ручье (рис. 100, г, д) избыточный объем заготовки вытекает в заусенец, а в закрытом ручье (рис. 100, и, к) — в предусмотренное для этого отверстие, образуя отросток. Если

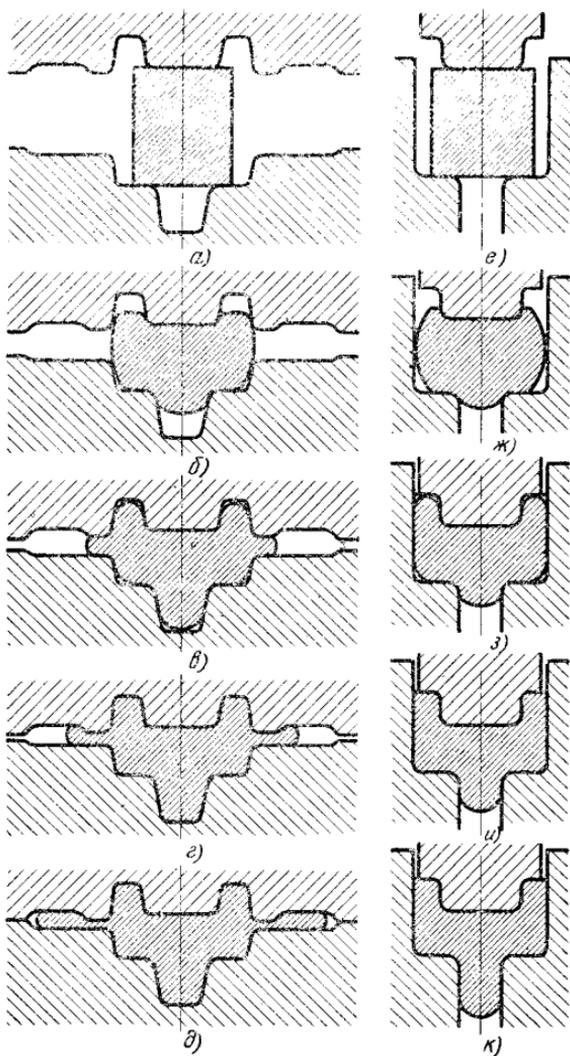


Рис. 100. Стадии штамповки:

а—д — в открытом и е—к — в закрытом штамповочных ручьях

такой отросток не предусмотрен в чертеже готовой поковки, то он называется компенсатором. Отметим, что поскольку этот отросток-компенсатор получается путем выдавливания металла через отверстие из замкнутой полости, то процесс его образования называется выдавливанием.

В открытом ручье в течение всей четвертой стадии усилие штамповки продолжает резко возрастать. В закрытом ручье возрастание усилия к концу третьей стадии обычно прекращается и образование отростка протекает при постоянном усилии или при дальнейшем, но уже не столь значительном его увеличении, а иногда и при незначительном его уменьшении.

Конец четвертой стадии (рис. 100, д и к) фиксируется ограничителем рабочего хода, предусмотренным в штампе или в самом механизме машины.

При отсутствии компенсационного отверстия (или другого компенсационного устройства) деформация заготовки после заполнения закрытого ручья становится невозможной и всякая попытка дальнейшей штамповки в таком ручье после завершения третьей стадии процесса приводит к перегрузке оборудования (например, кривошипного пресса) и к перегрузке штампа (например, при штамповке на молоте).

Образования заусенца при штамповке в закрытых ручьях не предусматривают. Поэтому такую штамповку называют также безотходной. При штамповке в открытых ручьях, наоборот, предусматривается избыточный объем заготовки. Этот объем и образует заусенец, вытекающий в специально предусмотренную для него заусенечную канавку. Роль заусенца — двойственна. С одной стороны, он представляет собой наибольшую часть отходов металла при объемной штамповке. С другой стороны (причем в подавляющем большинстве случаев), он необходим при заполнении открытых ручьев, так как обеспечивает возможность штамповки этим способом. Как было показано выше (рис. 100, г, д), при смыкании открытого штампа часть деформируемого металла вытекает в заусенечную канавку раньше, чем весь ручей заполнится металлом. По мере смыкания штампа заусенец становится тоньше, сопротивление истечению в заусенечную канавку увеличивается, металл больше начинает течь в труднозаполняемые и поэтому незаполненные еще части ручья. При дальнейшей деформации заготовки подпор, создаваемый заусенцем, становится достаточным для полного заполнения ручья.

Объем штампуемых заготовок колеблется в связи с допусками на размеры сечения прутка и допусками на длину заготовки, а также по другим причинам. Изменяется и объем ручья по мере его износа. Поэтому, чтобы не допустить брака поковок из-за недостатка металла, необходимо иметь в заготовке некоторый минимальный избыточный объем, который, как было показано выше, вытесняется из ручья в заусенец. При этом заусенечная канавка в открытых ручьях оказывается необходимой для его размещения. Такую же роль выполняет компенсационное отверстие в закрытых ручьях. При отсутствии компенсационного отверстия избыточный объем остается в ручье.

и поковка получается недоштампованной на соответствующую величину. При наличии компенсационного отверстия этот объем идет на образование компенсатора.

Поскольку заусенец является весьма нежелательным отходом и вызывает дополнительные операции по его отделению, то штамповка в закрытых ручьях имеет перед штамповкой в открытых ручьях определенные преимущества. Однако выбор вида штамповочного ручья зависит также от ряда других факторов, в частности от последовательности заполнения ручья. Как будет показано ниже, применение закрытых ручьев предпочтительнее, когда выход металла заготовки к разъему штампа происходит по времени ближе к последней стадии процесса штамповки, когда металл заготовки пришел в соприкосновение со всеми боковыми и донными поверхностями ручья и остались незаполненными лишь места у переходов от донных к боковым поверхностям ручья.

В противном случае предпочтительнее применять открытые ручьи.

Последовательность заполнения ручья во многом определяется формой ручья (формой поковки). Возьмем, например, поковку 1 (рис. 101, а), имеющую вид усеченного конуса. При штамповке ее в открытом ручье путем осадки в торец цилиндрической заготовки 2, очевидно, что в последнюю очередь заполняется часть ручья, непосредственно прилегающая к разъему; заусенец образуется уже после заполнения всего ручья и никакого влияния на его заполнение не оказывает. В этом случае поковку предпочтительнее штамповать в закрытом ручье.

В аналогичных случаях штамповки осесимметричных круглых в плане поковок, но с более сложной формой осевого сечения (см., например, рис. 101, б), последовательность заполнения ручья зависит от степени сложности формы этого сечения и соотношения его размеров. В одних случаях, как и в предыдущем, выход металла к разъему происходит после заполнения всего ручья, и предпочтительнее применение закрытых ручьев. В других случаях выход металла к разъему опережает заполнение отдельных наиболее трудно заполняемых участков ручья. Тогда заполнение их может сопровождаться затеканием металла в зазор по разъему закрытого ручья и образованием так называемого торцового заусенца 3, сперва небольшого, но быстро изнашивающего штамп, а затем увеличивающегося по мере его износа. При этом степень износа штампа и величина торцового заусенца в значительной степени зависят от того, насколько выход металла к разъему опережает окончание заполнения ручья. Повышенный износ штампов и трудность удаления торцовых заусенцев с готовых поковок вынуждает в таких случаях давать предпочтение открытым ручьям, особенно в условиях се-

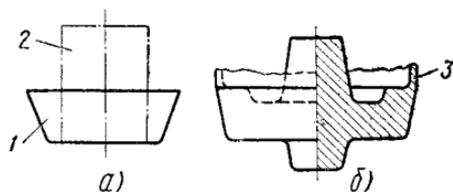


Рис. 101. Две осесимметричных круглых в плане поковки

рийного и массового производства поковок, где необходимы высокие стойкость штампов и производительность на всех операциях, включая отделение заусенца.

Во избежание торцового заусенца при штамповке в закрытых ручьях необходимо также, чтобы металл заготовки выходил ко всему разьему почти одновременно. Легче всего это обеспечить при штамповке осесимметричных круглых в плане поковок. Но уже при штамповке квадратной в плане поковки путем осадки в торец цилиндрической заготовки или даже заготовки квадратного сечения металл достигает боковых поверхностей ручья не одновременно. В углы он затекает в последнюю очередь. А у средней части боковых сторон к этому моменту уже образуется торцовый заусенец. В этом случае для одновременного выхода металла заготовки к разьему необходимо применить осаживаемую заготовку не круглого и не квадратного сечения, а более сложной формы. Заметим, что чем сложнее форма некруглой в плане поковки, тем труднее подобрать для нее заготовку, обеспечивающую одновременный выход ее металла к разьему штампа.

Исходным материалом для объемной штамповки является главным образом прутковый металл преимущественно круглого сечения, нарезанный на заготовки. Из такой заготовки обычно нельзя получить поковку сложной формы в одном ручье. Необходимо предварительно придать заготовке более сложную фасонную форму. Фасонную заготовку можно получить либо путем изготовления периодического профиля прокаткой, либо ковкой, а также литьем. Однако основным способом получения фасонных заготовок является постепенное изменение формы исходной заготовки обработкой ее в одном или последовательно в нескольких заготовительных ручьях. Подготовленная таким образом заготовка подвергается дальнейшей обработке в штамповочных ручьях.

Заготовительные ручьи, таким образом, служат для перераспределения металла исходной заготовки в соответствии с распределением его объемов в поковке с целью облегчить заполнение штамповочных ручьев и получить поковку с наименьшим отходом или вовсе без отхода металла.

Заготовительные ручьи, в свою очередь, подразделяют на открытые и закрытые. К открытым (рис. 102, а) относятся различные площадки для осадки, протяжные и другие ручьи, у которых боковые стенки не препятствуют свободному течению металла. Открытые заготовительные ручьи проще и дешевле в изготовлении. В закрытых заготовительных ручьях (рис. 102, б) течению металла в требуемых направлениях способствует ограничение свободного течения металла, создаваемое боковыми стенками ручья. Таким образом, термины «открытый ручей» и «закрытый ручей» по отношению к заготовительным ручьям применяют совершенно в ином смысле, чем к штамповочным ручьям.

В отличие от штамповочных ручьев при обработке в заготовительных ручьях всегда должно быть некоторое незаполнение их металлом заготовки. В противном случае очень трудно избежать

вытекания металла в месте соприкосновения частей штампа при его смыкании. При этом вытекающий металл способствует образованию заусенца на теле заготовки, препятствующего смыканию штампа, при обработке в следующем ручье этот заусенец непременно оказывается заштампованным в тело заготовки, что совершенно недопустимо.

Как решается вопрос о выборе вида того или иного из штамповочных и заготовительных ручьев и какие средства следует применять, чтобы уменьшить заусенец, уменьшить или устранить торцовый заусенец при штамповке на том или ином оборудовании, указано в соответствующих главах книги.

Для поковок, получаемых штамповкой в одном ручье, используют одноручьевой штамп. Для поковок, изготавливаемых последовательной обработкой в нескольких ручьях, применяют или многоручьевой штамп, или несколько отдельных штампов, причем каждый из них, в свою очередь, может быть одноручьевым или многоручьевым. Обработка в каждом ручье соответствует одному переходу штамповки.

В зависимости от сложности формы поковок и организации их производства штамповку выполняют за одну или несколько операций, причем каждая операция штамповки может состоять из одного или нескольких переходов. При горячей штамповке в операцию, как законченную часть технологического процесса, обычно включают все переходы объемной штамповки, совершаемые за один нагрев, независимо от количества используемых при этом кузнечных машин. При холодной штамповке в отдельную операцию входят только переходы, выполняемые на одной машине. Если же на той или иной машине, кроме переходов горячей или холодной объемной штамповки, совершают также другие штамповочные операции (например, обрезку заусенца, пробивку отверстий, правку и т. д.), то эти операции не считают отдельными, а включают их в операцию штамповки как ее переходы.

§ 2. ОСОБЕННОСТИ ШТАМПОВКИ НА МОЛОТАХ

Штамповка на молотах до последнего времени остается наиболее широко применяемым способом горячей объемной штамповки. Для нее используют главным образом паровоздушные штамповочные молоты двойного действия с педальным полуавтоматическим управлением, позволяющим регулировать скорость бабы и энергию ее удара в довольно больших пределах. Большая маневренность бабы молота при больших ее скоростях позволяет штамповать на молоте с весьма высокой производительностью. Однако работа на нем трудна и утомительна, требует от штамповщика предварительного обучения, большой физической силы, ловкости и выносливости.

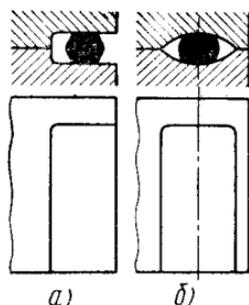


Рис. 102. Заготовки в открытом (а) и закрытом (б) заготовительных ручьях

Масса падающих частей паровоздушных штамповочных молотов двойного действия 0,63—25 т, энергия удара 16—630 кДж (1600—63 000 кгс·м)¹. Основные параметры и размеры отечественных молотов указаны в ГОСТ 7024—65.

Паровоздушные штамповочные молоты простого действия имеют значительно меньшее распространение из-за более низкой производительности. Энергия их удара на 35—40% меньше энергии удара молотов двойного действия с той же массой падающих частей, энергию регулируют изменением высоты подъема падающих частей.

Довольно широко распространены фрикционные штамповочные молоты с доской с массой падающих частей 0,5—3 и очень редко до 3,5—5 т. К недостаткам этих молотов, за исключением последних моделей, относится отсутствие регулирования подъема бабы во время работы.

Эксплуатация паровоздушных штамповочных молотов двойного действия с массой падающих частей более 16 т связана с большими трудностями, опасными поломками их деталей и т. д. Поэтому штамповка крупных изделий предпочтительнее либо на мощных гидравлических прессах, либо на паровоздушных бесшаботных молотах с энергией удара 400—1000 кДж (40—100 тс·м), эквивалентных обычным молотам двойного действия с массой падающих частей 16—40 т. В последние годы за границей изготовлены бесшаботные молоты с энергией удара до 1400 кДж для штамповки поковок массой более 2 т. Штамповка на бесшаботных молотах менее производительна, чем на обычных молотах. Кроме того, ввиду подвижности обеих частей штампа многоручьева штамповка на них либо затруднена, либо вовсе невозможна. Эти недостатки ограничивают применение более легких бесшаботных молотов вместо молотов с шаботами.

Штамповку можно производить не только на штамповочных, но и на ковочных молотах. Однако у ковочных молотов относительно большие сдвиги бойков при ударах исключают возможность установки на них обычных штампов вместо бойков. Поэтому на них штампуют только в подкладных штампах. В нижнюю часть штампов, закрепляемую на шаботе или чаше просто устанавливаемую на плоский боек, обычно запрессовывают два направляющих штыря (см. гл. V, § 6); в верхней части делают два соответствующих отверстия под эти штыри. Заготовку закладывают в нижнюю часть штампа. Затем верхнюю часть штампа отверстиями накладывают на штыри нижней части и ударами по ней верхним плоским бойком молота осуществляют штамповку. При этом направляющие штыри и отверстия под них обеспечивают совпадение фигур ручья в верхней и нижней частях штампа. В связи с этим штампы на ковочных

¹ Так как верхняя часть штампа входит в общую массу падающих частей молота, то в связи с применением штампов неодинаковой массы фактическая масса падающих частей может значительно отличаться от номинальной. У всех отечественных и некоторых зарубежных молотов фактическая масса совпадает с номинальной, когда масса верхнего штампа составляет 10% от номинальной массы падающих частей.

Устройство, крепление и область применения молотовых штампов

Вид штампа	Подкладной	Одноручьевой	Многоручьевой для полной обработки заготовок из сортового проката	Одноручьевой или многоручьевой для обработки фасонных заготовок
Тип молота	Штамповочный			
Способ крепления штампа на молоте	Ковочный	Клином и шпошкой	Парьями клиньями без шполок	Клином и шпошкой
Конструкции штампа	Цельноблочный		Цельноблочный или со штамповальными ручьями на вставках	
	Механическая обработка	Штамповка казенниками	Механическая обработка	
Вид заготовки под штамповку	Кованая, литая или из сортового проката	Из сортового проката	Из периодического проката или фасонная после предварительной штамповки сортового проката	
Область применения	Мелкосерийное производствопоков	Среднесерийное производствопоков	Средне- и крупносерийное производствопоков	Массовое производствопоков

молотах бывают только одноручьевые, а на штамповочных молотах — одноручьевые и многоручьевые.

При изготовлении поковок сложной конфигурации можно использовать молоты в комбинации друг с другом и с другими видами кузнечных машин.

Ударный характер работы молота предопределяет способ очистки заготовок от окалины, характер заполняемости штамповочных ручьев и устройство молотовых штампов.

При ударах окалина легко сбивается с поверхности заготовки и обычно сдувается со штампа струей воздуха; в результате поверхность поковки получается чистой, покрытой лишь окалиной, образовавшейся после штамповки.

Высокая скорость бабы в момент удара (6—7,5 м/с) является причиной того, что деформируемый металл течет вверх более интенсивно, чем вниз, и поэтому легче заполняет полость в верхней части штампа, чем в нижней. Этому явлению способствует ряд факторов, в частности локальный разогрев верхних частей заготовки, непосредственно деформируемых верхней частью штампа, вследствие теплового эффекта удара. При этом скорость распространения пластической деформации соизмерима со скоростью движения бабы молота. В то же время штампуемая заготовка, дольше соприкасаясь с нижней частью штампа, больше остывает снизу. Поэтому ее нижнюю часть деформировать труднее. В связи с этим труднозаполняемые части ручья (тонкие и глубокие полости и т. п.) располагают обычно в верхней части штампа. Их не следует располагать в нижней части штампа также и потому, что тогда из них трудно удалять окалину, осыпающуюся при штамповке.

Ударный характер работы молота приводит к необходимости изготавливать молотовые штампы цельноблочными или со вставками, причем вставки могут быть только с горячей посадкой или с креплением клиньями. Крепление же самих штампов на молоте возможно только клиньями на «ласточкиных хвостах».

Вид штампа и тип его конструкции устанавливают с учетом типа производства, вида заготовок под штамповку и способа обработки штамповочных ручьев при изготовлении штампа (табл. 5).

§ 3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОКОВОК И ВИДЫ ШТАМПОВОЧНЫХ РУЧЬЕВ

Классификация поковок

Поковки, изготавливаемые штамповкой на молотах, по конфигурации (при всем их разнообразии) могут быть отнесены к двум основным группам: 1) круглым и квадратным в плоскости разреза или близким к ним и 2) удлиненным в плоскости разреза. Последние могут быть с прямой или изогнутой в плоскости разреза осью и могут иметь отростки и развилины, расположенные также в плоскости разреза. Кроме относящихся к двум основным группам, имеются также поковки промежуточной и смешанной конфигурации.

В первую основную группу входят поковки зубчатых колес, дисков, фланцев, втулок, ступиц, чашек и т. п. Ко второй группе — удлиненным с прямой осью относятся валы, прямые рычаги и балки и т. п.; к удлиненным с изогнутой осью — изогнутые рычаги, кривошипы, коленчатые валы и т. п.; к поковкам с отростками — прямые и изогнутые рычаги, имеющие один или несколько отростков у средней по длине части рычага; к поковкам с развилинами — всевозможные вилки, шатуны без крышек и другие детали с развилинами на концах. К поковкам промежуточной конфигурации относятся, например, удлиненные, но при малом отношении длины к ширине; к поковкам смешанной конфигурации — например, круглые в плоскости разъема, но имеющие, кроме того, отросток в виде стержня, расположенный также в плоскости разъема.

Так как молотовый штамп может состоять только из двух частей, то сквозные отверстия в поковках могут быть получены лишь в направлении, перпендикулярном к плоскости разъема. Для этого в молотовых штампах делают наметки этих отверстий с одной или обеих сторон поковки и оставляют перемычки, удаляемые затем прошивкой на обрезных прессах.

В молотовых штампах применяют следующие основные виды ручьев.

1. Штамповочные: окончательный; предварительный и заготовительно-предварительный.

2. Заготовительные: формовочный; гибочный; пережимной; подкатной; протяжной и площадка для осадки или разгонки.

3. Отрубной (нож).

Заготовительные и штамповочные ручки бывают открытые и закрытые. Обработка в каждом ручье выполняется, как правило, за несколько последовательных ударов, причем при слабых ударах соударению частей штампа препятствует штампуемый металл. При сильных ударах штампы во избежание их поломки так же не доводят до соударения. Величина недоштамповки при этом в значительной мере зависит от мастерства штамповщика.

Штамповочные ручки

Открытый окончательный (чистовой) ручей (рис. 103, а). Такой ручей служит для получения готовой поковки с заусенцем и представляет собой точный оттиск фигуры горячей поковки с расположенной вокруг него заусенечной канавкой. В открытых окончательных ручьях получают поковки самых разнообразных форм. Заусенец после штамповки удаляют обрезкой на обрезном прессе. Поковки, получаемые в закрытых окончательных ручьях, бывают преимущественно осесимметричные круглые в плоскости разъема. Ручей делают без компенсатора. Во избежание брака поковок из-за недостатка металла исходная заготовка должна иметь некоторый избыточный объем. Поэтому при доштамповке поковок по высоте верхняя и нижняя части штампа непосредственно не соударяются, а при заполненном закрытом ручье стенки его работают враспор, вследствие

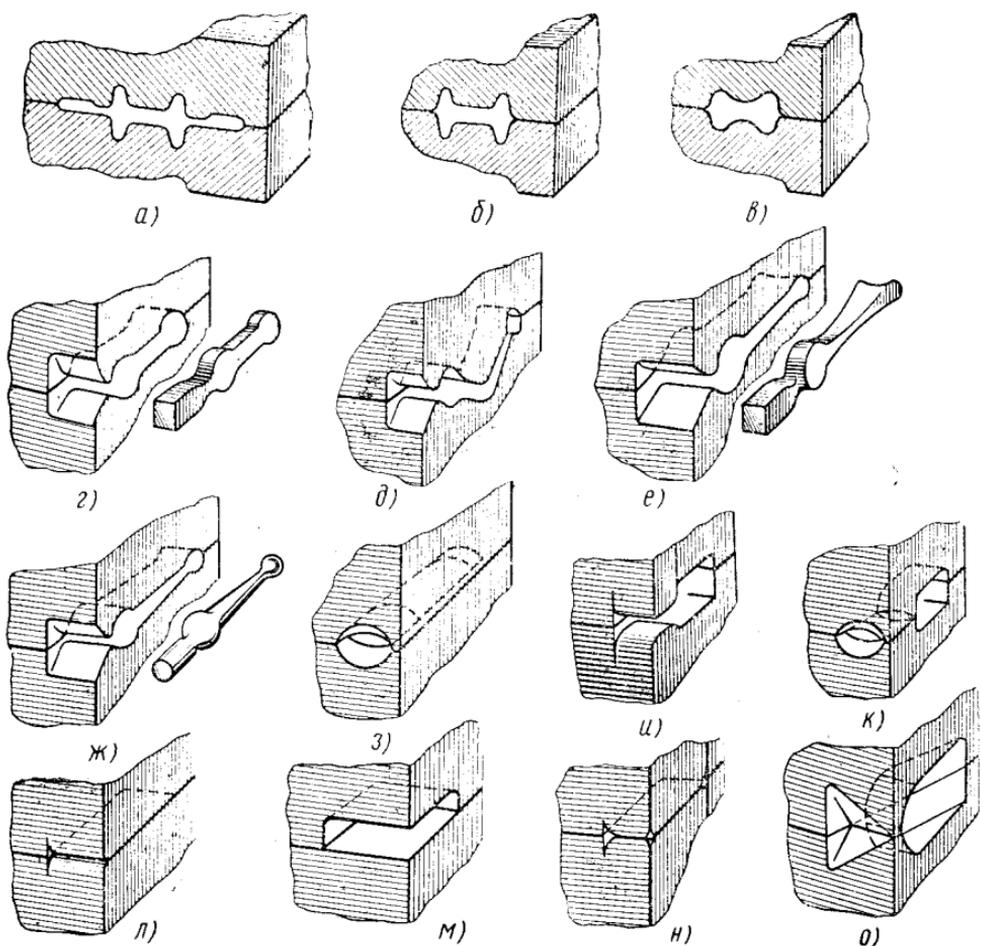


Рис. 103. Виды ручьев молотовых штампов

чего стойкость молотовых штампов с закрытым ручьем в 2—3 раза ниже, чем с открытым ручьем. При соответствующей массе падающих частей молота и удовлетворительной предварительной подготовке заготовок в окончательных ручьях наносят обычно от двух до четырех ударов.

Предварительный (черновой) ручей (рис. 103, б). Последний служит главным образом для уменьшения износа открытого окончательного ручья за счет осуществления в предварительном ручье значительной части деформации для придания заготовке формы, весьма близкой к окончательной. Обычно предварительный ручей отличается от окончательного только отсутствием заусенечной канавки, более плавными закруглениями кромок фигуры, а иногда также несколько большими штамповочными уклонами. При отсутствии заусенечной канавки заусенец, образуемый во время штамповки в открытом предварительном ручье, вытекает непосредственно

на поверхность разъема штампа. Из-за этого части штампа не соударяются, поковка получается недоштампованной по высоте и доштамповывается затем в окончательном ручье. Ударов в предварительном ручье обычно требуется в 1,5—2 раза больше, чем в окончательном.

Заготовительно-предварительный ручей (рис. 103, в) применяют взамен предварительного при штамповке поковок сложной формы, получение которых в предварительном или окончательном ручьях даже после обработки заготовки в заготовительных ручьях было бы трудно или невозможно совсем. Форма этого ручья в наиболее трудно заполняемых местах существенно отличается от формы предварительного.

Заготовительные ручьи

Формовочный, гибочный, пережимной, подкатной и протяжной заготовительные ручьи применяют при штамповке поковок, удлиненных в плоскости разъема.

При обработке фасонных заготовок в многоручьевом штампе не применяют протяжного, подкатного и других ручьев, которые необходимы для обработки заготовок непосредственно из сортового проката.

Формовочный ручей (рис. 103, а) служит для придания заготовке формы, соответствующей форме поковки в плоскости разъема, если при этом не требуется ни больших изменений площадей поперечных сечений заготовки, ни значительных перемещений металла вдоль ее оси. В формовочном ручье наносят, как правило, один, реже два-три удара, но без кантовки заготовки. В ручей заготовка чаще всего поступает исходная, реже — после обработки в протяжном ручье и крайне редко — после осадки или разгонки. Вследующий за формовочным штамповочный ручей заготовку переносят с кантовкой на 90° вокруг оси.

Гибочный ручей (рис. 103, б). При штамповке поковок с изогнутой осью гибку заготовок осуществляют в гибочном или штамповочном ручье в зависимости от расположения изогнутой оси поковки относительно плоскости разъема. Если ось поковки изогнута в двух плоскостях, гибку производят последовательно сперва в гибочном, затем в штамповочном ручье. Гибочный ручей служит для гибки заготовки в целях придания ей формы, соответствующей форме поковки в плоскости разъема. Обработка в гибочном ручье аналогична обработке в формовочном ручье. При гибке наносят один, реже два-три удара, также без кантовки. В ручей заготовка поступает исходная или после обработки в подкатном и протяжном ручьях. В следующий штамповочный ручей заготовку переносят с кантовкой на 90° .

Пережимной ручей (рис. 103, в). Такой ручей служит для неравномерного по длине уширения заготовки и незначительного перераспределения металла вдоль оси, причем достигается получение некоторой фасонной формы не только в продольном, но иногда и в от-

дельных поперечных сечений заготовки. В ручье наносят от одного до трех ударов без кантовки заготовки. В ручей заготовка чаще поступает исходная, реже — после обработки в протяжном ручье. В следующий за пережимным штамповочный ручей заготовку переносят без кантовки вокруг оси.

Подкатной ручей. Он служит для значительного увеличения одних поперечных сечений заготовки за счет уменьшения других и распределения объема материала вдоль оси заготовки в соответствии с распределением его в поковке. При обработке в ручье требуется не менее двух (максимум до восьми) ударов, причем после каждого удара заготовку кантуют на 90° вокруг оси. Для менее интенсивной подкатки применяют ручьи открытые (рис. 103, ж), а для более интенсивной — закрытые (рис. 103, з). В подкатной ручей заготовка поступает исходная или после обработки в протяжном ручье. После подкатки заготовку переносят либо в гибочный, либо непосредственно в штамповочный ручей.

Протяжной ручей. Такой ручей служит для протяжки отдельных участков заготовки. Протяжку в нем выполняют как при ковке на узких бойках ковочного молота. Обычно применяют ручьи открытые (рис. 103, и), но для более интенсивной протяжки, а также для обкатки на круглое сечение — закрытые (рис. 103, к) по типу выреза в ковочных обжимках. В протяжной ручей заготовка поступает только исходная. Далее она может быть перенесена в любой из указанных выше ручьев. Для оттяжки короткого конца используют площадку для оттяжки (рис. 103, л).

Площадка для осадки. Существует плоская (рис. 103, м) и фасонная площадки. Они служат для осадки в торец исходных заготовок перед обработкой их в штамповочных ручьях. Осадку применяют при штамповке некоторых поковок круглых и квадратных в плоскости разъема для предохранения штамповочных ручьев от излишнего разогрева и износа, а главное во избежание зажимов, образующихся в теле поковки со стороны внутренних штамповочных уклонов при осадке исходных заготовок непосредственно в штамповочных ручьях. В этих же целях при штамповке поковок, несколько удлиненных в плоскости разъема, применяют площадки для разгонки (рис. 103, н), на которых заготовки осаживают плашмя.

Отрубной ручей (рис. 103, о). Он служит для отделения от прутка готовой поковки, если ее штампуют последовательно из заготовки более чем на две поковки.

Кроме указанных, применяют также некоторые совмещенные ручьи, например в виде комбинаций формовочного с подкатным, протяжным или отрубным, подкатного с протяжным, осадочного с заготовительно-предварительным и некоторые другие.

§ 4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОКОВКИ

Чертеж штампованной, так же как и ковальной, поковки составляется по чертежу готовой детали. При составлении чертежа поковки надлежит установить разъем штампов и назначить припуски и до-

пуски, определить штамповочные уклоны, радиусы закруглений, а также установить форму и размеры наметок отверстий и перемычек под прошивку.

Разъем штампов

Расположение поковки в штампе в зависимости от ее конфигурации должно обеспечить разъем верхней и нижней частей молотового штампа, а также возможность извлечения поковки из обеих частей окончательного ручья. В связи с этим получение каких-либо поднутрений на боковых поверхностях поковки исключается. Кроме того, при установлении разъема следует учитывать, что: а) заполнение окончательного ручья (или его участка) за счет осаживания в нем металла (например, когда ручей шире заготовки, рис. 104, а) происходит легче, чем заполнение его вдавливанием (например, когда заготовка по ширине перекрывает ручей, рис. 104, б), ручей в верхнем штампе заполняется вдавливанием легче, а поверхность поковки в нем получается чище, чем в нижнем штампе. Поэтому полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и т. п. следует располагать в верхнем штампе. В большинстве случаев разъем устанавливают в плоскости двух наибольших взаимно перпендикулярных размеров поковки a и b (рис. 105, а—г). Однако от этого правила следует отступать, если при ином разъеме достигается значительное уменьшение массы поковки (рис. 105, д), экономия на отходах (например, за счет уменьшения периметра поковки по линии среза заусенца), а также упрощение обрезного инструмента (рис. 105, е) и т. д. или в случае, если та или иная поверхность M поковки не должна иметь напуска, образуемого штамповочным уклоном, что требует расположения этой поверхности перпендикулярно ходу молота (рис. 105, ж), а также если при ином разъеме упрощаются заготовительные переходы штамповки (например, упраздняется гибка

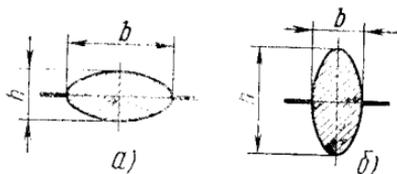


Рис. 104. Типовое сечение поковки высотой h и шириной b , которое заполняется:

а — осаживанием; б — вдавливанием

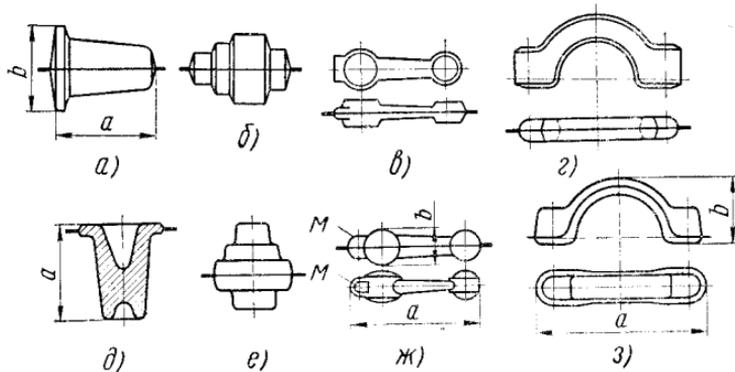


Рис. 105. Примеры разъема у молотовых поковок

(рис. 105, э). Окончательное положение разъема на фигуре поковки определяют при установлении штамповочных уклонов после назначения припусков.

Допуски и припуски

Допуски на размеры штампованных поволоков включают в себя все отклонения от номинальных размеров поковки, причинами которых могут быть: недоштамповка по высоте; износ и неполное заполнение полости окончательного ручья; осадка опорной части поверхности разъема штампа; колебания в усадке при остывании поволоков; кривизна осей и овальность сечений; поверхностные дефекты (окалина, вмятины, забоины); следы очистки, заточки и запилочки наружных дефектов; эксцентricность при прошивке и т. п.

В отдельных случаях, когда кривизна или эксцентricность каких-либо элементов поковки не могут быть учтены допусками на размеры, их определяют и указывают дополнительно. Допускаемый по разъему сдвиг верхней и нижней частей поковки относительно друг друга во всех случаях оговаривается особо.

Окончательный ручей обычно изготовляют по номинальным размерам поковки с учетом усадки. При этом отклонения фактических размеров поволоков от номинальных получают двусторонние и несимметричные, а именно: для размеров по высоте верхнее отклонение составляет 60—64%, а нижнее — 36—40% от общего поля отклонений размеров по высоте; для горизонтальных размеров верхнее отклонение составляет 52—56%, а нижнее — 42—48% от общего поля отклонений горизонтальных размеров. При этом общее поле отклонений горизонтальных размеров обычно получается на 15—20% больше общего поля отклонений вертикальных размеров поволоков.

Если качество поверхностного слоя поковки, шероховатость ее поверхности и допуски на ее размеры не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к готовой детали, предусматривается **припуск** на механическую обработку всей поковки или отдельных ее поверхностей. Минимальная величина припуска, как и в случае свободнойковки, определяется прежде всего глубиной дефектного поверхностного слоя поковки, а также технологией последующей механической обработки.

Допуск же определяется только технологией кузнечной обработки и не зависит от припуска. Поэтому на любой размер поковки допуск назначают независимо от наличия и значения припусков. При этом припуски, входящие в этот размер, назначают отдельно с каждой стороны этого размера, а величина каждого из них не зависит от наличия и величины припуска с противоположной стороны этого размера.

К основным факторам, определяющим величины допусков, а следовательно, и припусков, относятся прежде всего технологические свойства штампуемых сплавов, габаритные размеры (или масса) и

форма поковки. Практически величина припуска Π составляет 0,5—6 мм и ориентировочно может быть определена по эмпирической формуле

$$\Pi \approx 0,4 + 0,015h + 0,0015l,$$

где h и l — наибольшие размеры поковки по высоте и в плоскости разъема, мм.

Повышенный износ боковых стенок ручья и неизбежность сдвига верхней и нижней частей поковки относительно друг друга приводят к необходимости назначения припуска по горизонтальным размерам поковки несколько большей величины, чем по вертикальным. Величина этого припуска должна быть увязана со сдвигом так, чтобы допустимый сдвиг не превышал разности между номинальной величиной этого припуска на сторону и нижним отклонением от номинального размера поковки в плоскости разъема.

Припуски и допуски на штампованные поковки из черных металлов регламентированы ГОСТ 7505—74, устанавливаемым максимально допустимые припуски на механическую обработку и максимальные допуски на размеры поковок, штампуемых в открытых ручьях.

Стандартом предусмотрено разделение поковок на три основные группы в зависимости от предъявляемых к ним требований по точности. Наиболее жесткие требования относятся к поковкам первой группы. В дополнительную четвертую группу выделены поковки, подвергаемые калибровке (чеканке).

По стандарту допуски и припуски устанавливают прежде всего в зависимости от массы поковки. Поскольку же масса поковки в какой-то мере зависит от ее габаритных размеров, то этим косвенно учитываются эти размеры.

По стандарту в пределах каждой весовой группы припуски и некоторые элементы допусков определяют в зависимости от размера, который должен быть изменен на величину припуска и на который должен быть назначен допуск.

Припуски в таблицах стандарта предусмотрены для получения после обработки шероховатости поверхности в пределах V_1 — V_3 . Для повышенной шероховатости поверхности предусмотрено соответствующее увеличение табличных данных. Обычно это увеличение не превышает 0,15—0,3 мм.

Стандартные допуски, кроме того, определяются также характером размера: зависит ли он от недоштамповки, влияет ли на него износ штампа, смещение в плоскости разъема и т. п. В связи с этим допуски разбиты по элементам: по недоштамповке или износу штампа, по смещению, по заусенцу, по колебанию температурного интервалаковки, по кривизне и др.

Основным фактором, определяющим величину допуска по высоте, т. е. в направлении удара молота, является недоштамповка. Недоштамповка влияет одинаково на все размеры поковки по высоте. В связи с этим на все вертикальные размеры поковки принимают

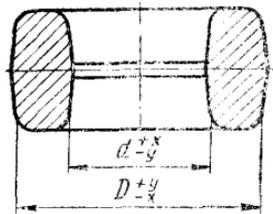


Рис. 106. Пример простановки верхнего отклонения y и нижнего отклонения x у наружного D и внутреннего d размеров поковки

одно и то же значение допуска. Аналогично основным фактором, определяющим величину допуска по горизонтальным размерам поковки, являются износ ручья и смещение частей штампа. В связи с этим почти на все горизонтальные размеры поковки также принимают одно и то же значение допуска. Оба допуска (рис. 106) относятся к наружным и внутренним размерам поковки, причем верхние отклонения откладываются наружу от поверхности поковки, а также отклонения откладываются в тело поковки (в металл). Поэтому в чертежах поковок допуски рекомендуется указывать непосредственно у размеров, а в надписи о допусках и считать, что эти допуски относятся

ко всем размерам поковки, у которых допуск не проставлен.

Кроме принятого в стандарте, имеются и другие методы установления припусков и допусков. Так, например, разработана норма [3], по которой величины припусков и допусков определяют исходя из наибольших габаритных размеров поковки (по высоте и в плоскости разъема) и отношения максимального габаритного размера в плоскости разъема к минимальному. При использовании этой нормы в габаритные размеры поковки не следует включать размеры незначительных выступов и отростков на теле поковки, а в сомнительных случаях рекомендуется назначать промежуточные значения припусков и допусков между такими, которые получаются при учете этих выступов и отростков, и такими, которые получаются без учета последних.

Припуски и допуски, установленные по этой нормаль, как правило, совпадают или получаются несколько меньших значений, чем стандартные. В отдельных случаях имеют место и более значительные расхождения. Это объясняется следующим. В стандарте габаритные размеры поковок учитываются лишь косвенно, поскольку масса поковок прямо пропорциональна этим размерам только у геометрически подобных поковок. Но при одной и той же массе бывают поковки крупногабаритные и малогабаритные, а штампуют последние, как правило, на менее тяжелых молотах. Такие поковки получаются с более жесткими допусками и требуют меньших припусков.

При штамповке в закрытых ручьях основным фактором, влияющим на колебание размеров поковок по высоте, является колебание объема заготовок. Поэтому при штамповке в закрытых ручьях допуски, назначенные по ГОСТ 7505—74 или по нормаль, требуют уточнения. Для этого необходимо подсчитать объем поковки при ее максимальных горизонтальных и минимальных вертикальных размерах, поделив этот объем на площадь поперечного сечения исходной заготовки (см. гл. V, § 5) при ее толщине с учетом нижнего отклонения, определить минимальную длину заготовки. Затем, установив допуск по длине заготовки с учетом способа разделки прутка, следует с учетом этого допуска и допуска на размеры поперечного

сечения прутка подсчитать, какой при этом получится допуск на объем заготовки. Поделив этот объемный допуск на площадь проекции поковки на плоскость разъема, можно получить величину колебания размеров поковки по высоте вследствие колебания объема заготовки. Практически этой величине будет равно верхнее отклонение размеров поковки по высоте, а нижнее отклонение при этом остается таким, каким оно определено по стандарту или нормали.

Стандарт и нормали припусков и допусков не могут учесть все особенности поковок различной конфигурации и варианты их обработки. Поэтому в отдельных случаях необходимо отступать от рекомендуемых в них значений, например: 1) для относительно длинных, но тонких поволоков следует у размеров длины назначать симметричный допуск, величина которого должна быть равна 30% от величины нормальной усадки на длине поковки, увеличив при этом припуск по длине с тем, чтобы размер его был не менее двойной величины нижнего отклонения от длины поковки; 2) повышенный припуск бывает необходим в соответствующих местах у поволоков, претерпевающих значительное коробление при термообработке, а также со стороны мест неизбежного скопления окалины в окончательном ручье и т. д.; 3) преуменьшенный против нормального припуск следует назначать на базовых поверхностях 1-й операции обработки резанием, поскольку эти поверхности при базировании на них строго координируются относительно поверхности, полученной в результате 1-й операции, и поэтому могут быть в дальнейшем обработаны с меньшим отходом металла в стружку.

Не следует смешивать метод определения допусков на размеры по массе поволоков с соответствующими допусками на поковки. Допуски на размеры могут частично или полностью быть заменены допусками по массе. При этом контроль формы поволоков по внешнему виду и выборочное их взвешивание полностью обеспечивают получение требуемых размеров. Однако этот способ контроля применим только в условиях хорошо налаженного крупносерийного или массового производства.

Снижение припусков приводит к повышению коэффициента использования металла и снижению трудоемкости при последующей обработке поволоков в механических цехах. Это достигается прежде всего систематическим внедрением различных мероприятий, приводящих к повышению качества поверхностного слоя материала поковки (за счет снижения величины минимального припуска) и повышению точности штамповки (за счет ужесточения допусков на размеры поволоков).

Как известно, качество поверхности поволоков зависит прежде всего от качества поверхности исходного металла, качества нагрева и мероприятий по предохранению его от окисления, обезуглероживания и т. д. при нагреве, штамповке и охлаждении.

К числу обычных мероприятий, направленных на повышение точности размеров и правильности геометрической формы поволоков, относятся: уменьшение недоштамповки путем более тщательной подготовки формы и размеров заготовки, а также применением молота

с большей массой падающих частей; уменьшение сдвига тщательной подгонкой бабы по направляющим; регулированием последних; изменение расположения в штампе штамповочных ручьев и применение штампов с направляющими; уменьшение износа окончательного ручья за счет повышения стойкости штампа и/ли за счет снижения нормы съема с него поковок; уменьшение колебаний в усадке за счет соблюдения постоянства температуры окончания штамповки; уменьшение окалина за счет улучшения качества нагрева и способа очистки при штамповке; увеличение точности обработки при изготовлении окончательного ручья и т. д.

Рентабельность указанных мероприятий зависит от масштаба и характера производства, поэтому применение их более эффективно при крупносерийном и массовом и менее эффективно при мелкосерийном производстве.

Штамповочные уклоны

Боковые стенки окончательного ручья молотового штампа нельзя делать вертикальными, т. е. направленными параллельно движению бабы молота. Их делают с небольшим уклоном. Поэтому соответствующие боковым стенкам штампов поверхности поковок получают так называемые штамповочные уклоны. Эти штамповочные уклоны необходимы для облегчения удаления поковки из ручья. Однако их величина (отклонение по вертикали) должна быть минимальной, так как ее уменьшение способствует снижению массы поковки, уменьшению напуска, облегчению заполнения окончательного ручья и увеличению его стойкости.

Отштампованная поковка удерживается в ручье силами трения. Последние возникают в результате наличия нормального давления между металлом поковки и стенками штампов не только в период удара, но и после него, вследствие упругих деформаций штампа и поковки, а также усадки металла поковки при охлаждении. Усилие, необходимое для удаления поковки из ручья, зависит от технологических свойств штампуемого сплава¹, от качества отделки поверхности ручья, смазки этой поверхности и величины штамповочных уклонов.

Штамповочные уклоны облегчают удаление поковки потому, что снижается вертикальное усилие, необходимое для преодоления сил трения, и уменьшается путь, на котором эти силы преодолеваются. При этом в процессе удаления поковки силы трения уменьшаются настолько резко, что задача практически сводится к тому, чтобы только стронуть поковку с места. Последнее всегда легче при большем штамповочном уклоне. При равных условиях удаления поковки из ручья (при одинаковой шероховатости его поверхности, одинаковой смазке и т. д.) усадка металла поковки является основным фактором, определяющим величину необходимых штамповочных

¹ Например, дуралюмин по условиям заполнения полостей штампов требует применения уклонов почти вдвое меньших, чем для стали, причем такая величина уклонов оказывается достаточной для удаления дуралюминовых поковок из полостей штампа.

уклонов. В связи с этим следует различать наружные и внутренние уклоны. У наружных уклонов нормальное давление между поковкой и стенкой штампа в результате усадки уменьшается и даже может образоваться зазор. В противоположность этому, у внутренних уклонов усадка приводит к увеличению нормального давления между поковкой и стенкой штампа. Поэтому уклоны внутренних стенок поковки должны быть больше наружных.

Правильное деление уклонов на наружные и внутренние требует внимательного рассмотрения формы поковки, особенно если эта форма является сложной. Тем более, что один и тот же уклон может неоднократно переходить из наружного во внутренний и обратно. Поясним это на простейшем примере.

У рычага с одной головкой (рис. 107, а) последняя имеет только наружный уклон, а у рычага с двумя головками (рис. 107, б) на обеих головках наружные уклоны *A* постепенно переходят во внутренние уклоны *B*. В этом случае, если строго подходить к решению задачи по определению оптимальных уклонов, то для равенства условий удаления поковки из ручья следовало бы уклон *B* сделать больше уклона *A* и на боковых поверхностях головок предусмотреть постепенные переходы от уклона *B* к уклону *A*. Однако в подобных случаях для упрощения изготовления штампа на всей боковой поверхности головки предпочитают, как правило, делать одинаковый уклон.

Очевидно, при условии свободного и равномерного охлаждения, поковки усадка по всем ее размерам прямо пропорциональна их значениям. Свободная усадка в горизонтальном направлении возможна только у определенных поволоков, для которых нет необходимости назначать внутренние уклоны. У поволоков с внутренними уклонами даже в простейших случаях картина усадки значительно усложняется. Так, по рис. 107, б усадка по длине рычага не может до извлечения поковки из ручья привести к сближению головок и образованию соответствующих зазоров по их наружным уклонам *A*. Очевидно, в этом случае зазор по уклонам *A* может образоваться только в результате усадки самих головок, а не усадки стержня рычага. Отметим, что при свободной усадке (рис. 107, а) вокруг головки должен образоваться одинаковый зазор, а в случае, показанном на рис. 107, б, вследствие усадки стержня зазор образуется только у наружных уклонов *A*, причем из-за односторонней усадки головок он должен получиться вдвое больше, чем при свободной усадке. Что касается внутренних уклонов *B*, то, очевидно, в этих местах нормальное давление между металлом поковки и стенкой штампа

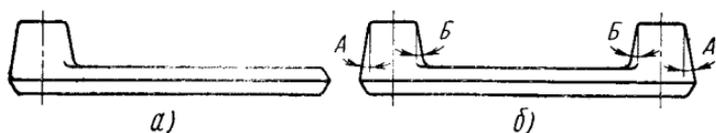


Рис. 107. Поковки двух рычагов

по мере охлаждения будет возрастать. Однако это давление, а следовательно, и необходимый уклон будет в этом случае зависеть от усадки по длине стержня, а не по размерам головок.

При внимательном рассмотрении поковок более сложных форм можно также безошибочно установить, как и по каким размерам поковки влияет усадка на величину того или иного штамповочного уклона, учитывая, что влияние это выражается в изменении нормального давления на боковых поверхностях поковки и ручья, что изменение давления, в свою очередь, определяется усадкой, а усадка прямо пропорциональна соответствующим размерам поковки.

Степень влияния усадки на величину штамповочных уклонов зависит в какой-то мере и от скорости охлаждения поковок. Чем скорее остывает поковка с момента последнего удара молота до ее удаления, тем заметнее влияние усадки.

Известно, что скорость охлаждения при прочих равных условиях зависит от массивности формы поковки, т. е. от отношения объема поковки к площади ее поверхности. Чем массивнее поковка, тем медленнее она охлаждается, тем меньше влияние усадки на величину уклона. Таким образом, в случае штамповки геометрически подобных поковок может оказаться, что усадка большей из них за время до ее извлечения из штампа будет меньше, чем у малой поковки. Поэтому для большей поковки может потребоваться не меньший, а наоборот, больший наружный штамповочный уклон. Однако на практике геометрически подобные поковки бывают исключительно редко и это не случайно потому, что с увеличением размеров штампуемые детали, как правило, становятся по форме более сложными, а при сохранении формы готовой детали резко сокращаются напуски, упрощающие форму поковки. Кроме того, крупногабаритные поковки сплошь и рядом бывают менее массивными, чем малогабаритные. Даже у любой пары зубчатых колес облегчение за счет утонения диска делается, как правило, только у большего колеса. При этом с усложнением формы увеличивается значение отношения поверхности к объему поковки, а вместе с этим увеличивается скорость ее охлаждения. Это дает возможность у большей из них уменьшить наружные уклоны и требует увеличения внутренних уклонов. Поэтому основным показателем, характеризующим влияние усадки на величину того или иного штамповочного уклона, для подавляющего большинства поковок является не масса или объем поковки, а ее ширина или другой соответствующий горизонтальный размер. При этом случае, когда с увеличением размеров поковки наружный штамповочный уклон требуется сохранить или даже увеличить, бывают чрезвычайно редки.

Величина минимально допустимого штамповочного уклона зависит также от отношения длины l ручья (или его элемента) к ширине b .

При $\frac{l}{b} < 1,5$ стенки ручья со всех сторон одинаково или почти одинаково удерживают отштампованную поковку. При $\frac{l}{b} > 1,5 \div \div 2,0$ влияние двух стенок ослабевает главным образом потому, что

с увеличением длины l увеличивается и усадка по этой длине. Это облегчает удаление поковки и дает возможность уменьшить штамповочный уклон.

От глубины ручья величина необходимого уклона почти не зависит. Однако применение минимально допустимых уклонов у низких поковок не рационально, так как заполнение их не представляет трудности, а небольшое увеличение уклона существенно облегчает удаление поковки из ручья.

Для упрощения изготовления ручьев и унификации требующегося для этого режущего и измерительного инструмента при штамповке стальных поковок обычно применяют уклоны, равные 3, 5, 7 и 10° .

Максимально допустимые уклоны установлены ГОСТ 7505—74 и составляют 7° для наружных и 10° для внутренних стенок.

С учетом влияния всех этих факторов предлагается наружные штамповочные уклоны на стальных поковках определять по графику (рис. 108) исходя из высоты h и ширины b отдельных участков поковки. Границы между областями применения уклонов 3, 5 и 7° для участков, у которых $\frac{l}{b} < 1,5$, показаны на графике сплошными линиями; для участков, у которых $\frac{l}{b} > 2$, — штриховыми линиями

Размеры h , b и l , которыми следует руководствоваться при использовании графика, даны на рис. 109. В полученные по графику значения уклонов следует вносить поправки при следующих обстоятельствах.

У поковок ступенчатых, а также с углублениями (например, для отверстия) прималых размерах высоты ступени или глубины полости влияние последних на величину наружных уклонов практически незначительно. Однако, если исходить из малой ширины стенок поковки, ограничивающих эти углубления или ступени, то наружный уклон может получиться слишком большим. Поэтому в таких случаях наружный уклон следует определять исходя из размеров, какие имела бы поковка без ступеней и углублений (полостей).

Имея в виду нормальный ряд уклонов, следует стремиться к их унификации для каждой данной поковки, округляя их в большую сторону, и разные наружные уклоны назначать только в тех случаях, когда это не усложняет изготовления штампа.

Если внутренние поверхности поковки противостоят одна другой и находятся на расстоянии друг от друга не более 25—30 мм, то уклоны их (ввиду малого влияния усадки) могут быть равны наружным штамповочным уклонам, принятым для этого участка поковки. Практически (см. рис. 108) величина такого уклона 7° . Если расстояние между ними от 25—30 до 50—60 мм, то независимо от того, имеются или нет между ними какие-либо выступы на поковке, внутренние уклоны следует принимать больше наружных ближайшими из нормального ряда, т. е. при наружных уклонах 5 и 7° внутренние уклоны должны быть соответственно 7 и 10° . При расстояниях между внутренними поверхностями поковки более 50—60 мм их

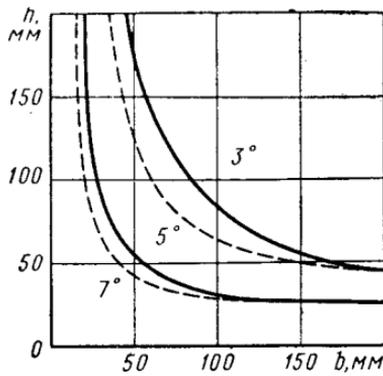


Рис. 108. График для определения наружных штамповочных уклонов

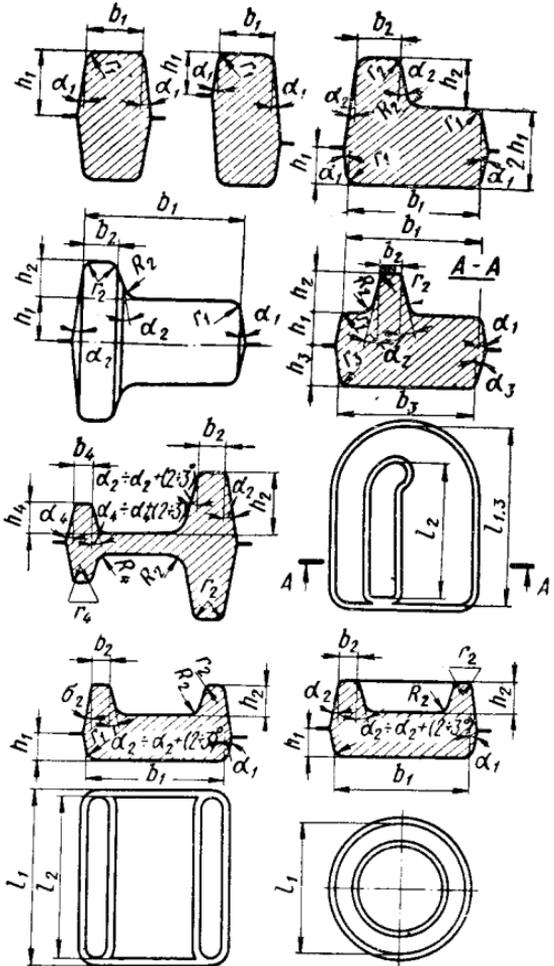


Рис. 109. Размеры элементов поковок для определения штамповочных уклонов

уклоны (ввиду очень большого влияния усадки) следует устанавливать равными 10° .

Рекомендуемые здесь внутренние штамповочные уклоны не гарантируют от застревания поковок при значительном охлаждении их в ручье в случае задержки с удалением. Полная гарантия от застревания может быть только при уклонах 12° и 15° , притом с удовлетворительной шероховатостью поверхности и достаточной смазкой. Однако применение столь больших уклонов нерационально и по ГОСТ не допускается.

Линия разреза

При установлении штамповочных уклонов необходимо уточнить, как должна быть расположена поверхность разреза штампа относительно поковки, или, иными словами, установить, где на фигуре поковки должна находиться линия разреза, указывающая границу

между частью поковки, оформляемой в верхнем штампе, и частью, оформляемой в нижнем штампе. В плоскости разъема эта линия всегда проходит по наружному контуру поковки (по контуру среза заусенца), а при наличии прошиваемых отверстий — также по внутренним контурам поковки (по контурам прошивки). По высоте наружная линия разъема считается расположенной посередине толщины заусенца, а внутренняя — посередине толщины прошиваемых перемычек.

При штамповке в открытом ручье для обеспечения хорошего среза заусенца линию разъема устанавливают так, чтобы на боковой поверхности поковки получились штамповочные уклоны, идущие в обе стороны, т. е. вверх и вниз от линии разъема. По схожести этих уклонов на линии разъема легко проверить правильность установки молотового штампа. При неправильной установке сдвиг верхней и нижней части поковки относительно друг друга не трудно обнаружить при внешнем ее осмотре до и после обрезки заусенца.

Линию разъема рекомендуется строить по точкам пересечения линий, образующих минимально допустимые штамповочные уклоны на верхней и нижней частях поковки. Это относится к наружной и внутренним линиям разъема. Такое построение линии разъема обеспечивает наименьшую массу готовой детали, если поковка в этих местах не подвергается в дальнейшем механической обработке, и минимальный отход металла в стружку в случае обработки. Любое смещение линии разъема от такого ее положения приводит к необходимости увеличить уклон с одной стороны или одновременно сверху и снизу от нее, что приводит к увеличению напусков или к увеличению массы готовой детали. Однако построение линии разъема по точкам пересечения минимально допустимых уклонов во многих случаях приводит к необходимости изготовления штампов со сложным и дорогим в обработке разъемом. Поэтому очень часто некоторое утяжеление поковки в результате смещения линии разъема по высоте оказывается рациональным, если это смещение упрощает поверхность разъема штампа и позволяет, например, применить плоский разъем вместо неплоского, строганый разъем вместо фрезеруемого или разъем, профиль которого состоит из отрезков прямой, сопряженных по радиусам, вместо разъема, сечения которого представляют собой сложные кривые, строящиеся по координируемым точкам, как это неизбежно, например, у штампов для лопастей винтов. Обработка разъема во многих случаях значительно упрощается, если применять вставки в окончателных ручьях, например, выступающие над поверхностью разъема штампа вставные бобышки для прошивки отверстий.

К смещению линии разъема приходится прибегать также в целях изменения расположения волокон металла поковки в местах, прилегающих к разъему (см. рис. 105).

При штамповке в открытых ручьях у цилиндрического конца поковки, ось которого лежит в плоскости разъема (рис. 110), линию разъема можно выполнить в двух вариантах: *I* — по прямой линии и *II* — по кривой линии. В *I* варианте поковка получается тяжелее

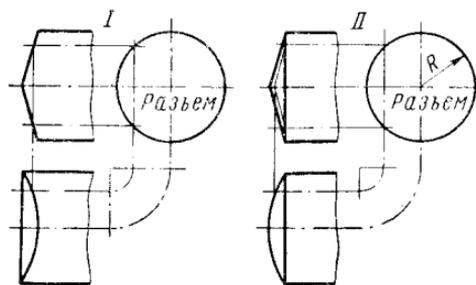


Рис. 110. Графическое оформление торцевой части цилиндрического конца поковки

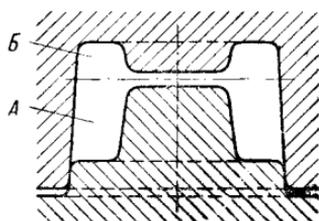


Рис. 111. Закрытый ручей для штамповки втулки

и больше металла уходит в стружку при обработке торца, но зато инструмент (мастер-штамп или казенник), потребный для получения ручья штамповкой (см. гл. V, § 6), проще в изготовлении. Во II варианте поковка получается с минимальным напуском, а образование кривой линии разъема при изготовлении штампа фрезерованием не представляет особых трудностей, если ручей обрабатывать конусной фрезой с уклоном, равным штамповочному уклону. При подаче такой фрезы по окружности определенного радиуса в плоскости, перпендикулярной к оси поковки, на разъеме штампа образуется кривая линия.

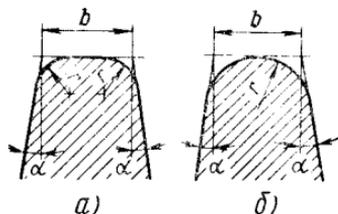
При штамповке в закрытом ручье, чтобы в наибольшей мере затруднить выход металла заготовки к разъему, линию разъема устанавливают на наружной боковой поверхности поковки либо у верхней, либо у нижней ее кромки так, что наружные штамповочные уклоны идут от нее только в одну сторону, т. е. только вниз или только вверх (рис. 111). У поковок с прошиваемыми отверстиями внутренняя линия разъема разделяет полость закрытого ручья по высоте как бы на открытую со стороны разъема часть А (рис. 111) и остальную — закрытую часть Б. Силы трения, возникающие при штамповке на наружных боковых поверхностях ручья, всегда направлены в сторону разъема. Поэтому заполнение открытой части ручья протекает легче, чем открытой части. Для того, чтобы заполнение закрытой части ручья опережало выход металла к разъему, необходимо закрытую часть делать ниже открытой. Для этого внутреннюю линию разъема следует располагать соответственно в 1,5—4,0 раза ближе ко дну ручья, чем к разъему штампа.

Радиусы закругления

Острые кромки на поверхности поковок необходимо закруглить. При закруглении этих кромок радиусами недостаточной величины концентрация напряжений в соответствующих углах окончательного ручья при работе штампа ведет к быстрому образованию в нем трещин. Вместе с тем затекание металла в углы резко затруднено и требует повышенного давления при штамповке.

Значения радиусов закругления внешних углов (так называемых наружных радиусов закруглений) установлены ГОСТ 7505—74

Рис. 112. Скругления вершины ребра или бобышки:
 а — неполное; б — полное



в пределах 0,8—8,0 мм в зависимости от массы поковок в пределах до 200 кг.

Практически достаточно, чтобы значения этих радиусов были на 0,5—1 мм больше величины нормального припуска на механическую обработку этой поковки, независимо от того, к каким сопрягаемым поверхностям относятся эти радиусы — к подвергаемым или неподвергаемым механической обработке.

Если для механически обрабатываемых кромок рекомендуемая величина радиуса будет меньше суммы значений наружного радиуса закругления (или фаски) на обработанной детали и назначенного припуска, то полезно радиус увеличить до указанной суммы.

Наружные радиусы закруглений у механически необрабатываемых поверхностей также желательно увеличить во многих случаях. Так, например, для облегчения заполнения трудно выполнимых ребер и бобышек рекомендуется назначать максимальные радиусы на их вершине, чтобы на последней оставался небольшой плоский участок (рис. 112, а) или получалось полное закругление вершины одним радиусом (рис. 112, б):

$$r = \frac{b}{2 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)}.$$

Столь же недопустимы острые кромки выступающих углов на поверхности штамповочного ручья. При недостаточном радиусе закругления эти кромки очень быстро срабатываются или сминаются, образуя поднутрения на боковых стенках ручья. Поковка начинает залипать в штампе и ручей необходимо зачищать. Кроме того, острые кромки ручья, воздействуя на штампуемый металл как ножи, перерезают его волокна и создают складки на поверхности поковок.

Во избежание этого необходимо и достаточно, чтобы так называемые внутренние радиусы закруглений на поковках, соответствующие выступающим углам ручьев, были примерно в 3—4 раза больше принятых для данной поковки наружных радиусов закруглений. Если при этом радиус получается меньше разности значений внутреннего радиуса закругления у обработанной детали и назначенного припуска, то необходимо его увеличить до значения, равного указанной разности. В противном случае дополнительный напуск, образуемый внутренним радиусом закругления поковки, следует считать необходимым.

Однако в отдельных случаях внутренние радиусы закруглений, взятые в 3—4 раза больше наружных, все же оказываются недоста-

точными. Дополнительное увеличение внутренних радиусов закруглений бывает необходимо в местах, где интенсивное течение штампуемого металла может привести к образованию глубоких зажимов металла в теле поковки (рис. 113, а) в результате кратковременного отрыва металла от поверхности ручья, происходящего при обтекании кромки, закругленной недостаточным радиусом. Кроме того, довольно часто приходится прибегать к увеличению внутренних радиусов закруглений по краям отдельных частей поковок, образуемых вдавливанием металла в глубокие полости, чтобы облегчить их заполнение при штамповке.

Для упрощения изготовления ручьев и унификации требуемого для этого режущего и измерительного инструмента значения принятых радиусов закруглений рекомендуется принимать только из ряда 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12,5; 15; 20; 25 и 30 мм и стремиться к их унификации в каждой поковке, назначая неодинаковые радиусы только в тех случаях, когда это не усложняет изготовление штампа.

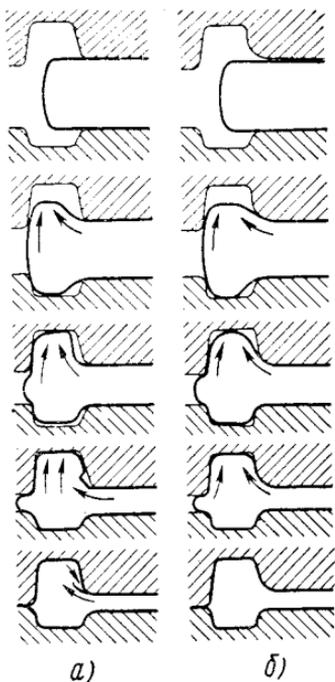


Рис. 113. Схема процесса заполнения обода колеса:

а — при недостаточном и б — при достаточном радиусе перехода от диска к ободу

Перемычки под прошивку отверстий

Излишне толстая перемычка затрудняет последующую прошивку сквозного отверстия с удалением перемычки в отход, а слишком тонкая — приводит к быстрому смятию соответствующих выступов (бобышек) в ручье, что ведет к залипанию в нем поковок. Толщина обычной (плоской) перемычки s (рис. 114) зависит прежде всего от диаметра D и глубины h прошивки и может быть определена по эмпирической формуле

$$s = 0,45 \sqrt{D - 0,25h} - 5 + 0,6 \sqrt{h} \text{ мм.}$$

Если глубина прошивки h меньше диаметра прошиваемого отверстия d в 2,5 раза и более, то проштамповать плоскую наметку трудно. В таких случаях для облегчения раздачи металла в стороны рекомендуются вместо плоских перемычки с раскосом (рис. 115), у которых толщина перемычки $s_{\min} = 0,65s$, а $s_{\max} = 1,35s$ (s следует подсчитывать как для плоской перемычки, а диаметр плоского участка $d_1 \approx 0,12d + 3$ мм).

Радиусы закруглений вершин наметок в предварительном ручье, а также в окончательном ручье, если штампуют без предварительного ручья, рекомендуется определять по формуле

$$R_1 = R + 0,1h + 2 \text{ мм,}$$

где R — внутренний радиус закругления, принятый для данной поковки.

При штамповке с предварительным ручьем, когда перемычка в предварительном ручье имеет раскос (рис. 115), доштамповка перемычки в окончательном ручье значительно облегчается. В таких случаях, чтобы облегчить прошивку, можно в окончательном ручье сделать плоскую перемычку (рис. 114) или с магазином (рис. 116). Тогда радиус закругления R в окончательном ручье может быть вдвое меньше, чем в предварительном, а размеры $\frac{h_3}{2}$ и b следует определять как для нормального заусенца для данной поковки (см. гл. V, § 5).

У низких поволоков (у которых глубина наметки меньше диаметра прошиваемого отверстия d в 15 раз и более) после раздачи металла в предварительном ручье с плоской перемычкой рекомендуется применять в окончательном ручье перемычку с карманом (рис. 117). При штамповке обрабатываемый металл отжимается от краев перемычки в карман. Для этого карман должен до окончания штамповки оставаться незаполненным. В противном случае штампуемый металл, заполнив карман, потечет от его центра к периферии и, увлекая за собой слои, разместившиеся у внутренней боковой поверхности локовки, образует около перемычки складку или зажим в теле поковки. Во избежание этого, карман должен иметь достаточный объем. При этом толщина перемычки $s = 0,4 \sqrt{d}$, глубина кармана равна $5s$, а радиус закругления $R_2 = 5h$. Радиус R_3 подбирается графически.

Если при закруглении вершины обычной плоской перемычки (рис. 114) радиусом, определяемым по формуле $R_1 = R + 0,1h + 2$, обнаружится, что на перемычке не только не останется плоского участка, но даже невозможно скруглить вершину наметки одним радиусом, то это обстоятельство следует считать признаком такого соотношения диаметра, высоты и других размеров отверстия в готовой детали, которое не позволяет осуществить его прошивку с образованием перемычки и последующей прошивки. Практически это бывает, когда общая высота $2h$ прошиваемой поковки в 1,7 и более раза превышает диаметр D основания отверстия. В таком случае от прошивки следует отказаться и ограничиться выполнением глухой прошивки, т. е. без последующей прошивки отверстия. Если

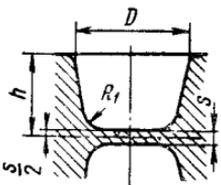


Рис. 114. Плоская перемычка под прошивку

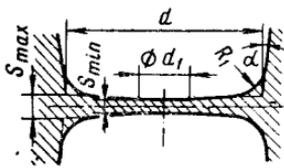


Рис. 115. Перемычка под прошивку с раскосом

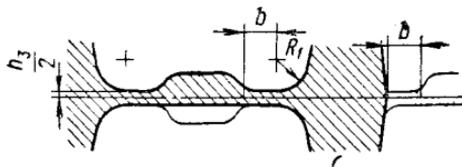


Рис. 116. Перемычка под прошивку с магазином

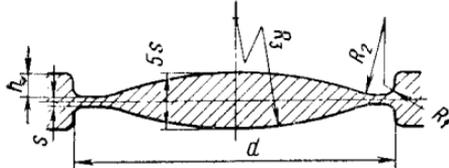


Рис. 117. Перемычка под прошивку с карманом

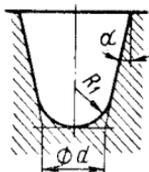


Рис. 118. Глухая прошивка

глубина глухой прошивки не ограничена глубиной выемки у готовой детали, то рекомендуется дать полное закругление вершины полости (рис. 118) одним радиусом

$$R_1 = \frac{d}{2 \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\alpha}{2} \right)}.$$

В частности, при $\alpha = 10^\circ$ и полном закруглении вершины наметки $R_1 = 0,595d$.

Технологическая обработка конструкции штампованной детали

Форма поковки в значительной мере определяется конструкцией готовой детали. Поэтому при конструировании поковки следует тщательно продумать и проверить возможность:

- 1) изменения конструкции детали или ее элементов с целью упрощения конструкции поковки для облегчения заполнения формы окончательного ручья (например, путем соответствующего изменения уклонов, радиусов закруглений и т. д.) или для упрощения заготовительных переходов штамповки;
- 2) унификации поковок для различных деталей;
- 3) разбивки детали на две (рис. 119) и более частей для штамповки их порознь с последующей сваркой или иным соединением;
- 4) штамповки по две (рис. 120) и более деталей в одной поковке с последующей разрезкой;
- 5) штамповки деталей, подлежащих соединению в одной поковке (рис. 121), с последующей разрезкой;

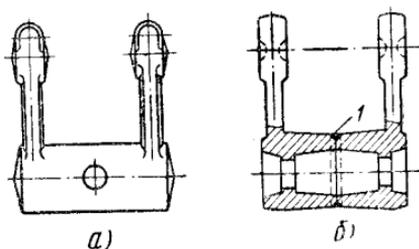


Рис. 119. Два варианта заготовок:
а — цельная поковка; б — заготовка, сваренная из двух поковок; 1 — место сварки

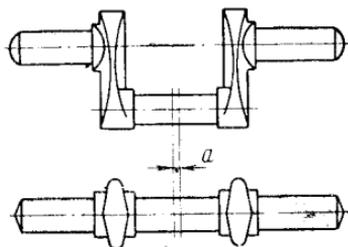


Рис. 120. Поковка из двух кривошипов, выполненная в виде коленчатого вала:
а — место разрезки

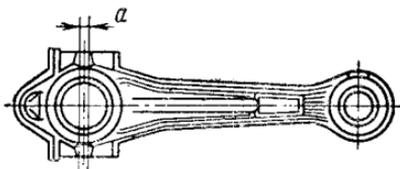


Рис. 121. Поковка шатуна вместе с крышкой:

a — место разрезки

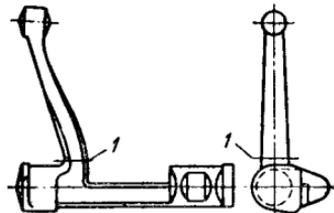


Рис. 122. Поковка, состоящая из двух объединенных деталей:

1 — место сварки

6) объединения двух подлежащих соединению деталей в одной поковке для упразднения сварки (рис. 122) или иного соединения;

7) штамповки в двух плоскостях разреза, когда вторичную штамповку с разрезом в другой плоскости выполняют после первой обрезки заусенца;

8) получения поковки в закрытом ручье вместо открытого;

9) получения поковки методом комбинирования штамповки на молоте с обработкой на других кузнечных машинах (рис. 123);

10) перевода штамповки с молота на другие, более подходящие для данной поковки кузнечные машины или замены штамповки литьем;

11) упразднения некоторых отдельных операций последующей обработки резанием и применения калибровки;

12) получения готовой для механической обработки заготовки непосредственно из проката стандартного или специального профиля или из периодического проката;

13) получения готовой или почти готовой детали из этого проката путем разделки его на мерные заготовки с последующей гибкой, пробивкой отверстий и другими несложными операциями, т. е. без объемной штамповки;

14) замены поковки листоштампованной деталью.

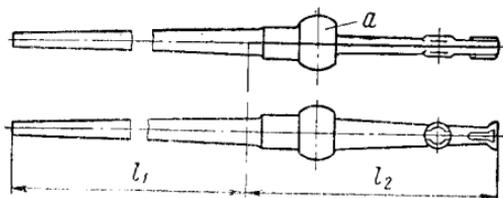
Оформление чертежа поковки

Готовую деталь на чертеже поковки (рис. 124) следует показать сплошной тонкой линией, давая лишь контуры детали, наглядно показывающие припуск на обработку. Такое изображение готовой детали следует давать преимущественно в разрезах или сечениях поковки и один раз, не повторяя на других операциях поковки.

Система простановки размеров поковки должна соответствовать системе размеров детали и учитывать: а) удобства проверки величины

Рис. 123. Поковка рычага переключения передач:

a — сфера, выбиваемая на горизонтально-корочной машине; l_1 — участок вальцовки; l_2 — часть, штампуемая на молоте



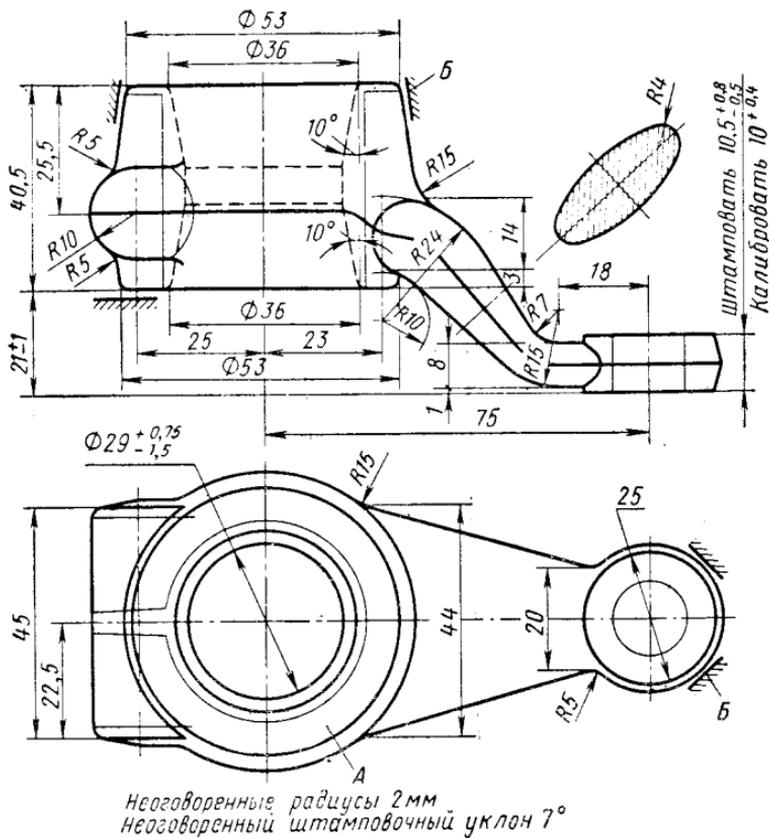


Рис. 124. Чертеж поковки рычага переключателя из стали 45 массой 0,9 кг:

А — место отпечатка при испытании твердости; Б — база первой операции резанием

припуска путем сравнения размеров на чертеже поковки с соответствующими размерами на чертеже готовой детали; б) удобства измерения размеров на поковке и в) простоты разметки поковки при контроле. На чертеже поковки не следует указывать размеров припуска, размеров напуска и размеров, определяющих положение линии разъема на поковке, а также не следует проставлять размеры от линии разъема.

В примечании к чертежу должны быть даны указания о неоговоренных штамповочных уклонах, радиусах закруглений, а также указания о неоговоренных допусках на вертикальные и горизонтальные размеры поковки.

На чертеже поковки также указывают основные технические требования на приемку поковок, а именно: термообработка и твердость поковок, допустимая величина остатков заусенца после обрезки, способ очистки поверхности, глубина внешних дефектов, дефекты формы (сдвиг, вызванный смещением штампов, эксцентричность сечений и отверстий, кривизна или стрела прогиба, относящиеся

к оговоренному участку поковки или ко всей ее длине, если не оговорен участок).

При предъявлении к поковке особых условий в технические требования могут быть включены также указание места отпечатка при испытании твердости, места клеймения, места образцов, вырезаемого для механических испытаний; указание базы первой операции обработки резанием и т. п. При этом рекомендуется: 1) место отпечатка твердости указать на плоской поверхности, лучше на необрабатываемой, учитывая также удобства укладки поковки на стол пресса для испытания твердости; 2) место клеймения предпочтительнее указать на необрабатываемой поверхности; в противном случае надо учесть последовательность дальнейшей механической обработки с тем, чтобы снятие клеймной поверхности производилось после перенесения клейма на ранее обработанную поверхность.

§ 5. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В разработку технологического процесса штамповки входит: 1) определение массы падающих частей молота; 2) выбор переходов штамповки; 3) выбор вида и определение размеров заготовки и нормы расхода металла; 4) установление режима нагрева и выяснение возможности осуществления штамповки за один нагрев или определение числа необходимых нагревов; 5) конструирование штампа.

При проектировании штамповки в открытом ручье для решения первых трех указанных вопросов необходимо знать объем заусенца, который связан с размерами заусенечной канавки у окончательного ручья. Поэтому размеры канавки и объем заусенца определяют одновременно, до разработки других вопросов технологического процесса.

Объем заусенца и размеры заусенечной канавки

Как указано в начале настоящей главы, количество металла, вытекающего в заусенечную канавку, зависит от ряда факторов, прежде всего от распределения объема металла заготовки в ручье и от соответствия между формами вертикальных сечений ручья и заготовки. Последнее определяет последовательность и характер заполнения ручья. Так, при заполнении ручья осадкой заусенец получается меньше, чем при заполнении ручья вдавливанием. Количество металла, вытекаемого в заусенец, определяет объем необходимой заусенечной канавки. В то же время форма и размеры канавки оказывают влияние на процесс истечения металла в заусенец. Поэтому, изменяя форму и размеры канавки, можно влиять на количество металла, образующего заусенец.

В соответствии со своим назначением канавка имеет по ширине обычно два участка: низкий — мостик, прилегающий непосредственно к ручью, и расположенный за ним более высокий — магазин. На участке мостика создается сопротивление истечению металла из ручья в заусенец. Магазин служит для размещения большей части избыточного объема заготовки. Наиболее широко применяют ка-

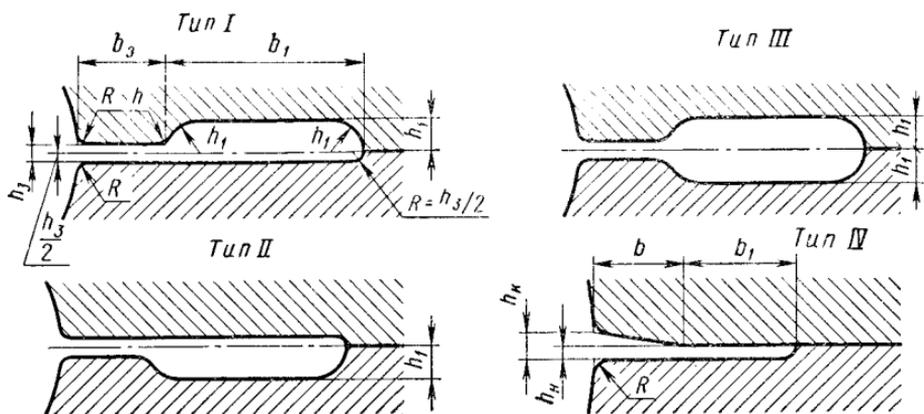


Рис. 125. Типовые сечения канавки для заусенца

навки с сечением типа I (рис. 125) и глубиной на участке мостика h_3 при ширине b и глубиной на участке магазина $\frac{h_3}{2} + h_1$ при ширине b_1 . Глубокая часть магазина снижает прочность стенки ручья. Поэтому ее размещают, как правило, в верхней части штампа. Последняя, соприкасаясь с горячим металлом в течение более короткого времени, разогревается меньше нижней, и стенки ручья остаются достаточно прочными.

Завышение размера h_3 приводит к более свободному истечению в заусенец. При этом ручей может оказаться незаполненным. В таких случаях приходится увеличить объем заготовки. А это приводит к увеличению отхода в заусенец и не всегда исключает незаполненный ручья. Занижение размера h_3 приводит к возрастанию сопротивления истечению, особенно при последних ударах. При этом увеличивается число ударов, необходимых для вытеснения излишка металла в заусенец после заполнения ручья, снижается производительность штамповки, повышается износ штампа и возрастает число случаев недоштамповки поковок по высоте. Близкие к оптимальным размерам значения $h_3 = 0,015 \sqrt{F_{\text{п}}}$ ($F_{\text{п}}$ — площадь проекции поковки на плоскость разреза в мм²).

С целью унификации режущего инструмента, применяемого при изготовлении заусенечных канавок, размеры последних нормализуют. Пример одной из нормалей дан в табл. 6.

Чем сложнее форма вертикального сечения ручья и труднее осуществить его заполнение, тем больше получается заусенец, но вместе с тем требуется создать и большее сопротивление истечению металла в заусенец. Повысить это сопротивление, оставляя размер h_3 неизменным, возможно увеличением ширины канавки на участке мостика. Однако объем заусенца в этом случае все же не уменьшается, а возрастает. Поэтому одновременно приходится увеличивать ширину канавки на участке магазина для размещения в нем увеличенного заусенца. В табл. 6 для одного и того же размера h_3 пред-

Размеры заусенечной канавки типа I (обозначения см. на рис. 125)

Номер высоты	h_3 , мм	h_1 , мм	R , мм	Номер ширины								
				1			2			3		
				b , мм	b_1 , мм	S_3 , мм ²	b , мм	b_1 , мм	S_3 , мм ²	b , мм	b_1 , мм	S_3 , мм ²
1	0,6	3	1	6	18	52	6	20	61	8	22	74
2	0,8	3	1	6	20	69	7	22	77	9	25	88
3	1,0	3	1	7	22	80	8	25	91	10	28	104
4	1,6	3,5	1	8	22	102	9	25	113	11	30	155
5	2	4	1,5	9	25	136	10	28	153	12	32	177
6	3	5	1,5	10	28	201	12	32	233	14	38	278
7	4	6	2	11	30	268	14	38	344	16	42	385
8	5	7	2	12	32	343	15	40	434	18	46	506
9	6	8	2,5	13	35	435	16	42	530	20	50	642
10	8	10	3	14	38	601	18	46	745	22	55	903
11	10	12	3	15	40	768	20	50	988	25	60	1208

усмотрено три группы размеров канавки по ширине: № 1 — для узкого, № 2 — для среднего и № 3 — для широкого заусенца. Узкую канавку рекомендуется делать, когда ручей заполняется в основном в последнюю стадию процесса штамповки, например, когда ручей заполняется преимущественно осадкой; среднюю — при многостадийном процессе заполнения ручья, когда осадка и вдавливание; широкую — при полном или почти полном отсутствии первой стадии процесса штамповки, когда заготовка сразу перекрывает весь штамповочный ручей и последний заполняется преимущественно вдавливанием. В связи с этим в отдельных случаях желательнее путем совершенствования заготовительных переходов изменить форму заготовки таким образом, чтобы штамповочный ручей заполнялся больше осадкой и меньше вдавливанием, т. е. увеличить долю первой стадии процесса штамповки. Это дает возможность перейти от более широких к более узким заусенечным канавкам и соответственно уменьшить отход металла в заусенец.

Канавки с сечением типа II делают в том случае, когда заусенец надо обрезать после поворота поковки в положение, обратное ее положению в окончательном ручье с тем, чтобы заусенец располагался на обрезной матрице своей плоской стороной. Так поступают, когда труднозаполняемая и поэтому штампуемая в верхнем штампе часть фигуры поковки имеет сложную форму, а другая (нижняя при штамповке) часть фигуры поковки имеет более простую форму и поэтому по ней проще и дешевле изготовить и подогнать обрезной пуансон.

Сечение типа III применяют обычно лишь на отдельных участках канавок типа I и II против тех мест ручья, в которых ожидается повышенный выход металла в заусенец из-за невозможности получить необходимое распределение металла заготовки в заготовительных ручьях.

Канавки типа IV применяют вместо канавок типа I в тех случаях, когда необходимо или желательно резко повысить сопротивление истечению металла в заусенец. В ручьях с такой клиновидной канавкой силы, тормозящие истечение металла в заусенец, по мере заполнения канавки стремительно возрастают. Это резко повышает давление в полости ручья и обеспечивает довольно быстрое и четкое его заполнение при весьма небольшом заусенце. Однако трудность изготовления клиновидной канавки вокруг ручьев, имеющих сложную форму в плоскости разреза, а также неудобство таких канавок при неравномерном образовании заусенца по периметру ручья ограничивают область их применения. Наибольший успех клиновые канавки нашли при штамповке некоторых круглых в плане поковок. Нормаль таких канавок дана в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Размеры заусенечной канавки типа IV (обозначения см. на рис. 125)

Диаметр поковки, мм		h_K , мм	h_H , мм	b , мм	b_1 , мм	R , мм	S_3 , мм ²
свыше	до						
—	65	1,0	0,5	6	12	0,5—1,0	8
65	80	1,2	0,6	7	14	0,6—1,2	10
80	100	1,5	0,75	9	16	1,0—1,5	12
100	120	1,8	0,9	10	18	1,0—2,0	14
120	150	2,2	1,1	12	20	1,0—2,0	18
150	180	2,6	1,3	13	22	1,5—2,5	25
180	220	3,0	1,5	15	25	1,5—2,5	35
220	260	3,8	1,9	19	25	1,5—3,0	55
260	310	4,6	2,3	23	27	1,5—3,0	80
310	360	5,5	2,75	27	30	2,0—3,5	110
360	440	6,5	3,25	30	35	2,0—4,0	160
440	500	7,5	3,75	35	38	3,0—5,0	210

Для поковок различной конфигурации и массы отход на заусенец колеблется в очень больших пределах. С повышением сложности формы вертикальных сечений поковки, увеличением отношений площади поковки в плоскости разреза к ее периметру и ее массы к периметру, а также с уменьшением массы поковки заусенец увеличивается от 10 до 100% и более от массы поковки. Внедрение клиновых канавок вместо обычных (по типу I) при штамповке поковок

дисков и зубчатых колес уменьшает отход на заусенец в среднем с 15—25 до 5—10%, т. е. в 2,5—3 раза.

Объем заусенца

$$V_3 = kP_{\Pi}S_3,$$

где S_3 — площадь поперечного сечения заусенечной канавки; P_{Π} — длина заусенца по замкнутой линии, проходящей через центры тяжести поперечных сечений заусенца, или приближенно периметр поковки по линии среза заусенца; k — коэффициент заполнения металлом канавки для заусенца. У круглых в плоскости разъема поковок заусенец в среднем заполняет около 0,5—0,6, у прочих поковок — около 0,6—0,8 объема канавки типа I.

Фактический объем заусенца у новых штампов несколько больше расчетного и уменьшается по мере износа окончательного ручья.

Масса падающих частей молота

Заниженная масса падающих частей молота приводит к снижению производительности штамповки из-за увеличения необходимого числа ударов в штамповочных ручьях. Завышение массы падающих частей молота связано с уменьшением стойкости штампов, увеличением расходов по эксплуатации молота. Хотя в отдельных случаях, наоборот, стойкость штампа с увеличением массы падающих частей повышается вследствие уменьшения числа ударов, необходимых для обработки заготовки в окончательном ручье.

При штамповке в открытых ручьях наиболее тяжелыми являются последние удары молота для доштамповки поковок по высоте. Необходимую массу падающих частей молота можно определить из сравнения энергии одного полного удара с работой деформации поковки за этот удар при ее доштамповке. Расчет этот аналогичен расчету массы падающих частей ковочных молотов (см. § 1, гл. IV). Энергия удара молота определяется по характеристике молота с учетом фактической массы верхней части штампа. Работа деформации определяется как сумма работ на осадку всей поковки и осадку заусенца на участке мостика. При этом ручей полностью заполнен. Истечение в заусенец представляет собой процесс прессования в щель, образуемую заусенечной канавкой. Большая часть металла, находящегося в самом ручье, не деформируется, а лишь находится в условиях всестороннего сжатия. Деформацией охвачен сравнительно небольшой объем у поверхности разъема. Очаг деформации имеет линзообразную форму. Общая деформирующая сила может быть представлена как состоящая из двух слагаемых: усилия деформации металла в ручье с выдавливанием его в заусенец и усилия деформации заусенца на участке мостика.

Для определения удельных усилий при осадке поковки и заусенца в курсе теории обработки металлов давлением [12] приводятся формулы для расчета значений коэффициента m , учитывающего вид процесса, форму и соотношение размеров очага деформации. При этом для поковок прямоугольных в плане или приближающихся к прямоугольнику получается:

в ручье

$$m = 1 + \frac{b}{h_3} + 0,1 \frac{a}{h_3},$$

на участке заусенечной канавки

$$m = 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{h_3};$$

для поковок круглых в плане или приближающихся к ним:
в ручье

$$m = 1,5 + \frac{b}{h_3} + 0,08 \frac{d}{h_3},$$

на мостике заусенечной канавки

$$m = 1,5 + \frac{1}{2} \cdot \frac{b}{h_3},$$

где b — ширина мостика; h_3 — толщина заусенца на участке мостика; a и d — соответственно ширина или наружный диаметр поковки.

Номинальную массу (в кг) падающих частей молота двойного действия для штамповки в открытых ручьях можно определить по следующим формулам [10]:

для круглых в плане поковок

$$G_0 = 5,6 \cdot 10^{-3} \sigma (1 - 0,0005 D_{\text{п}}) \left\{ 3,75 \left(b_3 + \frac{D_{\text{п}}}{4} \right) (75 + 0,001 D_{\text{п}}^2) + \right. \\ \left. + D_{\text{п}} \left(\frac{b_3^2}{2} + \frac{b_3 D_{\text{п}}}{4} + \frac{D_{\text{п}}^2}{50} \right) \ln \left[1 + \frac{2,5 (75 + 0,001 D_{\text{п}}^2)}{D_{\text{п}} h_3} \right] \right\};$$

для некруглых в плане поковок

$$G_m = 5,6 \cdot 10^{-3} \sigma (1 - 0,0005 D_{\text{нр}}) \left\{ 3,75 \left(b_3 + \frac{D_{\text{нр}}}{4} \right) (75 + 0,001 D_{\text{нр}}^2) + \right. \\ \left. + D_{\text{нр}} \left(\frac{b_3^2}{2} + \frac{b_3 D_{\text{нр}}}{4} + \frac{D_{\text{нр}}^2}{50} \right) \ln \left[1 + \frac{2,5 (75 + 0,001 D_{\text{нр}}^2)}{D_{\text{нр}} h_3} \right] \right\} \times \\ \times \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{l_{\text{п}}}{b_{\text{ср}}}} \right),$$

где $D_{\text{п}}$ — диаметр поковки, см; $D_{\text{нр}} = 1,13 \sqrt{F_{\text{п}}}$ — приведенный диаметр некруглой в плане поковки, см; $F_{\text{п}}$ — площадь некруглой в плане поковки, см²; b_3 и h_3 — соответственно ширина и высота мостика заусенечной канавки, см; $l_{\text{п}}$ — длина поковки, см; $b_{\text{ср}}$ — средняя ширина поковки в плане, см ($b_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{п}}}{l_{\text{п}}}$).

Величины G_0 и G_m можно определить также по номограммам, приведенным в литературе [5, 10].

В случае штамповки круглой в плане поковки в закрытом ручье

$$G = 10 (1 - 0,005D_{np}) (0,75 + 0,001D_{np}^2) D_{np} \sigma.$$

На практике необходимую массу падающих частей определяют часто по опыту штамповки аналогичных поковок или с помощью различных эмпирических формул, простейшая из которых $G \approx 4F$ связывает массу падающих частей молота двойного действия G в кг с площадью проекции поковки вместе со всем заусенцем на плоскость разъема F в см². Для молотов простого действия принимают $G \approx \approx 6F$. С помощью эмпирических формул потребная масса падающих частей может быть определена с точностью до $\pm 20\%$. Однако для решения практических задач ввиду большой разницы в массе падающих частей между соседними стандартного ряда молотами и часто еще большей разницы в массе падающих частей молотов, установленных в цехе, точность эмпирических формул оказывается часто вполне приемлемой.

Переходы штамповки

Выбор переходов штамповки. Выбор переходов зависит прежде всего от формы и размеров поковки и распределения ее объема по элементам фигуры. Необходимость применения тех или иных ручьев (рис. 126) зависит от их характеристик (см. гл. V, § 3), в частности окончательный ручей требуется во всех случаях, предварительный ручей желателен также почти во всех случаях, но не обязателен, а заготовительно-предварительный ручей желателен или необходим лишь при штамповке поковок, некоторые элементы которых имеют

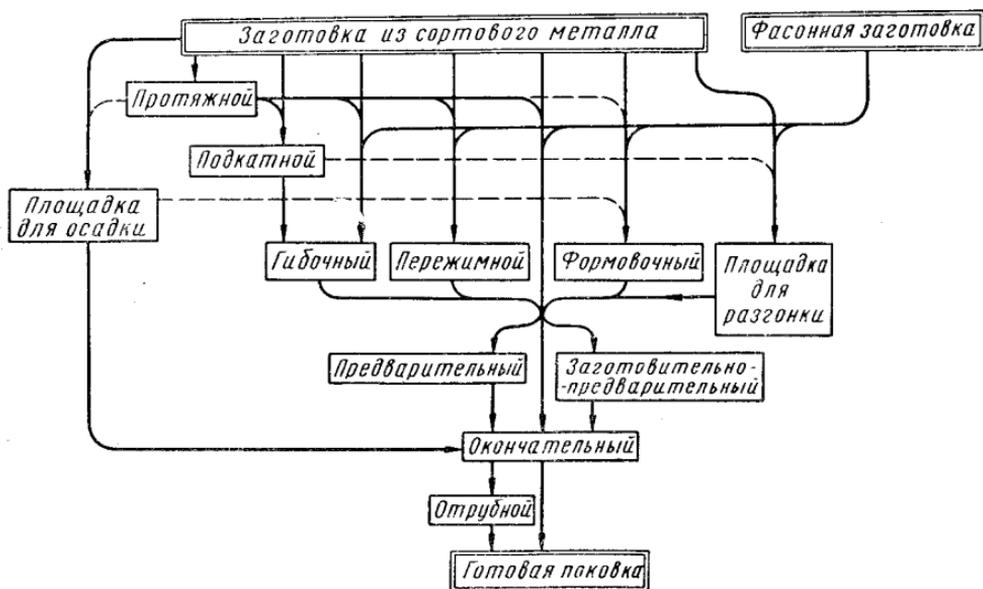


Рис. 126. Варианты последовательного применения ручьев при штамповке на молотах

особо трудно заполняемую форму. Области применения заготовительных ручьев, таких как формовочный, гибочный и площадка для осадки или разгонки, настолько характерны, что решение вопроса о необходимости того или иного из них зависит только от формы и размеров поковки и не зависит от распределения ее объема по элементам фигуры и других факторов. При этом каждый из указанных здесь заготовительных ручьев, а вместе с ними и пережимной ручей обычно взаимно исключают друг друга, т. е., например, использование гибочного ручья освобождает от применения формовочного, пережимного и площадки для осадки или разгонки, поскольку все, что выполняется в этих ручьях (применительно к поковке, подвергаемой гибке), может и должно быть выполнено в одном гибочном ручье. Некоторые трудности могут возникнуть лишь при выборе переходов штамповки поволоков с отростками и развилинами, а также имеющих вид развилин. В таких случаях с учетом соотношения геометрических элементов этих поволоков выбирают один из двух возможных вариантов штамповки: с гибкой или с применением пережимного и заготовительно-предварительного ручьев вместо гибки.

Иначе решается вопрос о применении пережимного, подкатного и протяжного ручьев, поскольку каждый из них используется для перераспределения объема заготовки вдоль ее оси. В семи возможных вариантах, используемых для этой цели, служат следующие ручьи: 1) штамповочный (окончательный или предварительный); 2) пережимной (также формовочный и гибочный); 3) подкатной открытый; 4) подкатной закрытый; 5) один протяжной или протяжной с пережимным; 6) протяжной с открытым подкатным и 7) протяжной с закрытым подкатным, причем пережимные, подкатные и протяжные ручьи предназначены только для перераспределения металла вдоль заготовки, а все другие (штамповочные, формовочный и гибочный) используют для этой цели попутно. Указанные семь вариантов использования ручьев и их сочетаний перечислены здесь по степени их эффективности и трудоемкости перераспределения металла вдоль заготовки от наименьшей к наибольшей.

При выборе переходов задача сводится к тому, чтобы определить оптимальный вариант, т. е. наименее трудоемкий для необходимого перемещения металла. Практика показала, что при выборе оптимального варианта необходимо и достаточно учитывать три основных фактора: отношение поперечных размеров заготовки до и после выполнения перехода, отношение этих размеров к длине заготовки и объем (или массу) заготовки. Чем меньше поковка, тем проще вариант переходов, используемых для перераспределения металла вдоль заготовки.

Пособием для выбора оптимального варианта может служить диаграмма (рис. 127), предложенная А. В. Ребельским [3], для использования которой необходимо предварительно построить так называемую расчетную заготовку и эпюру ее сечений.

Эпюра сечений (рис. 128). Эпюру строят по чертежу поковки. Для этого на поковке наносят характерные поперечные сечения и

$$\alpha = \frac{d_{max}}{d_{cp}}$$

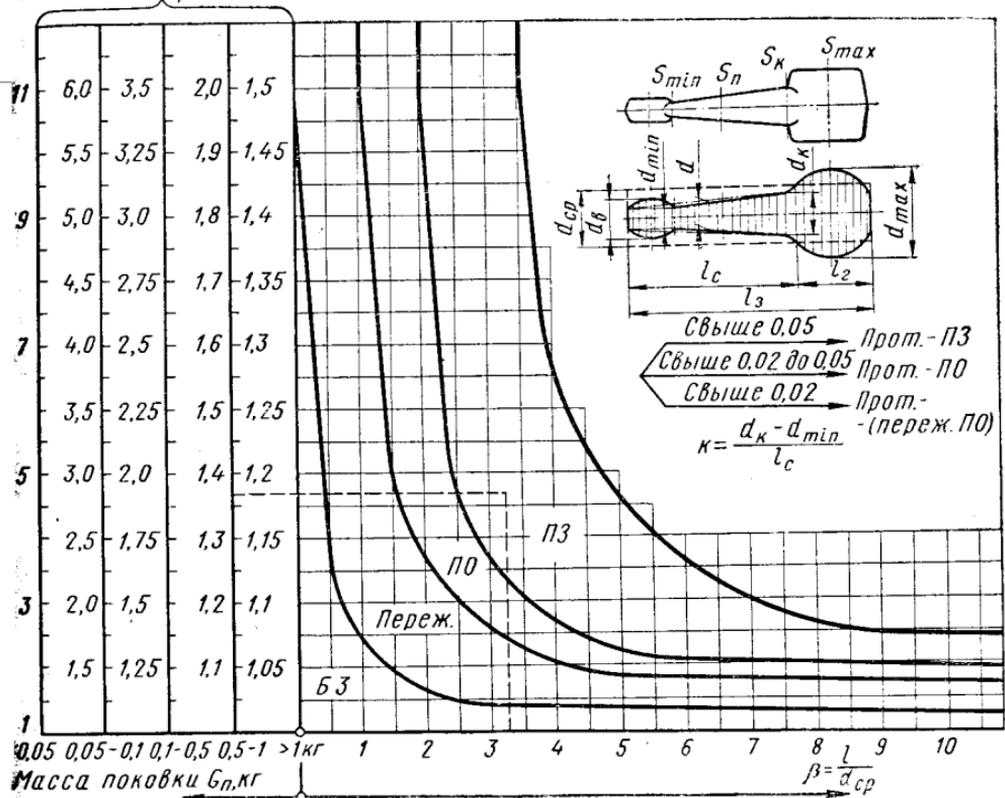


Рис. 127. Диаграмма пределов применения ручьев, предназначенных для перераспределения объема заготовки вдоль ее оси:

1 — расчетная заготовка; l_c и l_r — соответственно длины стержня и головки
 Условные обозначения:
 БЗ — штамповка без заготовительных ручьев; *Перезж.* — пережимной ручей; *ПО* — открытый подкатной ручей; *ПЗ* — закрытый подкатной ручей; *Прот.* — протяжной ручей

определяют их площади с учетом заусенца, причем, если поковка имеет какой-либо отросток, идущий в сторону от ее главной оси, то в этом месте в площадь поперечного сечения поковки следует включить площадь продольного сечения отростка. Для поволок с прямой осью основанием эпюры является отрезок l прямой, равный длине поковки. Для построения эпюры необходимо от ее основания отложить в масштабе M величины площадей характерных сечений поковки с заусенцем в виде отрезков h , перпендикулярных основанию эпюры, и соединить концы этих отрезков между собой.

Таким образом, $h = \frac{S}{M}$ (S — площадь поперечного сечения поковки с учетом заусенца с обеих ее сторон),

$$S = S_{\Pi} + 2 \cdot 0,8 S_3,$$

где S_{Π} — площадь поперечного сечения поковки; S_3 — площадь сечения заусенечной канавки.

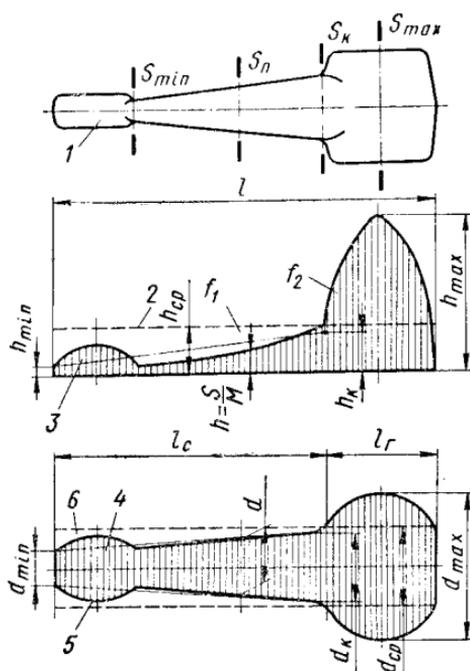


Рис. 128. Элементарная расчетная заготовка и эпюра ее сечений:

1 — поковка; 2 — эпюра среднего сечения; 3 — эпюра сечений; 4 — расчетная заготовка; 5 — выступ; 6 — средняя расчетная заготовка

величина которой соответствует объему металла, подлежащему при штамповке перемещению вдоль оси.

Для поволок с изогнутой осью эпюру сечений и расчетную заготовку строят по геометрической развертке поковки. При этом за длину l расчетной заготовки принимают длину геометрической развертки линии, проходящей через центры тяжести площадей поперечных сечений поковки, причем, если у поковки имеется какой-либо отросток, идущий в сторону от ее главной оси, то при определении центра тяжести в этом месте площадь отростка учитывать не следует.

Если заготовка подвергается гибке в гибочном или штамповочном ручье, необходимо учитывать, что ее отдельные участки могут подвергаться растяжению при гибке в результате обжима их между частями штампа, если обжим начинается раньше, чем закончится гибка. В таких случаях участки расчетной заготовки, соответствующие растягиваемым участкам реальной заготовки, должны быть соответственно укорочены, а площади их поперечных сечений — увеличены с учетом сохранения постоянства объема. При этом соответствующие участки на эпюре сечений должны быть сужены, а длина их увеличена. В отдельных случаях рассчитать заранее величину растяжения при гибке бывает довольно трудно. Тогда она уточняется опытным путем при опробовании штампа.

Как видно, площади отдельных участков эпюры сечений ΔS , помноженные на принятый масштаб M , представляют собой объемы соответствующих участков. Следовательно, и весь объем расчетной заготовки равен всей площади эпюры F_3 , помноженной на принятый масштаб:

$$V_3 = F_3 M.$$

Расчетная заготовка. Расчетной называется условная заготовка с круглыми поперечными сечениями, площади которых равны соответствующим площадям S . Диаметры кругов сечений, следовательно, равны $d = 1,13 \sqrt{S}$. Таким образом, расчетная заготовка представляет собой тело вращения.

Штриховая линия на высоте h_{cp} , соответствующая площади S_{cp} среднего сечения расчетной заготовки, отсекает на эпюре сечений избыточную площадь f_1 , равную недостающей площади f_2 ,

Если в поковке имеется сравнительно короткая, но глубокая выемка, образующая, например, при прошивке отверстия (рис. 129, а), то расчетная заготовка в этом месте принимает резкие очертания, получение которых в заготовительных ручьях затруднено. Необходимое перемещение металла вдоль оси в таких местах следует производить не в заготовительных, а в штамповочных ручьях. Контур же расчетной заготовки следует выравнять, придав ей более плавные очертания, как показано штриховой линией на рис. 129, б, и сохранив при этом ее объем. Соответствующие изменения следует внести сначала на эюре сечений, так как на ней всегда легче соблюсти необходимое для сохранения постоянства объема заготовки равенство отнимаемых и прибавляемых площадей.

Участок расчетной заготовки (см. рис. 128), в пределах которого $S > S_{cp}$, называется ее головкой. Остальная часть заготовки называется стержнем. Расчетная заготовка, состоящая из одной головки и одного стержня, расположенного по одну сторону от головки, называется элементарной расчетной заготовкой. Расчетные заготовки с одной головкой и двусторонним стержнем (рис. 130), с двумя (рис. 131 и 132) и более головками называются сложными. Для использования диаграммы рис. 127 каждую сложную расчетную заготовку необходимо привести к ряду элементарных. Каждая из заготовок (рис. 130 и 131) приводится к двум

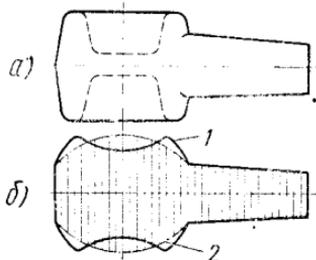


Рис. 129. Выравнивание контура расчетной заготовки:

а — поковка; б — расчетная заготовка; 1 — эпюра диаметров; 2 — приведенная эпюра

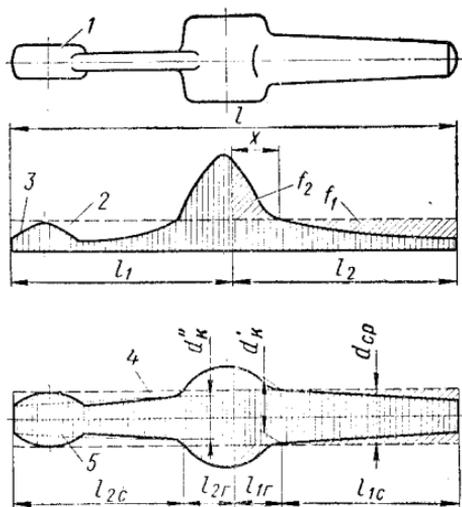


Рис. 130. Приведение заготовки с одной головкой и двусторонним стержнем к двум элементарным заготовкам:

1 — поковка; 2 — эпюра среднего сечения; 3 — эпюра сечений; 4 — средняя расчетная заготовка; 5 — расчетная заготовка

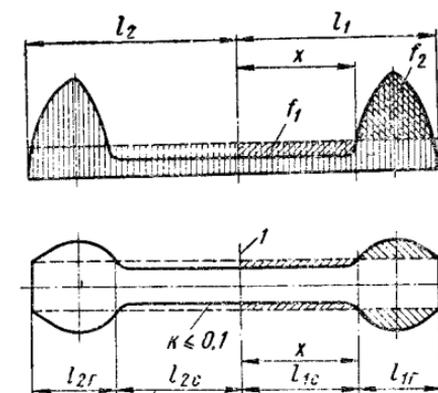
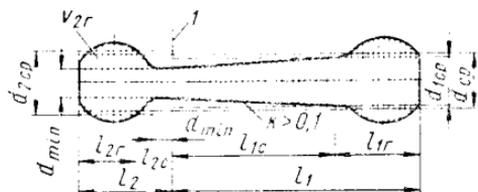


Рис. 131. Приведение заготовки с двумя головками и стержнем к двум элементарным заготовкам:

l_1 и l_2 — длина первого и второго участков; 1 — линия раздела

Рис. 132. Приведение к элементарной заготовке со стержнем с большой конусностью:

1 — линия раздела



элементарным, границу между которыми (линию раздела) устанавливают по условию соблюдения равенства площадей f_1 и f_2 на эпюрах сечений¹. При большой конусности стержня (рис. 132) линия раздела расположена ближе к наименьшему сечению стержня. В этом случае у каждой из двух образованных элементарных заготовок получаются свои отличные друг от друга значения S_{cp} . После построения и соответствующего выравнивания контура расчетных заготовок, а также приведения их к элементарным, надо для каждой элементарной заготовки (см. рис. 128) определить значения d_{min} , d_{max} , d_{cp} , l , длину стержня l_c и диаметра d_k в месте перехода от головки к стержню, причем, если на стержне есть выступы и контур его представляет кривую или ломаную линию, то для нахождения d_k требуется привести этот стержень к форме усеченного конуса, сохранив его длину и объем, и подсчитать диаметр его большего основания

$$d_k = \sqrt{3,82 \frac{V_c}{l_c} - 0,75 d_{min}^2 - 0,5 d_{min}^2},$$

где V_c — объем стержня.

После этого надлежит подсчитать соотношения размеров элементарной расчетной заготовки, которые характеризуют степень осевого перемещения металла в ней. Такими соотношениями являются

$$\alpha = \frac{d_{max}}{d_{cp}}, \quad \beta = \frac{l}{d_{cp}} \quad \text{и} \quad k = \frac{d_k - d_{min}}{l_c}.$$

Кроме этих коэффициентов необходимо учесть абсолютные значения размеров заготовки, потому что изменение этих размеров так же, как изменение их соотношений, влечет за собой необходимость изменения переходов штамповки. Так, уменьшение размеров обычно упрощает штамповку. С уменьшением размеров снижается потребность в протяжных ручьях; значительные перемещения объемов, требующие у тяжелых поковок применения предназначенных для этого заготовительных ручьев, становятся небольшими и легко осуществимыми в штамповочных ручьях. При этом для характеристики абсолютных размеров заготовки возможно и удобно в данном случае использовать массу заготовки или массу G_p поковки или ее участка, соответствующего элементарной расчетной заготовке.

Таким образом, при выборе варианта переходов штамповки, необходимых для перераспределения металла вдоль оси заготовки,

¹ Указанная граница характеризуется отсутствием перемещения через нее деформируемого объема при превращении средней расчетной заготовки в расчетную.

требуется определить коэффициенты α , β , k и массу поковки $G_{\text{п}}$ или ее участка.

На диаграмме (см. рис. 127) видно, как постепенно по мере увеличения значений α , β и $G_{\text{п}}$ возрастают сложность и трудоемкость необходимой обработки исходной заготовки в заготовительных ручьях. Диаграмма указывает, при каких значениях α , β , k и $G_{\text{п}}$ надлежит применить тот или иной из этих ручьев, или их комбинацию. Так, например, при $G_{\text{п}} = 0,8$ кг, $\alpha = 1,37$ и $\beta = 3,2$ следует применить только закрытый подкатной ручей (ПЗ). Коэффициент k , характеризующий конусность стержня элементарной расчетной заготовки, следует подсчитывать только в тех случаях, когда значения α и β указывают, что искомый ответ по рис. 127 находится выше и правее зоны ПЗ.

Тогда при небольшой конусности стержня ($k < 0,02$) рекомендуется применить только одну протяжку или протяжку с последующим пережимом, или же протяжку с последующей открытой подкаткой; при средней конусности стержня ($k = 0,02 \div 0,05$) следует применять только протяжку с последующей открытой подкаткой, при большой конусности стержня ($k > 0,05$) — только протяжку с последующей закрытой подкаткой. Диаграмма составлена для элементарных расчетных заготовок. При выборе переходов штамповки для поковок, характеризуемых сложной расчетной заготовкой, сначала определяют, какие ручьи или их комбинации потребовались бы отдельно для каждой из ее элементарных заготовок. Затем из всех выявленных таким образом вариантов штамповки принимают общий для всей заготовки самый сложный из них.

В некоторых случаях (см. табл. 5) вместо исходной заготовки из сортового проката применяют фасонную заготовку. Последняя может быть получена ковкой на ковочных молотах, литьем, прокаткой (периодический прокат), вальцовкой или другими способами объемной штамповки. При одноручьева штамповке заготовке предварительно придают каким-либо из указанных способов форму и размеры, обеспечивающие получение готовой поковки штамповкой в одном окончательном ручье без заготовительных ручьев и с наименьшим отходом в заусенец. При многоручьева штамповке использование фасонной заготовки (см. рис. 126) обычно исключает применение только двух наиболее трудоемких переходов — протяжки и подкатки. В этом случае фасонная заготовка, каким бы ни был способ ее изготовления, должна иметь размеры расчетной заготовки или несколько отличаться от расчетной заготовки только формой поперечных сечений, т. е. поперечные сечения фасонной заготовки могут быть не только круглыми.

Мелкие поковки штампуют одновременно в одном штампе с одним общим заусенцем по 2—3 и реже до 6 шт. Преимущества этого способа по производительности, расходу штампов, а иногда и расходу металла столь очевидны и велики, что поковки, для которых требуются молоты с массой падающих частей менее 0,5 т, изготавливают только многоручьева штамповкой и поэтому штамповочные молоты с массой падающих частей менее 0,5 т вовсе не применяют. В зависимости

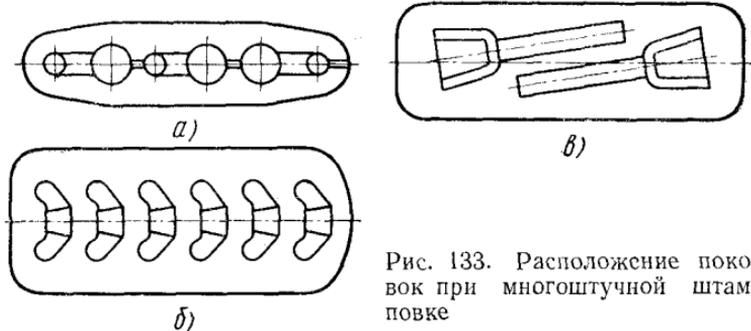


Рис. 133. Расположение поковок при многоштычной штамповке

от формы поковок штамповочные ручки располагают либо в линию (рис. 133, а и б), либо валетом (рис. 133, в), с тем чтобы общая длина таких объединенных поковок не превышала 350—400 мм. При определении размеров заусенца поковки, штампуемые одновременно, принимают за одну цельную поковку. Расчетная заготовка для них строится как для одной цельной поковки. При этом правильное взаиморасположение поковок валетом значительно уменьшает перепады в площади поперечных сечений заготовки, придает ей более плавные очертания и значительно упрощает технологию ее подготовки, часто освобождая от применения протяжных и подкатных ручьев, необходимых при штамповке этих же поковок порознь.

Вид заготовки

Мелкие поковки, изготавливаемые по одной или по несколько штук одновременно, наиболее экономично и производительно штамповать от прутка длиной не более 1200 мм и массой не более 3,5—4,5 кг с последовательным отделением готовых поковок от прутка в отрубном ручье молотового штампа. Такие прутки, нарезаемые каждый на определенное количество поковок, сперва нагревают с одного конца и удерживают при штамповке за другой конец в руках без клещей, причем за каждый нагрев и последующие подогревы штампуют и отрубают по несколько поковок. Когда длина прутка станет небольшой, его захватывают клещами. Предпоследнюю поковку не отрубают. За нее держат заготовку в клещах при штамповке последней поковки. Таким образом, штамповка осуществляется без каких-либо дополнительных отходов, кроме как на угар и заусенец.

Средние поковки штампуют последовательно из заготовки на 2 шт. с одного нагрева. При штамповке первой поковки заготовку клещами держат за второй ее конец, при штамповке второй поковки — за готовую первую поковку. При этом, кроме заусенцев первой и второй поковок, в отход уходит образующаяся между этими заусенцами перемычка обычно небольших размеров.

Тяжелые поковки штампуют из штучной заготовки на одну поковку, причем у тяжелых поковок сложной формы возникает дополнительный отход металла — на клещевину, необходимую для удержания заготовки в клещах при манипулировании. Области примене-

ния каждого из трех указанных способов штамповки с учетом массы G_n и длины l_n поковки отмечены на диаграмме (рис. 134).

Клещевину удаляют вместе с заусенцем. Для использования клещевины в качестве заготовки под штамповку каких-либо других более мелких поковок клещевину одновременно с обрезкой заусенца отделяют от него. При невозможности использования клещевина идет в отход. Для уменьшения отхода клещевину, когда это возможно, получают предварительно оттяжкой заготовки до минимально необходимых размеров по толщине и длине, хотя это и снижает производительность штамповки.

Существует несколько различных способов, позволяющих избежать отхода на клещевину. Например, для некоторых поковок можно все ручьи, кроме окончательного, сделать укороченными и все манипуляции с заготовкой производить, держа клещами заготовку за необрабатываемый конец, а затем всю заготовку целиком уложить в окончательный ручей и проштамповать в нем, не удерживая ее клещами.

Круглые и квадратные в плоскости разъема поковки независимо от их размеров штампуют в открытых ручьях обычно из заготовки на 1 шт. с предварительной осадкой ее в торец. Как было указано выше (см. гл. V, § 3), осадку производят преимущественно на площадке для осадки. Осадка является обязательной для поковок, имеющих в своей периферийной части (например, на ободе) внутренние штамповочные уклоны. При наличии высокой бобышки в средней части поковки (например, высокой ступицы) с диаметром, меньшим диаметра исходной заготовки, перед осадкой производят оттяжку одного или обоих концов заготовки в закрытом протяжном ручье с тем, чтобы указанная бобышка заполнялась не вдавливанием, а осадкой. При этом на площадке для осадки предусматривают под такие бобышки соответствующие углубления.

Как было показано на рис. 113, избежать образование зажима у внутренней поверхности поковки (например, у перехода от диска к ободу шестерни) можно лишь при правильной последовательности заполнения глубокой полости в этой части ручья, т. е. когда металл затекает в эту полость одновременно по наружным и внутренним

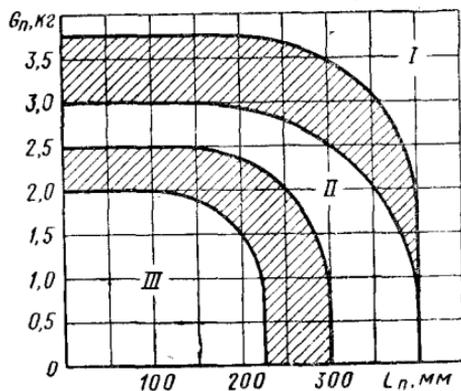


Рис. 134. Диаграмма пределов применения видов заготовок из сортового проката (зоны, в которых возможно применение любого из двух соседних видов заготовок, заштрихованы). Зоны штамповки:

I — из отдельной заготовки; II — с поворотом; III — с отрубкой поковки на ноже

уклонам, не открываясь от боковых поверхностей штампа. Такая последовательность заполнения должна быть обеспечена в первую очередь соответствующими размерами предварительно осаженной заготовки, а не увеличением внутреннего радиуса на поковке, т. е. не за счет увеличения напуска.

Хороший результат получается при штамповке заготовок, предварительно осаженных до диаметра, немногим меньшего наружного диаметра поковки. При этом у осаженной заготовки остается высокая часть только в середине (под бобышку), а периферийная часть заготовки получается обычно ниже периферийной части поковки (ниже обода). Тогда при заполнении этой части окончательного ручья металл течет в глубину ручья одновременно по наружным и внутренним уклонам (см. рис. 113, б); в последнюю очередь заполняется донная часть ручья. При этом зажимы металла в теле поковки образоваться не могут. Это дает возможность немного уменьшить внутренние радиусы закругления на поковках, у которых при иной последовательности заполнения ручья (см. рис. 113, а) непременно образуются зажимы.

Однако, чем больше диаметр осаженной заготовки, тем менее продолжительна первая стадия процесса штамповки (свободная прошивка), и поэтому больше металла вытекает в заусенец. Минимальный диаметр d осаженной заготовки обеспечивающий получение поковки без зажимов и при наименьшем отходе металла в заусенец зависит от отношений диаметра d заготовки и внутреннего диаметра $D_{в}$ обода поковки к наружному диаметру $D_{н}$ поковки и в меньшей мере от отношения высоты обода к наружному диаметру поковки, а также от радиуса R перехода от диска к ободу. Ориентировочно при $R < 3$ мм минимальный диаметр $d = 3,45D_{в} \left(1,03 - \frac{D_{в}}{D_{н}} \right)$; при $R > 3$ мм $d = 5,88D_{в} \left(0,77 - \frac{D_{в}}{D_{н}} \right)$.

Иной подход нужен при выборе переходов для штамповки в окончательных ручьях закрытого вида, поскольку практически такая штамповка успешна только в том случае, когда ручей заполняется почти исключительно осадкой и допустимое при этом вдавливание непременно должно полностью завершиться до момента достижения штампуемым металлом линии разреза. Поэтому при штамповке на молотах в закрытых ручьях предварительная осадка заготовки, как правило, не производится. Исходную заготовку подвергают осадке непосредственно в штамповочном ручье или (когда поперечные размеры не позволяют заготовку опереть на дно ручья) перед осадкой оттягивают конец или оба конца заготовки в закрытом протяжном ручье.

Размеры заготовки

Расчет размеров заготовки из сортового проката включает определение объема заготовки, площади и размеров ее поперечного сечения и в последнюю очередь длины заготовки. Объем заготовки опре-

деляют как сумму объемов поковки и отходов на угар, заусенец и перемычки под прошивку. При этом для определения объема заготовки иногда удобно воспользоваться эapurой сечений. А в отдельных случаях, когда поковка имеет сложную форму, но масса ее неизвестна, легче бывает определить ее объем не по чертежу поковки, а как разность между объемом заготовки, установленным с помощью эапуры сечений, и расчетным объемом заусенца.

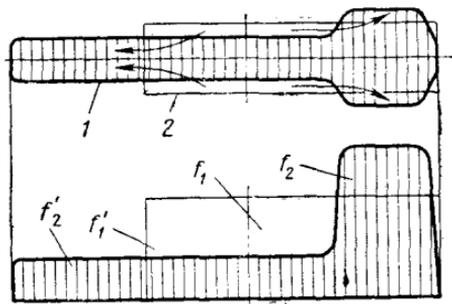


Рис. 135. Подкатка укороченных заготовок

Площадь поперечного сечения заготовки зависит от переходов штамповки. Так, например, если из заготовительных ручьев при штамповке какой-либо поковки применяется только протяжной, то очевидно, что площадь поперечного сечения заготовки следует выбрать близкой к площади наибольшего сечения расчетной заготовки; если применяется подкатной, — то к площади среднего сечения расчетной заготовки, если же применяются протяжной и подкатной, — то к площади промежуточного между наибольшим и средним сечениями расчетной заготовки.

При подкатке заготовок вида элементарной расчетной заготовки 1 из исходной заготовки 2, укороченной со стороны стержня (рис. 135), одновременно с подкаткой основной части заготовки происходит оттяжка ее конца, причем подкатка получается менее трудоемкой и более производительной, чем при исходной заготовке длиной, равной длине расчетной заготовки. При отсутствии конусности и каких-либо выступов на стержне, оттяжка конца и подкатка заканчиваются почти одновременно, если на эапуре сечений заготовки будет соблюдено равенство площадей:

$$f_1 = f_2 = f'_1 = f'_2.$$

При наличии конусности и каких-либо утолщений на стержневой части расчетной заготовки, способствующих или препятствующих процессам подкатки и оттяжки, значения f_1 и f'_1 , при которых эти процессы заканчиваются одновременно и за наименьшее число ударов, не равны между собой. Их соотношение изменяется с изменением формы стержня. При этом изменяется также и значение площади поперечного сечения исходной заготовки F .

При подкатке заготовок вида сложной расчетной заготовки указанные положения касаются только двух крайних элементарных заготовок, из которых состоит расчетная заготовка, или, как правило, только одной из них, поскольку второй конец исходной заготовки не может быть укорочен, так как обычно он связан с клещвиной. На других участках исходной заготовки ее длина равна длине соответствующих участков поковки. Так или иначе площадь

сечения исходной заготовки F , подвергаемой только подкатке, всегда оказывается несколько больше $S_{\text{ср}}$ и практически колеблется в пределах от $1,05 \frac{V}{l}$ до $1,2 \frac{V}{l}$ (V — объем заготовки с учетом отхода на угар, l — длина расчетной заготовки).

По этим же причинам при штамповке с применением только пережимного или формовочного ручья $F = (1,05 \div 1,3) \frac{V}{l}$.

При штамповке удлиненных в плоскости развѐма поковок без применения заготовительных ручьев на значительное перемещение объема заготовки вдоль ее оси не рассчитывают и, учитывая, что заготовка по длине должна свободно разместиться в штамповочном ручье, площадь ее поперечного сечения

$$F = (1,02 \div 1,05) \frac{V}{l_{\text{п}}},$$

где $l_{\text{п}}$ — длина поковки, причем большее значение коэффициента принимают для коротких (менее 80 мм), меньшее — для средних и длинных (более 250 мм) поковок.

При штамповке с одним протяжным ручьем $F = \frac{V}{l}$ (где V и l — соответственно объем и длина непротягиваемой части заготовки).

При штамповке с протяжным и подкатным ручьями сперва подсчитывают два значения площади: для случая применения только протяжки и для случая применения только подкатки. Затем принимают для площади заготовки промежуточное значение между двумя полученными ранее — либо среднее, либо более близкое к одному из них с учетом желаемого распределения трудоемкости всего процесса перемещения металла вдоль оси заготовки по двум этим переходам.

Для поковок, изготовляемых осадкой исходной заготовки в торец, диаметр D или сторону квадрата A определяют по следующим формулам:

$$D = 1,08 \sqrt[3]{\frac{V}{m}}; \quad A = \sqrt[3]{\frac{V}{m}},$$

где m — коэффициент, обозначающий отношение $\frac{l}{D}$ или $\frac{l}{A}$, принимают в пределах от 1,5 (лучший для резки заготовок) до 2,5 (лучший для штамповки).

Полученное расчетом значение площади заготовки корректируется в соответствии с имеющимся сортаментом прутков по стандарту. При штамповке без клещевины длина заготовки $l = \frac{V}{F}$. При штамповке с клещевинной к объему заготовки прибавляют объем клещевины и соответственно увеличивают длину исходной заготовки.

Удобная для удержания в клещах клещевина должна быть длиной $(0,5 \div 0,6) D$, но не менее 25 мм. Клещевина может быть и больших размеров в том случае, если ее используют в качестве исходной заготовки под штамповку другой более мелкой поковки. При этом объем и размеры клещевины рассчитывают как для исходной заготовки.

Для экономии металла можно в качестве первого перехода при многоручьевой штамповке производить оттяжку конца заготовки под клещевину на меньшее сечение. В таком случае длина оттягиваемой части заготовки может быть уменьшена только до $(0,3 \div 0,35) D$, так как захватить бойками более короткий конец трудно. Длина оттянутой клещевины получается удобной для удержания в клещах, если оттянуть ее на квадратное сечение со стороной, равной $(0,4 \div 0,5) D$. Весьма рационально совмещение оттяжки клещевины с протяжкой заготовки в одном переходе. Если же заготовку не подвергают протяжке, то оттяжку клещевины как отдельный переход при штамповке заготовок диаметром менее 40 мм или длиной более 250—300 мм обычно не производят, потому что при этих условиях она в связи со снижением производительности штамповки экономически не выгодна.

§ 6. КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПА

Ручьи

Конструированию штампа в целом предшествует расчет и конструирование его ручьев. До конструирования штамповочных ручьев вычерчивают так называемый чертеж поковки для изготовления штампа, в котором кроме размеров, указанных на рабочем чертеже поковки, предусматривают все размеры, необходимые для построения линии разъема; размеры по высоте указывают только от разъема; проставляют все горизонтальные размеры напусков, образуемых штамповочными уклонами. На этом чертеже не указывают допусков на размеры поковки и контуров готовой детали.

Размеры на чертеже поковки (в зависимости от того, как принято на данном заводе изготавливать штамп — с помощью обычного измерительного инструмента или усадочного) проставляют соответственно либо с учетом усадки поковки при остывании (горячие размеры), либо без учета (холодные размеры). В обычных условиях эксплуатации молотовых штампов (при температуре их рабочей поверхности около 250°C) горячие размеры стальных поковок обычно на 1,5% больше их холодных размеров. При меньшем разогреве штампа и при температуре окончания штамповки более близкой, чем обычно, к нижнему пределу температурного интервала штамповки горячие размеры стальных поковок только на 1,2—1,3% больше холодных.

Окончательный (чистовой) ручей. Этот ручей выполняют по чертежу поковки для изготовления штампа без отклонений. Заусенечную канавку вокруг него выполняют обычно нормализованных размеров, выбираемых по расчету (см. § 5, гл. 5).

Предварительный (черновой) ручей. У этого ручья вместо заусенечной канавки против труднозаполнимых мест иногда применяют канавки для торможения заусенца (рис. 136). Все наружные и внутренние радиусы закруглений кромок фигуры предварительного ручья, а также кромки ручья по разъему делают на 2—4 мм больше

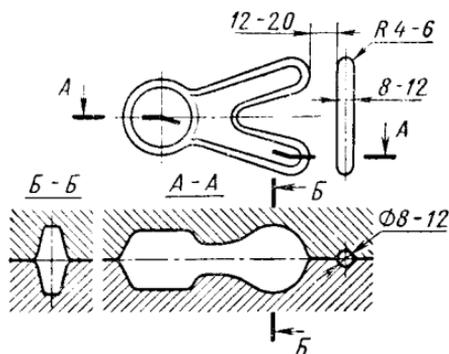


Рис. 136. Канавка для торможения заусенца у предварительного ручья

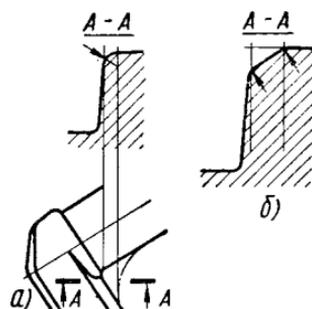


Рис. 137. Специальный завал и срез кромок заготовительно-предварительного ручья

соответствующих радиусов в окончательном ручье. Иногда для облегчения удаления заготовок, часто застревающих в штамповочных ручьях, в предварительном ручье применяют, вместо уклонов, установленных для окончательного ручья, уклоны ближайšie бóльшие из принятого ряда. Это увеличение уклонов делают у сравнительно мелких (относительно ширины) ручьев, причем только за счет уменьшения объема ручья при сохранении контура поковки на разъеме. В противном случае неизбежно надкусывание и защемление штампуемого металла по штамповочным уклонам в окончательном ручье.

Если обработка в предварительном ручье происходит после гибки, то чтобы исключить образование зажимов в местах, соответствующих резкому изгибу, надо сделать завал кромок ручья по линии разъема большими радиусами (рис. 137, а) или скосами (рис. 137, б).

Заготовительно-предварительный ручей. Эти ручьи обычно отличаются от предварительных на участках, где образуются ребра, двутавровые сечения, развилины, глубокие выемки, отростки, выступы и другие труднозаполнимые участки поковки. Полость для ребра делают в них менее глубокой, чем в окончательном ручье, и с расчетом равенства объема A , образуемого дополнительным напуском в предварительном ручье (рис. 138), объему B , необходимому для заполнения ребра по высоте в окончательном ручье. При штамповке двутавра по мере возрастания трудности заполнения полостей следует в заготовительно-предварительном ручье применять эллиптическое (рис. 139, а), прямоугольное (рис. 139, б) или фасонное (рис. 139, в) сечения с расчетом объемов, аналогичным расчету при штамповке ребер. Делать штамповочные уклоны отличными от уклонов в окончательном ручье в этом случае, как и при штамповке ребер, не следует.

При штамповке поволоков типа скоб и вилок, а также при прошивке отверстий, т. е. в тех случаях, когда заготовка укладывается так, что ее ось находится не в полости ручья, а между полостями в заготовительно-предварительном ручье, следует применять рассекатель (рис. 140). При штамповке отростков (рис. 141) в заготовительно-предварительном ручье, чтобы облегчить затекание

Рис. 138. Профиль ребра:
1 — в заготовительно-предварительном и 2 — в окончательном ручьях

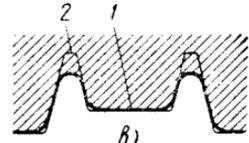
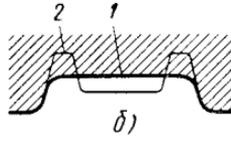
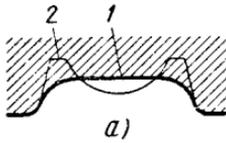
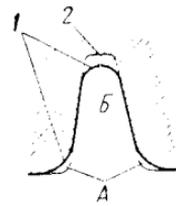


Рис. 139. Профиль двутавра:

1 — в заготовительно-предварительном и 2 — в окончательном ручьях

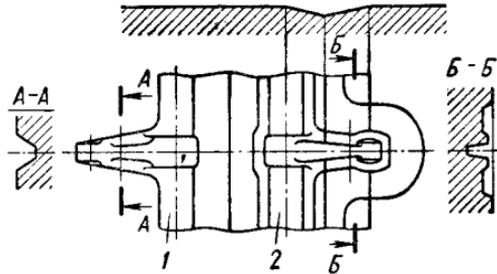
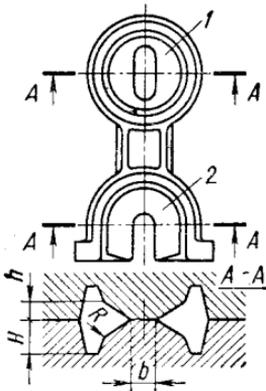


Рис. 140. Рассекатели:

1 — при прошивке отверстия; 2 — при штамповке вилки; $b = 8 \div 10$ мм; $h = (0,4 \div 0,6) H$; $R \approx 0,5 H$

Рис. 141. Полости под отросток на поковке:

1 — в заготовительно-предварительном и 2 — в окончательном ручьях

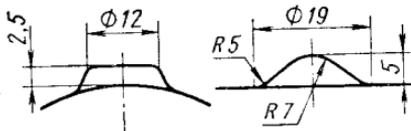


Рис. 142. Типовые мелкие выступы на поковках, не штампуемые в предварительных ручьях

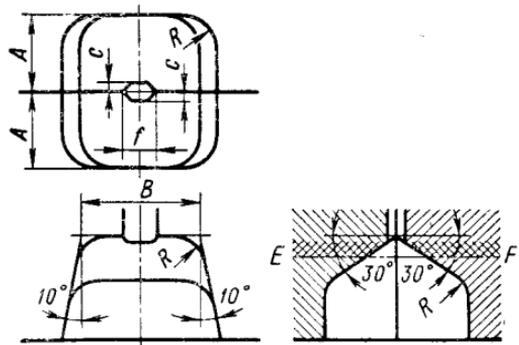


Рис. 143. Выемка под клещевину

металла в отросток, рекомендуется выполнять плавный радиус перехода к отростку, а уширения к концу отростка не делать. Не следует также в заготовительно-предварительных ручьях делать выступы малых размеров и высоты (рис. 142), которые легко можно получить при штамповке в окончательном ручье. Несоблюдение приведенных выше правил приводит не только к незаполнению окончательных ручьев, но и к образованию в них зажимов.

При штамповке с клещевиной (см. гл. V, § 5), чтобы не пришлось увеличивать длину клещевины, перед штамповочными ручьями выполняют, не снижая прочности стенок штампа, специальные выемки для размещения в них конца клещевины вместе с губками клещей¹. Выемку под клещевину, достаточную для размещения в ней клещевины и губок клещей, рекомендуется применять (рис. 143) с размерами: $B \approx 1,1D + 18$ мм, $A \approx 0,7D + 12$ мм и $R \approx 0,2D + 6$ мм (D — диаметр или сторона квадрата исходной заготовки или ее оттянутого конца). При близком расположении ручья от фронта штампа глубину выемки следует уменьшить, ограничив выемку линией EF . При штамповке без клещевины, когда выемка служит только воронкой при контрольной заливке ручья (см. гл. V, § 7) $B \approx G_{\text{п}} + 30$ мм ($G_{\text{п}}$ — масса поковки, кг). Если при наличии двух штамповочных ручьев толщина стенки штампа между выемками под клещевину остается менее 18—20 мм, стенку эту как не прочную следует убрать, объединив две выемки в одну общую для обоих ручьев. Канавки для контрольной заливки для поковок массой до 10 кг рекомендуется делать размерами $f \approx 0,9G_{\text{п}} + 5$ мм и $c \approx 0,35G_{\text{п}} + 1$ мм. Для поковок массой более 10 кг канавку для заливки следует делать круглого сечения, ее диаметр $d \approx 0,2G_{\text{п}} + 10$ мм, но не более 30 мм.

Формовочный ручей (рис. 144). Этот ручей располагают на краю штампа. Контур продольного сечения ручья строят по контуру поковки в плоскости разъема так, чтобы в местах, где высота ручья h больше толщины исходной заготовки A , перекрывать контур поковки контуром ручья на 1—2 мм на сторону, а в местах, где $h < A$, перекрывать контур ручья контуром поковки на 3—5 мм на сторону. При этом горизонтальные участки продольного сечения ручья, где $h < A$ должны быть заменены уклонами 3—5° в сторону мест, где $h > A$. Нельзя допускать, чтобы ширина заготовки получалась более трех ее высот, так как при последующей обработке в штамповочном ручье эти места заготовки будут претерпевать продольный изгиб с образованием продольного зажима. Во избежание этого минимальную высоту формовочного ручья h_{min} делают не менее $\sqrt{\frac{F}{3}}$ (F — площадь сечения исходной заготовки). Во избежание аналогичных зажимов (рис. 145), образуемых при недостаточной ширине b (см. рис. 144) формовочного ручья (рис. 146), последняя должна быть не менее $\frac{F}{h_{\text{min}}} + (10 \div 20)$ мм.

¹ При штамповке двух поковок из одной заготовки эти выемки позволяют уменьшить перемычку между поковками.

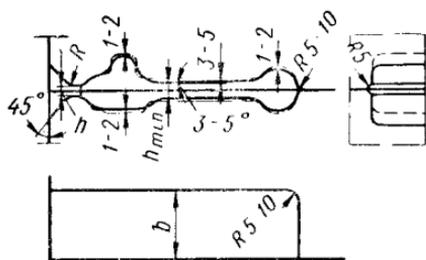


Рис. 144. Формовочный ручей

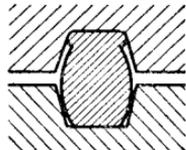


Рис. 145. Образование зажима в штамповочном ручье в результате недостаточной ширины открытого заготовительного ручья

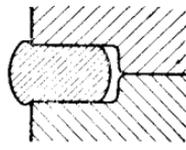


Рис. 146. Обжатие заготовки в открытом заготовительном ручье недостаточной ширины

На участке перехода от ручья к выемке под клещевину, чтобы не отрубить клещевину от заготовки, предусматривают глубину перемычки (см. рис. 144) $h \approx (0,2 \div 0,3) A$ и радиус $R = 0,2A + 5$ мм.

Гибочный ручей. Контур продольного сечения гибочного ручья (рис. 147) строят так же, как для формовочного, но с учетом того, что у подвергаемой гибке заготовки поперечное сечение может быть непостоянным (например, после протяжки или подкатки), а также с учетом следующих рекомендаций. После резкого изгиба возможно образование зажима. Как видно из рассмотрения рис. 148, а, этот зажим образуется в результате неизбежного встречного течения металла при обработке в штамповочном ручье согнутой заготовки. Во избежание зажима в поковке внутренние радиусы закругления в гибочном ручье необходимо делать максимальными (рис. 148, б), однако достаточными для заполнения штамповочного ручья с образованием минимально необходимого заусенца. Таким приемом можно весь зажим переместить из поковки в заусенец.

Для центрирования заготовки рекомендуется выступы ручья (см. рис. 147) при углах отгиба $\alpha > 70^\circ$ выполнять вогнутыми по ширине ручья (рис. 149) с глубиной выемки $h_1 = (0,1 \div 0,2) h$. Также необходимо, чтобы заготовка в ручье опиралась минимум на два выступа нижней части ручья и чтобы укладка производилась не на глаз, а по упору какой-либо головки или выступа на заготовке в один из выступов на профиле гибочного ручья. Если форма ручья и заготовки таковы, что сделать этого нельзя, то следует предусмо-

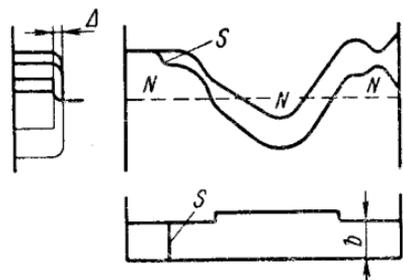


Рис. 147. Гибочный ручей

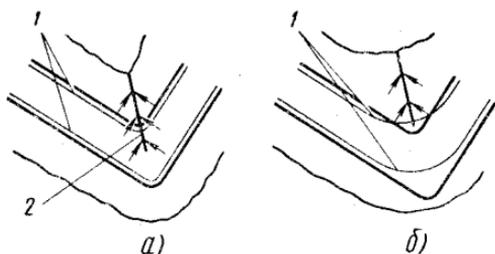


Рис. 148. Образование зажима после гибки: а — зажим в поковке и заусенце; б — зажим только в заусенце; 1 — контур гибочного ручья; 2 — складка

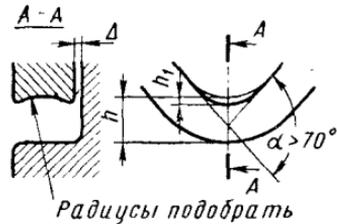


Рис. 149. Вогнутость выступа в гибочном ручье

их прочности; при этом лучше их делать вставными. Зазор Δ (см. рис. 147 и 149) между боковой поверхностью одной части штампа и выступом гибочного ручья на другой части штампа с учетом возможных во время штамповки относительных сдвигов частей штампа должен быть 4—10 мм в зависимости от массы падающих частей молота. При штамповке после гибки могут образоваться зажимы такие же как после формовки. Для предупреждения их следует проверять минимально допустимую высоту ручья по условию $h \geq \sqrt{\frac{F}{3}}$ и рассчитывать ширину ручья по выражению $b = \frac{F}{h} + (10 \div 20)$ мм при гибке заготовок переменного сечения для нескольких мест ручья (для всех характерных сечений заготовки).

Пережимной ручей. Устройство этого ручья отличается от формовочного только способом построения контура продольного сечения, а иногда также наличием фасонных поперечных сечений при выполнении в ручье рассекателей и т. п. Контур продольного сечения ручья строят по контуру расчетной заготовки (см. гл. V, § 5) с отклонением от него только в местах пережима и набора металла для интенсификации перемещения металла заготовки вдоль ручья. При этом высоту ручья определяют путем умножения значения соответствующего диаметра расчетной заготовки на 0,6—0,75 в местах пережима и на 1,05—1,1 в местах набора металла. Затем полученный контур корректируют, делая переходы более плавными.

Подкатные ручьи. Кроме обычных подкатных ручьев — открытого (рис. 150, а) и закрытого (рис. 150, б), применяют закрытые ручьи с переменной шириной (рис. 150, в) для подкатки после протяжки, когда $b_k > 60$ мм, а расчетное отношение $\frac{b_k}{b_c} > 1,5$ и ручьи смешанного вида (рис. 150, г), которые закрыты в стержневой части и открыты у головок. Обработанные в них заготовки имеют вид, показанный на рис. 151.

Контур продольного сечения подкатного ручья строят аналогично тому, как контур пережимного ручья. Впервые расчет подкатных ручьев был предложен М. Г. Борцем, который исходя из того, что подкатка придает поперечным сечениям заготовки форму, близкую к эллиптической, принял, что площадь поперечного сечения расчетной заготовки $S = \pi \frac{b}{2} \cdot \frac{h}{2}$, и установив из практики,

треть в ручье специальный упор S для свободного конца исходной заготовки (см. рис. 147).

Относительно плоскости разреза ручей следует располагать так, чтобы выступающие над плоскостью разреза части ручья N (см. рис. 147) в верхней и нижней частях штампа были примерно равнопрочны. В одной верхней части штампа такие выступы можно делать только в тех случаях, когда не возникает сомнений

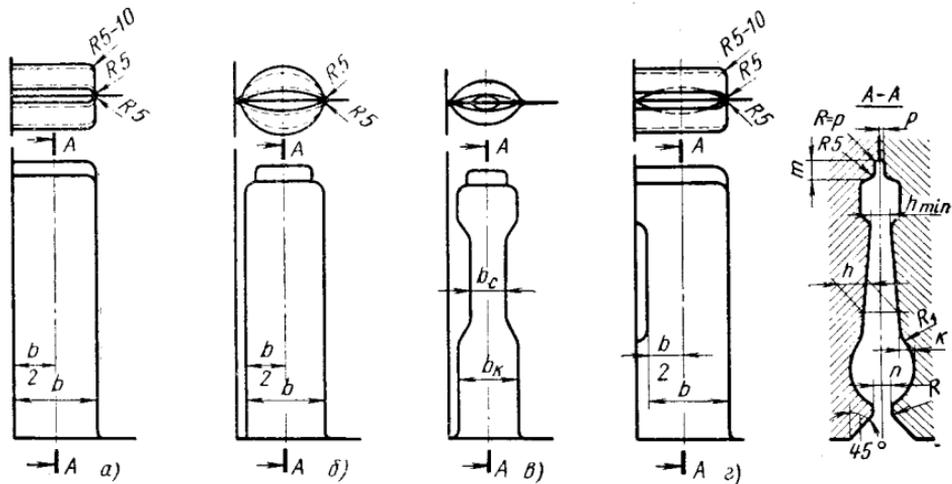
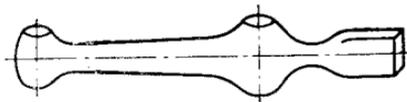


Рис. 150. Подкатные ручки

что $\frac{b}{h} \approx \frac{3}{2}$, получил, что переменная высота ручья $h \approx 0,9\sqrt{S}$ или $h \approx 0,8d$ (где d — диаметр соответствующего сечения расчетной заготовки). Впоследствии практика подтвердила, что в местах обжима заготовки $h = (0,7 \div 0,8) d$, причем меньшее значение коэффициента следует брать при толщине исходной заготовки $A > 60$ мм, учитывая возможную при этом недоштамповку. На утолщенных местах стержней, где d приближается к d_{cp} , $h = (0,9 \div 1) d$. В местах набора $h \approx d$, причем, если набираемая головка находится рядом с клещевинной, то, учитывая неизбежную при этом утечку металла в сторону клещевины, рекомендуется для этих мест брать $h \approx 1,05d$. Рассчитанный таким образом профиль ручья следует скорректировать, заменив горизонтальные участки уклонами $2-5^\circ$ и назначив на резких переходах от мест набора к местам обжима радиусы $R_1 = (1,5 \div 3) \kappa + 5$ мм (κ — соответствующая разность высот, см. рис. 150, г).

Передний конец заготовки бывает, например после отрубки на ноже, измят и испорчен. Весьма важно, чтобы при последующей штамповке этот конец одновременно с подкаткой был оттянут, а затем целиком перешел в заусенец. Для этого в конце подкатного ручья делают для оттяжки конца заготовки канавку (см. рис. 150, г) глубиной $p = 6 \div 12$ мм и длиной $m = 20 \div 40$ мм при $D = 20 \div 80$ мм. У открытых подкатных ручьев ширину этой канавки делают равной ширине ручья, у закрытых — примерно равной длине этой канавки. Размеры мест перехода к клещевине в подкатных ручьях делают как у формовочного ручья.

Рис. 151. Заготовка после подкатки в ручье смешанного вида



Ширину подкатного ручья рассчитывают по упомянутому выше уравнению площади $S = \pi \frac{b}{2} \cdot \frac{h}{2}$, откуда $b = 1,27 \frac{S}{h}$. Поперечные сечения закрытых подкатных ручьев при $D < 80$ мм представляют собой дуги, проведенные радиусами, подобранными исходя из размеров $\frac{h}{2}$ и b (рис. 152, а). При $D > 80$ мм в местах обжима заготовки успешно применяют сечение с радиусами величиной от h до $1,5h$ (рис. 152, б). Завышение ширины закрытого подкатного ручья снижает интенсивность подкатки; занижение ширины приводит к образованию заусенцев, переходящих в зажимы при ударах, следующих после кантовки заготовки. По практическим данным в закрытых ручьях при подкатке заготовки из сортового проката ширина ручья $b = 1,5 \frac{F}{h_{\min}}$, но в пределах от $1,1d$ до $1,7D$ (или $1,9A$); при подкатке после протяжки $b = b_k = 1,15 \frac{F}{h_k}$, но в пределах от $1,1d_{\max}$ до $1,7D$ (или $1,9A$) и не менее $1,25 \frac{F}{h_{\min}}$. В открытых ручьях при подкатке заготовок из сортового проката $b = \frac{F}{h_{\min}} + 10$ мм; при подкатке после протяжки $b = b_k = \frac{F}{h_k} + 10$ мм, но в пределах от $d_{\max} + 10$ мм до $1,5D$ (или $1,7A$) и не менее $\frac{F_c}{h_{\min}} + 10$ мм = b_c (индексы k и c означают, что отмеченные ими размеры относятся соответственно к месту перехода от стержневой части к головке и к стержневой части ручья или протянутой заготовки (см. рис. 150).

Протяжные ручьи. По расположению в штампе протяжные ручьи подразделяют на прямые (рис. 153) и направленные под углом (рис. 154). Угол расположения последних на штампе (12, 15 или 18°) принимают с учетом расположения других ручьев и длины протягиваемой части с таким расчетом, чтобы оттянутый конец не упирался в станину молота. Ручей с прямым расположением (при $\alpha = 0^\circ$) занимает больше места на штампе. Однако при протяжке в нем легче избежать прогиба заготовки потому, что часть ручья, расположенная за порогом, имеет соответствующую глубину, ограничи-

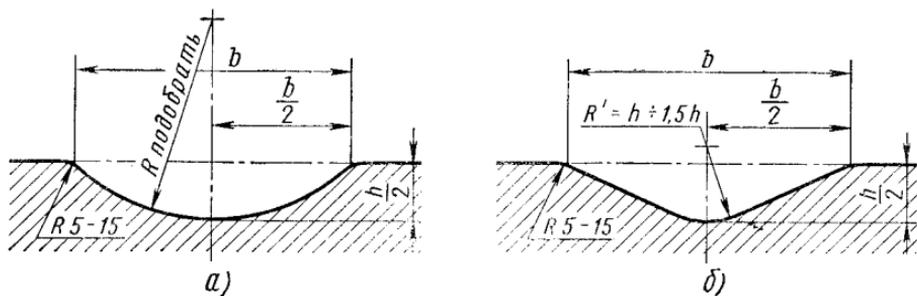


Рис. 152. Поперечные сечения подкатных ручьев закрытого вида

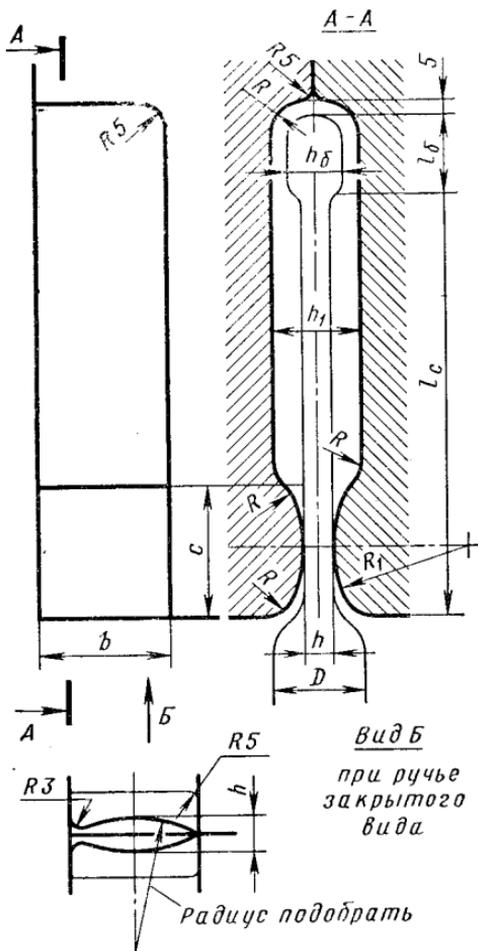
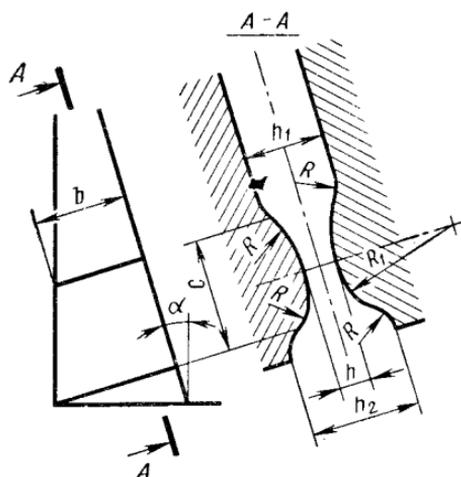


Рис. 153. Протяжной ручей с прямым расположением:

h_{δ} и l_{δ} — соответственно толщина и длина бобышки на конце протянутого стержня длиной l_c

Рис. 154. Протяжной ручей, расположенный под углом



вающую прогиб. Кроме того, протяжка в нем производится до упора с оставлением зазора около 5 мм (рис. 153). Упор помогает штамповщику измерить длину протянутой части, когда это необходимо, например, когда протяжка является единственным заготовительным переходом.

При протяжке без последующей подкатки просвет $h = (0,8 \div 0,9) \sqrt{S_{\min}} = (0,7 \div 0,8) d_{\min}$. При протяжке с последующей подкаткой $h = (0,8 \div 0,9) \sqrt{\frac{V_c}{l_c}}$ (V_c и l_c — соответственно объем и длина протянутого участка заготовки). Оптимальный (обеспечивающий наибольшую производительность при протяжке) размер $c = (1,3 \div 1,5) D$ (D — диаметр или сторона квадрата исходной заготовки), причем меньшие значения указанных выше коэффициентов рекомендуется принимать при $l_c > 500$, а большие — при $l_c < 200$ мм. Ширина ручья $b = (1,25 \div 1,5) D + (10 \div 20)$ мм, причем большие значения коэффициента следует брать при $D < 40$ и меньшие — при $D > 80$ мм. Радиусы закругления кромок

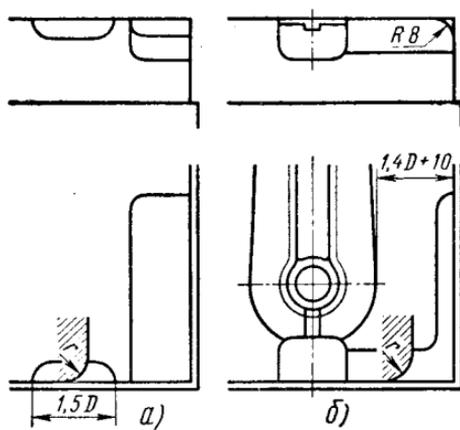


Рис. 155. Площадка для оттяжки, расположенная:

a — между ручьями; *b* — на краю штампа

$R = 0,25C$. Радиус закругления рабочей части (порога) $R_1 = 2,5C$. При протяжке конца заготовки глубина ручья $h_1 = 2h$; при оставлении на конце головки длиной l_6 и толщиной h_6 (рис. 153) $h_1 = 1,2h_6$, но не менее $2h$. Глубина ручья спереди (рис. 154) $h_2 = D + 12$ мм.

Закругленный ручей (рис. 154) применяют при протяжке, когда

$\frac{l_c}{a_c} > 15$ (a_c — сторона квадрата протянутой заготовки), а также для обкатки на круг. Если длина оттягиваемой заготовки настолько мала, что захватить ее на пороге протяжного ручья очень трудно, вместо обычного ручья применяют **площадку для оттяжки** (рис. 155), кромку которой следует закруглять радиусом $r = (0,2 \div 0,3) D$, но в пределах 10—25 мм.

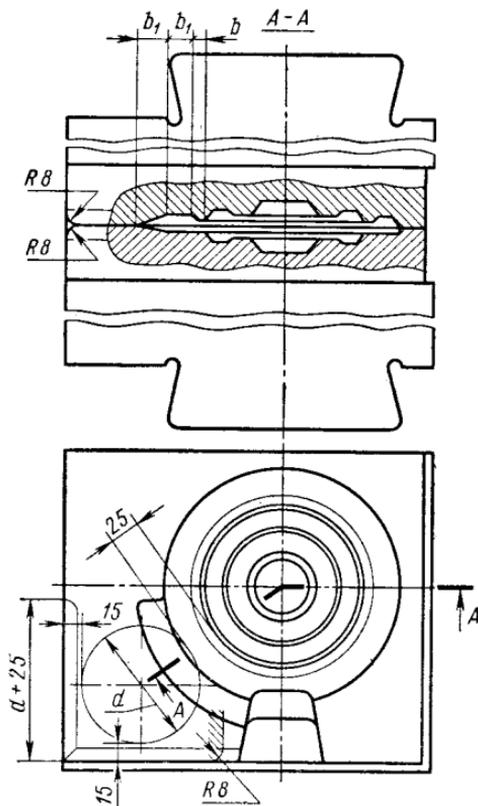


Рис. 156. Штампы с площадкой для осадки при плоском разрезе

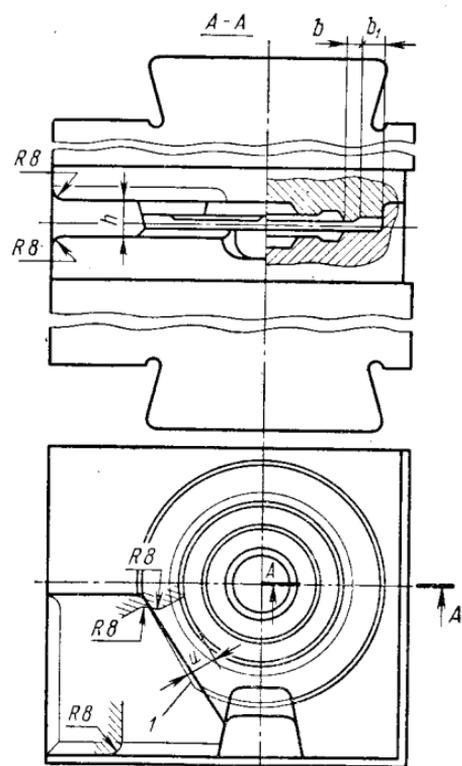


Рис. 157. Штампы с площадкой для осадки при круглом замке:

1 — в верхнем штампе замок соответственно срезан

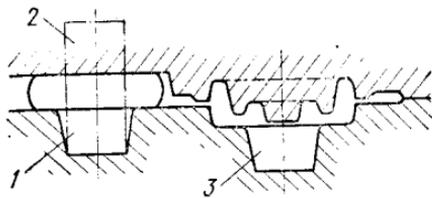


Рис. 158. Углубление на площадке для осадки

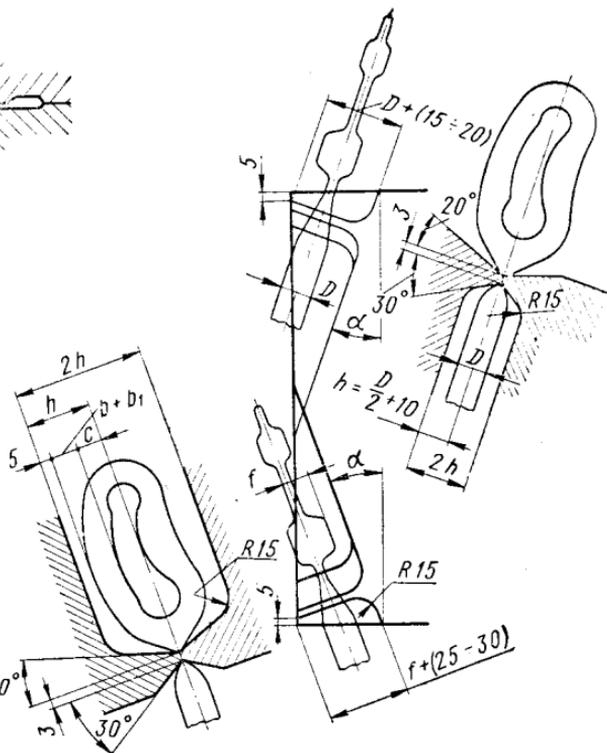


Рис. 159. Отрубной ручей

При определении размеров **площадки для осадки** (рис. 156) исходят из диаметра d осаженной заготовки и минимально допустимых расстояний от нее до окончательного ручья и краев штампа. При плоском разъеме постепенный переход (шириной b_1) от заусенечной канавки к плоскости разъема дает возможность использовать для осадки часть канавки. Этот прием используют также при конструировании площадок для разгонки. В штампах с круглым замком (рис. 157), кроме диаметра d , учитывают также высоту h осаженных заготовок, причем высоту замка иногда принимают равной этой высоте, часть замка срезают с оставлением стенки минимально допустимой толщины u , а при определении размеров площадки исходят из того, что осаженная заготовка может вплотную подступать к этой стенке.

Чтобы легче заполнить окончательный ручей при штамповке поковок с высокими выступами, например с высокими ступицами у шестерен (рис. 158), следует эти выступы отформовать полностью или частично при осадке. Для этого в центре площадок для осадки предусматриваются соответствующие углубления, выступ 1 которых должен плотно укладываться в окончательном ручье 3 и центрировать в нем осаженную заготовку. Желательно, чтобы при осадке исходной заготовки указанное углубление на площадке заполнялось осадкой, а не вдавливанием. Необходимо, чтобы исходная заготовка строго центрировалась в этом углублении. Поэтому желательно, чтобы

диаметр исходной заготовки 2 соответствует размерам углубления на площадке. В противном случае на площадке следует сделать невысокую круговую ступень (с достаточным закруглением кромок), по которой исходную заготовку можно было бы устанавливать центрально относительно этого углубления.

Отрубной ручей. Устройство ручья показано на рис. 159, из рассмотрения которого видно, что многие рекомендуемые размеры ручья при расположении его на переднем и на заднем углах штампа неодинаковы. Это объясняется неодинаковым относительно ручья расположением прутка и отрубаемой заготовки. Угол расположения ножа α устанавливают в пределах 15—30°.

Расположение ручьев, уравнивание сдвигающих усилий и замки

Чтобы при ударах молота детали крепления составных частей его станины не испытывали разрушающих напряжений, эти соединения не делают жесткими, а поэтому направляющие молота обеспечивают достаточную точность совпадения фигур верхней и нижней частей штампа только при отсутствии значительных горизонтальных усилий, стремящихся сдвинуть верхнюю часть штампа. Нецентральное расположение на штампе обрабатываемой заготовки создает при ударе молота момент, который вызывает сдвиг верхней части штампа в ту сторону, куда сдвинута заготовка по отношению к центру штампа¹. Сдвиг получается тем значительнее, чем сильнее удар молота и чем дальше расположена заготовка от центра штампа. Если штампуют без предварительного ручья, то центр окончательного ручья² во избежание сдвига должен совпадать с центром штампа. Если на штампе имеются два штамповочных ручья (предварительный и окончательный), то центры этих ручьев рекомендуется располагать так, чтобы центр штампа отстоял от центра окончательного ручья примерно на $\frac{1}{3}$ расстояния между центрами ручьев. Если при таком расположении ручьев сохранять постоянное соотношение по числу и силе ударов в предварительном и окончательном ручьях, то при установке и наладке штампа будет легче всего добиться получения поковок с минимальным сдвигом, так как только при соблюдении этих условий сдвиг, получаемый заго-

¹ Центром штампа с плоским горизонтальным разъемом называется точка, лежащая на оси штока молота и совпадающая в плане штампа с точкой пересечения оси хвостовика с осью шпонки. При неплоском разьеме с контрзамком центр штампа смещается с оси штока в сторону, противоположную контрзамку на 0,2—0,4 высоты последнего.

² Центром ручья называется точка приложения равнодействующей реакций, воспринимаемых верхним штампом в момент удара. Для ручьев с равномерным сопротивлением деформации центр ручья совпадает с центром тяжести площади проекции ручья (включая образуемый при этом заусенец) на горизонтальную плоскость. При неравномерном сопротивлении деформации центр ручья смещается от указанного центра тяжести в ту сторону, где сопротивление деформации повышенное. Величина этого смещения определяется приблизительно с учетом сложности формы и высоты отдельных элементов поковки.

товкой при штамповке в предварительном ручье, будет исправлен при последующей штамповке в окончательном ручье.

Если при наличии двух штамповочных ручьев не представляется возможным расположить их как рекомендовано выше, то центр окончательного ручья можно совместить с центром штампа. Но тогда при штамповке в окончательном ручье уже не будет сдвигающих усилий, которые могли бы исправить сдвиг, полученный заготовкой в предварительном ручье. Поэтому заготовка после обработки в предварительном ручье не должна иметь сдвига. Для этого, учитывая неизбежность сдвига верхней части штампа при штамповке в нецентрально расположенном предварительном ручье, фигуру предварительного ручья в верхнем штампе по отношению к фигуре этого ручья в нижнем штампе следует при изготовлении штампа сместить на величину предполагаемого сдвига при штамповке в этом ручье.

Величина этого относительного смещения фигур предварительного ручья должна быть постепенно доведена до нуля при перемещении центра штампа с центра окончательного ручья к точке, лежащей между центрами штамповочных ручьев примерно на $\frac{1}{3}$ расстояния между ними от окончательного ручья.

Поскольку при штамповке на молотах вдавливание в верхнюю часть штампа протекает значительно легче, чем в нижнюю, труднозаполняемые части окончательного ручья (полости под тонкие и высокие ребра, бобышки и т. п.) следует располагать в верхней части штампа.

Расстояние между центрами штамповочных ручьев для уменьшения сдвигов должно быть минимальным, но достаточным для обеспечения прочности стенки между ручьями. При размещении ручьев следует проверить, как рациональнее расположить ручьи, на равных расстояниях от фронта штампа (рис. 160, а), сместить их по длине штампа (рис. 160, б) или сблизить с помощью перевертывания (рис. 160, в). Последний прием особо рекомендуется для поковок, имеющих труднозаполняемые формы в верхних и в нижних их частях, а также для тяжелых поковок, перемещаемых из ручья в ручей кантовкой по штампу.

Ближе к клещевине рекомендуется располагать ту часть фигуры ручья, из которой поковку труднее удалить после штамповки. Однако при расположении сложных форм близко к клещевине они могут получиться незаполненными. Поэтому, если труднозаполняемая часть является в то же время наиболее застревающей, следует в каждом отдельном случае решить, что легче преодолеть (незаполнение или застревание), и в соответствии с этим расположить фигуру поковки так, чтобы штамповка ее была наименее трудоемкой. Этими же соображениями следует руководствоваться при определении взаиморасположения фигур в штамповочных ручьях при многоступенчатой штамповке, учитывая также необходимость обеспечения удобного манипулирования многоступенчатой поковкой при дальнейшей последовательной отрезке с поворотом поковки. Если поковку

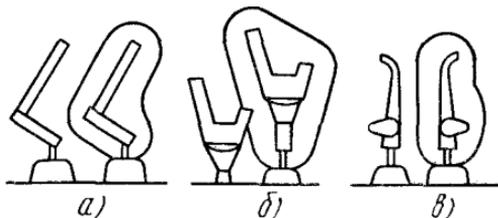


Рис. 160. Примеры взаиморасположения штамповочных ручьев

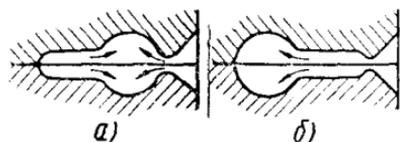


Рис. 161. Схема набора металла в заготовительном ручье

a — с двух сторон; *б* — с одной стороны

штампуют с клещевинной и один конец заготовки подвергают протяжке (при этом протяжка обычно совмещается с оттяжкой клещевинны), то ближе к клещевине следует располагать протягиваемую часть. При ином расположении клещевину обычно не оттягивают, а это приводит к повышению расхода металла.

Фигура штамповочного ручья должна быть установлена под таким углом относительно фронта штампа, чтобы направление оси клещевинны дало возможность держать клещи перпендикулярно фронту штампа, а не под углом.

Заготовительные ручьи располагают так, чтобы: 1) первый ручей был расположен с противоположной стороны от сопла для сдува окалины; 2) ручьи, когда это возможно, были расположены подряд в порядке переходов штамповки¹ или чтобы путь, совершаемый заготовкой при переносах из ручья в ручей, был минимальным; 3) расположение ручьев было выполнено с учетом расположения печи и обрезающего пресса относительно молота; 4) перенести заготовку из гибочного ручья в штамповочный можно было с поворотом в сторону последнего; 5) протяжной ручей, расположенный под углом, находился с левой стороны штампа, так как при расположении его справа использовать такой ручей крайне неудобно. При пережиме, подкатке и некоторых других заготовительных переходах требуемый набор легче производится в тех местах ручья, куда металл перемещается вдоль оси заготовки с двух сторон, и труднее, когда приток металла возможен только с одной стороны. Поэтому часть заготовки, утолщаемую в заготовительных ручьях, желательно (особенно при штамповке от прутка) располагать рядом с клещевинной (рис. 161, *a*), а не в противоположном конце ручья (рис. 161, *б*).

Когда вся линия разреза на поковке расположена в одной плоскости, тогда штамп на участке штамповочного ручья имеет плоский разъем, который не препятствует и не может препятствовать горизонтальному смещению верхней и нижней частей штампа относительно друг друга. Когда линия разреза на поковке не расположена в одной плоскости, тогда около штамповочного ручья против углублений (или выступов) в нижней части штампа приходится делать соответствующие выступы (или углубления) в верхней его части. В совокупности эти углубления и выступы препятствуют смещению частей штампа относительно друг друга во всех горизонтальных направлениях или в каких-либо из них. Поэтому совокупность выступов и соответствующих им углублений называют замком штампа.

¹ Возможность расположения ручьев строго в порядке переходов штамповки ограничивается необходимостью располагать штамповочные ручьи по правилам, изложенным ранее.

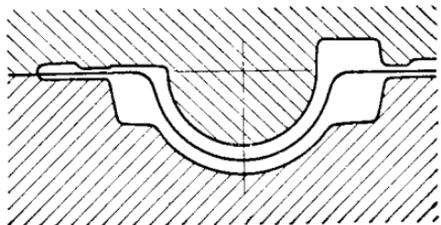


Рис. 162. Обычный замок

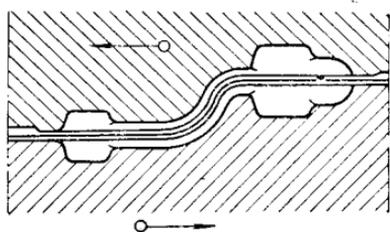


Рис. 163. Смещение частей штампа при неплоском разрезе

Когда участки линии разреза с противоположных сторон поковки расположены в штампе на одной высоте (рис. 162), для получения замка не требуется никаких дополнительных устройств. В других случаях (рис. 163) неплоский разрез вызывает сдвигающие усилия, которые необходимо уравновесить. Для этого рекомендуется: сдвигание мелких поволоков (рис. 164); изменение расположения разреза наклонной фигуры поковки (рис. 165, а); устройство контрзамка (рис. 165, б). В последнем случае одна (основная) часть замка в соответствии с положением линии разреза на поковке располагается около штамповочного ручья, а другая (уравновешивающая) его часть *N* называемая контрзамком, размещается вне штамповочного ручья.

Наклон фигуры ручья (рис. 165, а) должен быть таким, чтобы крайние точки поковки оказались на одной высоте. При этом угол наклона ручья $\text{tg } \gamma = \frac{h}{l}$, фрезерование стенок ручья производят под этим углом, а штамповочный уклон вместо нормального уклона α получается переменным. Тогда при $\gamma > \alpha - 3^\circ$ в местах, где уклон β получается менее 3° , приходится делать его равным 3° за счет местного увеличения напуска, увеличения массы и искажения фигуры

Рис. 164. Штамповка по две штуки

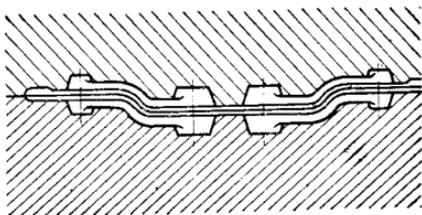
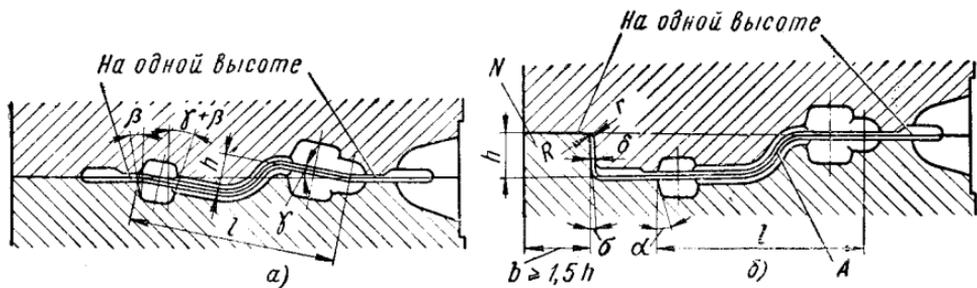


Рис. 165. Замки:

а — образуемый наклоном фигуры поковки;
б — обычный с контрзамком



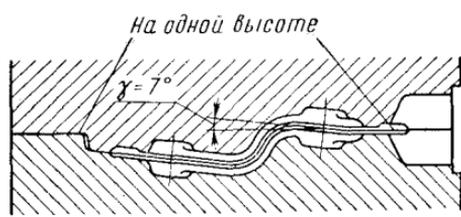


Рис. 166. Замок комбинированной конструкции

выступов друг на друга при сдвиге верхней части штампа, рекомендуется следующий: при высоте до 20 мм — 7° ; 20—50 мм — 5° ; 50—100 мм — 3° ; свыше 100 мм — 1° .

Зазор δ должен быть равен 0,2—0,4 мм, однако он не должен превышать половины допуска на сдвиг, указанного в чертеже поковки. Радиусы закруглений, обеспечивающие достаточную прочность замка, рекомендуются: внутренние $r \approx 0,15h$; наружные $R = r + 2$ мм.

Для уменьшения горизонтальных усилий, воспринимаемых выступающей частью контрзамка, иногда поступают следующим образом. На основной части замка в местах А, где при соударении частей штампа возникают эти усилия, направленные в сторону контрзамка, предусматривают зазор 2—3 мм (но не более высоты заусенечной канавки у мостика). Зазор δ в этих случаях не предусматривают или его делают не более 0,2 мм.

Контрзамки высотой менее 15 мм обычно не делают. В таких случаях рациональнее применить наклон фигуры ручья (рис. 165, а). При очень большой высоте контрзамка, наоборот, желательно уменьшить ее, применив замок комбинированной конструкции (рис. 166) с наклоном фигуры поковки не более чем на $\gamma = 7^\circ$.

Рекомендуется конструировать замки так, чтобы их можно было изготавливать сквозным строганием. В противном случае, выделив ручьи, требующие иного разреза, необходимо предусматривать канавку для выхода резца при строгании (рис. 167), которую далее следует заварить. Глубина такой канавки $H_1 = H + \frac{a}{2}$, ширина ее при H до 25 мм — 8 мм, при H свыше 25 до 35 мм — 10 мм, при H свыше 35 мм — 12 мм. При $H > 45$ мм замок лучше изготавливать не строганием, а фрезерованием.

Когда высота линии разреза изменяется лишь на отдельных участках с одной стороны ручья, предусматривают устройство местных замков. При конструировании местных замков (рис. 168) значения σ , δ , радиусов закруглений и других элементов определяют как для обычных замков с контрзамками (см. рис. 165, б).

Замки, находящиеся целиком вне расположения штамповочных ручьев, служат также в качестве направляющих штампа. Однако они существенно удорожают изготовление штампа и во многих случаях не оправдывают себя из-за быстрого износа и частых поломок.

поковки. Поэтому при $\gamma > 7^\circ$ применение данного способа нежелательно.

Высота h контрзамка (рис. 165, б) определяется формой поковки. Толщина выступающей части контрзамка b во избежание поломки должна быть не менее $1,5h$. Угол наклона σ достаточный, чтобы избежать поломки замка в результате наскока его

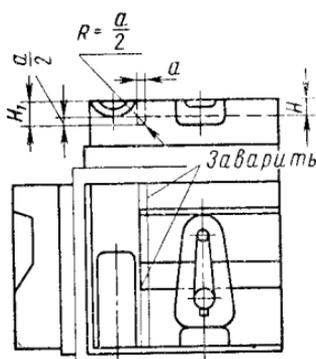


Рис. 167. Замок, изготовленный строжкой до канавки для выхода резца

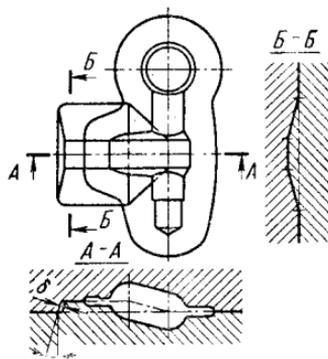


Рис. 168. Местный замок

Поэтому их следует применять лишь при условии: штамповки на молоте с явно недостаточной массой падающих частей; когда крепление штампа разлаживается от перегрузки; когда конструкция поковки не дает возможности контролировать сдвиг по внешнему ее виду, например у конических шестерен; при предъявлении к поковке повышенных требований по сдвигу. Конструкции таких направляющих замков бывают следующие: для поковок типа конических шестерен и колец — круглые замки (рис. 169 и 170); для таких же, но крупногабаритных поковок — неполные круглые замки (рис. 171, а) или направляющие кольца (рис. 171, б); для поковок, удлиненных в плоскости разреза, — долевые (рис. 171, в), боковые (рис. 171, г) или более надежные крестовые замки (рис. 171, д). Угловые замки (рис. 171, е и ж) играют такую же роль, как применяемые в подкладных штампах направляющие штыри (рис. 172). Однако последние из-за недостаточной их прочности для штампов штамповочных молотов почти не применяют.

Там, где направляющий замок располагается вплотную к заусенечной канавке, во избежание запыла заусенца в зазор (по наклонной поверхности замка) ширину магазина канавки делают на 6—

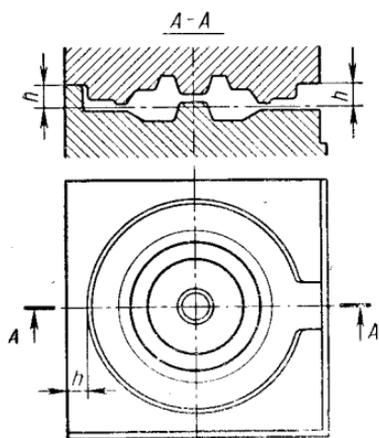
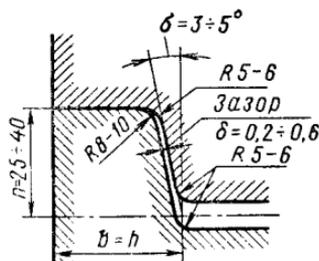


Рис. 169. Штамп с круглым замком

Рис. 170. Сечение по круглому замку



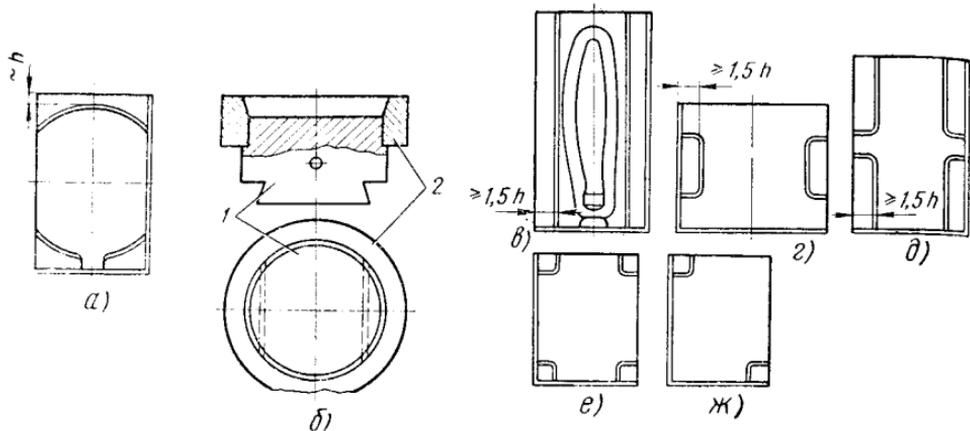


Рис. 171. Направляющие замки:

1 — блок; 2 — кольцо

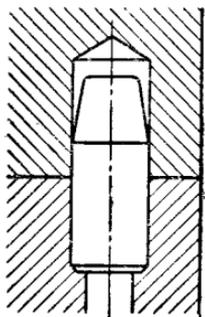


Рис. 172. Направляющий штырь

10 мм больше расчетной. Во избежание поломки замка поверхность соударения частей штампа оставляют обычно только в плоскости разреза штамповочных ручьев. По другим же горизонтальным поверхностям (т. е. по бокам штампа при боковых замках, по углам штампа при угловых замках и т. д.) предусматривают зазор 2—3 мм.

Исключение составляют круглые замки, у которых, наоборот, опора делается по наружной плоскости, а зазор — за счет заусенечной канавки, т. е. в плоскости разреза ручья. При конструировании направляющих замков учитывают, что изготовление выступов замка в нижней части штампа затрудняет сдвиг окалины, а изготовление их в верхней части штампа при малых зазорах может привести к заклиниванию штампа в результате большего разогрева и теплового расширения нижней части штампа.

Применение замков не исключает необходимости правильного расположения окончательного ручья относительно центра штампа. Применение направляющих замков при наличии двух штамповочных ручьев (предварительного и окончательного) из-за неизбежности при этом больших сдвигающих усилий менее рационально, чем у штампов, не имеющих предварительного ручья, так как приводит к частым поломкам или к быстрому износу замка.

Прочие элементы конструкции штампа

Сменные вставки. В молотовых штампах вставки применяют: 1) при наличии выступов над поверхностью разъема, например в гибочном и штамповочных ручьях; 2) при повышенном износе отдельных частей окончательного ручья, например бобышек; 3) при расположении штамповочных ручьев целиком во вставках. Применение вставок дает очень большую экономию штамповой стали и увеличивает срок службы штампа. Ниже указаны размеры некоторых элементов вставок, гарантирующие прочность штампа и надежность крепления вставок.

При относительно больших вставных бобышках в окончательных ручьях (рис. 173, а) диаметр D крепежной части вставки принимают не менее 60 мм при высоте ее $h \approx 0,6D$, но не более 60 мм. Для более мелких поковок (рис. 173, б) диаметр крепежной части берут равным наружному диаметру углубленной части ручья. Прямоугольные вставки имеют закругленные донные кромки с радиусом 3 мм и боковые — с радиусом до 15 мм.

Когда штамповочный ручей располагают целиком во вставке, расстояния от фигуры до боковых и донной граней вставки устанавливают равными 20—30 мм в зависимости от глубины ее фигуры и габаритных размеров, причем во вставке размещают обычно лишь часть канавки для заусенца. Дно гнезда под такую вставку имеет вдоль боковых граней закругленную канавку радиусом 5—6 мм для выхода фрезы. Боковые грани гнезда сопрягают радиусом, на 2—3 мм меньшим соответствующего радиуса на вставке (рис. 173, в), или по углам гнезда засверливают отверстия диаметром 10—15 мм

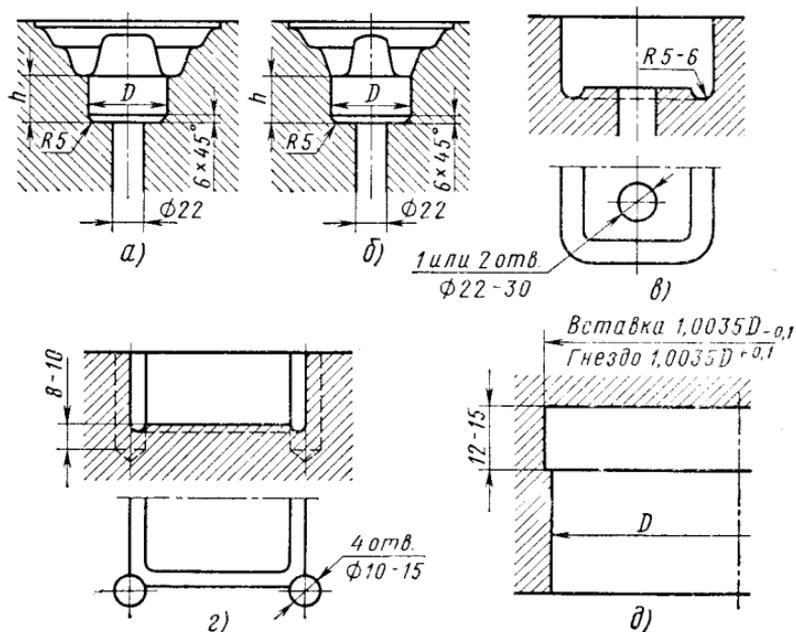


Рис. 173. Вставки и гнезда под них

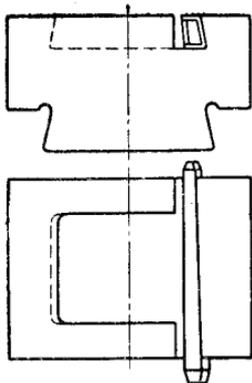
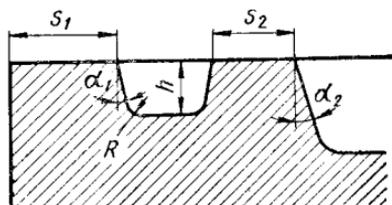


Рис. 174. Крепление ручьевых вставок клином

Рис. 175. К расчету толщины стенок ручья



(рис. 173, *з*). Под гнездом предусматривают одно или несколько (обычно два) сквозных отверстий диаметром 22—30 мм для выколотки вставок.

Горячая посадка крепежной части вставки в гнездо достаточно надежна. Допуски на размеры гнезд под вставки и крепежной части вставок определяют по ОСТ 1042 или из расчета натяга, принимаемого равным 0,1—0,2% от соответствующего размера гнезда или вставки, причем натяг по ширине рекомендуется делать больше, чем по длине, так, чтобы длинные и узкие вставки имели по длине только плотную посадку. Для полной гарантии от выпадения крупные вставки в верхних частях штампа выполняют с уступом (рис. 173, *д*), причем допуски и посадки назначают такими же, как у вставок без уступа.

Крепление ручьевых вставок клином (рис. 174) менее надежно, чем горячей посадкой, и применяется реже потому, что это связано с необходимостью значительного увеличения габаритных размеров штампа.

Поверхность штамповочных ручьев во время штамповки воспринимает большие давления. Это вынуждает увеличивать толщину стенок ручья. Однако прочность стенок зависит не только от их толщины, но также от других размеров и от формы стенки. Наибольшие напряжения в стенках возникают в местах перехода от стенки к дну ручья, особенно при недостаточно большом радиусе закругления на переходе. С учетом изложенного толщина боковых стенок ручья s_1 и s_2 (рис. 175) должна быть тем больше, чем больше глубина ручья h , меньше уклоны α_1 и α_2 , меньше радиусы закруглений R на переходах от стенок ко дну ручья.

Толщина стенки [3]

$$s = \left(\frac{11h \cos \alpha_1}{\sqrt{h + 0,4R}} - 7 \right) \cos \alpha_2.$$

Обозначив выражение $\frac{11h \cos \alpha_1}{\sqrt{h + 0,4R}} - 7$ через T , получим следующие величины¹.

¹ Значения T определяют обычно по номограмме [3, 5].

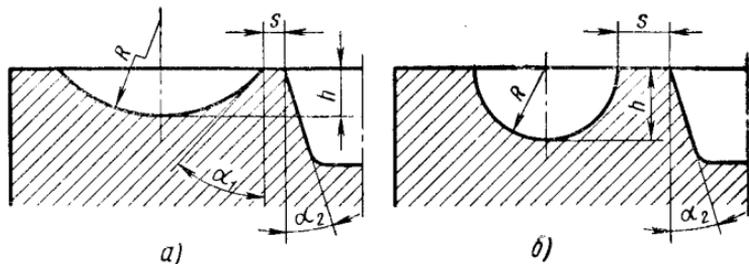


Рис. 176. Ручей:

а — при $R > h$; б — при $R = h$

Расстояние от крайнего ручья до края штампа $s = T$.

Толщина стенки между ручьями $s = T \cos \alpha_2$, где T определяется по размерам h , R и α_1 для ручья с меньшей глубиной.

Для случаев, когда $R > h$ (рис. 176, а), если по расчету $s < 10$ мм, следует принимать $s = 10$ мм.

Для случаев, когда $R = h$ (рис. 176, б); $s = (9,3\sqrt{R} - 7) \cos \alpha_2$.

Толщину стенки между фигурами штамповочного ручья при многоштычной штамповке с учетом сил двустороннего сжатия рекомендуется брать $s = 0,6T \cos \alpha_2$.

Расстояние от края фигуры штамповочного ручья до выемки под клещевину $s = 0,7T \cos \alpha_2$.

При штамповке без клещевины расстояние от края фигуры штамповочного ручья до выемки, которая в данном случае служит только воронкой при контрольной заливке, рекомендуется брать $s = (1 \div 1,4) T \cos \alpha_2$.

Кроме этого, следует иметь в виду, что прочность стенок зависит также от формы ручья в плоскости разреза. Так, например, очевидно, что при прочих равных условиях в случае, показанном на рис. 177, б, толщина стенки s должна быть больше, чем в случае на рис. 177, а, и меньше, чем в случае на рис. 177, в. Приведенный выше метод расчета стенок разработан для случая, показанного на рис. 177, б. Поэтому для других случаев полученную по этому расчету толщину стенки следует немного скорректировать.

Габаритные размеры штампа. Их следует подбирать в соответствии с принятым числом, размерами и расположением ручьев и расстояниями между ними, а также с учетом нагрузки на поверхность соударения (зеркало) и опорную поверхность хвостовика штампа.

Площадь опорной поверхности хвостовика. Во избежание смятия эта площадь должна составлять не менее 450 см^2 на 1 т массы падающих частей молота. Свободная от ручьев и направляющих замков поверхность соударения (зеркало) должна составлять не менее 300 см^2

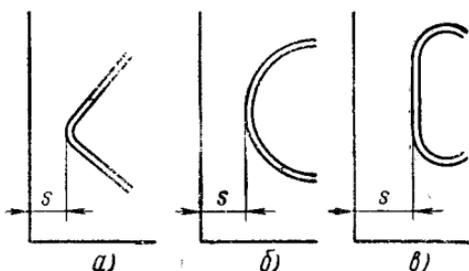


Рис. 177. Влияние формы ручья в плоскости разреза на толщину стенок

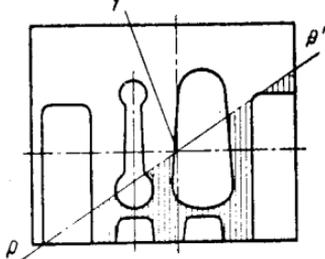


Рис. 178. Распределение поверхности соударения:

1 — центр кубика; 2 — центр штампа

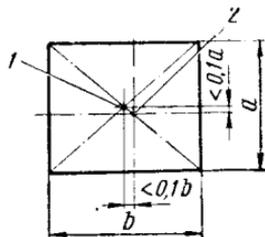


Рис. 179. Пределы смещения центра штампа от центра кубика

на 1 т массы падающих частей молота, причем, если эта поверхность распределена неравномерно, то нагрузка на часть этой поверхности, отсеченную любой прямой $p-p'$ (рис. 178), проходящей в плоскости разъема через центр штампа, во избежание смятия должна составлять не менее 300 см^2 на 1 т от половины массы падающих частей молота.

Смещение центра тяжести штампа от оси штока молота создает при ударах момент, вызывающий горизонтальный сдвиг верхней части штампа в ту сторону, куда смещен центр тяжести штампа по отношению к его центру. Чтобы не допускать существенных сдвигов, смещение центра кубика (рис. 179) относительно центра штампа разрешается не более чем на 0,1 габаритного размера кубика в направлении смещения.

Для обеспечения достаточной прочности дна штампа высота каждого из его кубиков должна быть не менее H_{\min} , определяемой по графику (рис. 180) из учета глубины h_{\max} наиболее глубокого ручья штампа. В штампах для цилиндрических поковок, оси которых лежат в плоскости разъема, принято брать $H_{\min} = 0,9D_{\max} + h_1$ (D_{\max} — максимальный диаметр ручья, а h_1 — высота хвостовика штампа). Общая высота должна обеспечивать возможность его возобновлений строганием в пределах минимально допустимой высоты штампового пространства по характеристике молота.

Если масса верхнего штампа превышает допустимую по характеристике молота или если зазор между наиболее удаленной от центра штампа боковой грани кубика и направляющими молота окажется менее 20 мм, следует изменить технологический процесс, например произвести разбивку ручьев для последовательной штамповки поковок в двух штампах.

Характеристики штампового пространства отечественных паровоздушных штамповочных молотов даны в ГОСТ 7024—65 и дополняются данными ГОСТ 6039—71, в котором для этих молотов предусмотрены стандартные размеры мест крепления штампов (рис. 181), хвостовиков, шпоночных пазов и подъемных отверстий (рис. 182), шпонок (рис. 183), прокладок к ним (рис. 184) и клиньев (рис. 185).

При этом значении всех буквенных обозначений, указанных на этих рисунках, стандартизованы.

Штампы опираются на хвостовики. Поломки штампов в местах перехода от хвостовика к заплечикам бывают в двух случаях: при недостаточном радиусе на переходе и при недостаточном зазоре под заплечиками. Этот зазор составляет 0,5—1,5 мм и каждый раз вследствие упругого изгиба заплечиков снижается до нуля во время ударов при обработке в ручьях, расположенных на заплечиках.

Расположение клиньев (верхнего и нижнего) с одной стороны не приводит к относительному сдвигу частей штампа при равномерной подбивке клиньев. Расположение их слева обеспечивает наибольшую безопасность штамповщику. Смещению штампов вдоль оси хвостовиков препятствуют шпонки. Клиновидная шпонка (см. рис. 183) лучше шпонок с параллельными гранями потому, что уплотнение посадки такой шпонки в гнездо происходит при затяжке клиньев. Точное совпадение верхней и нижней частей штампа достигается с помощью прокладок. Для прокладок под клинья, как и для прокладок под шпонки (см. рис. 184), применяют листовую сталь Ст5, нарезанную на полосы длиной на 30—50 мм больше размера штампа спереди назад.

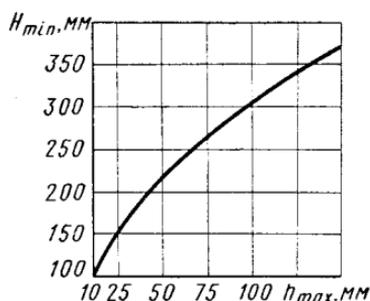


Рис. 180. Диаграмма зависимости наименьшей высоты штампа от наибольшей глубины ручья

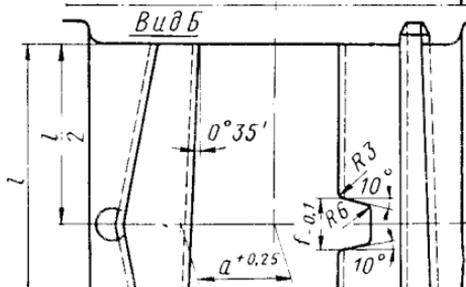
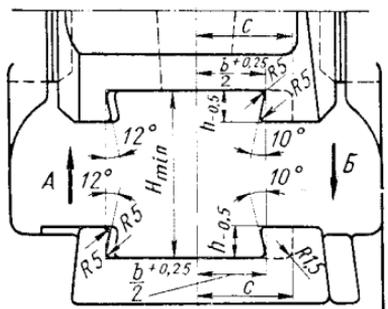
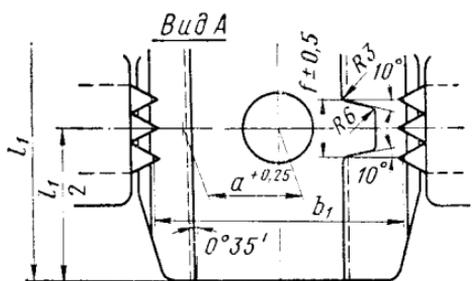


Рис. 181. Место крепления штампа на молоте

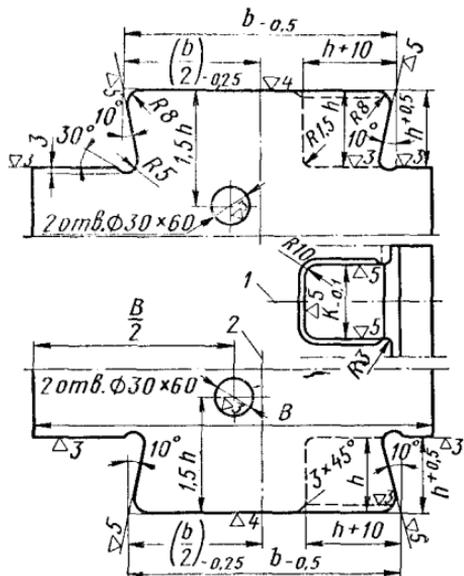


Рис. 182. Хвостовик, шпоночные пазы и подъемные отверстия молотовых штампов:

1 — ось шпонки; 2 — ось хвоста; В — ширина кубика

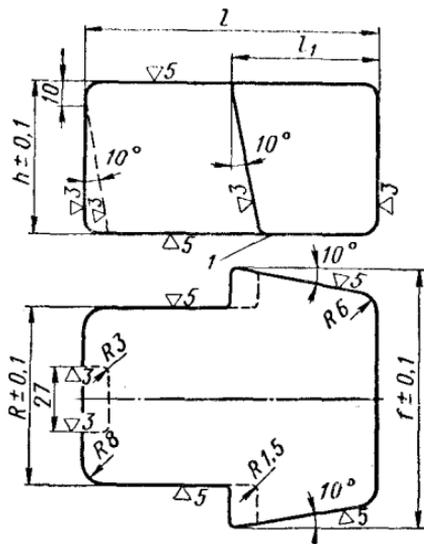


Рис. 183. Шпонки для крепления молотовых штампов:

1 — место клейма

Верхнюю часть штампа закрепляют непосредственно в бабе молота, нижнюю — в штамподержателе, укрепленном на шаботе.

Переходные штамподержатели (рис. 186) применяют только для молотов с массой падающих частей не более 3 т и лишь в тех случаях, когда общая высота штампа меньше наименьшей допустимой высоты по характеристике молота. Обычно устанавливают только

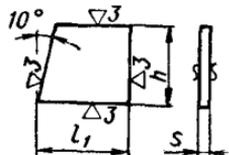


Рис. 184. Прокладка к шпонкам молотовых штампов

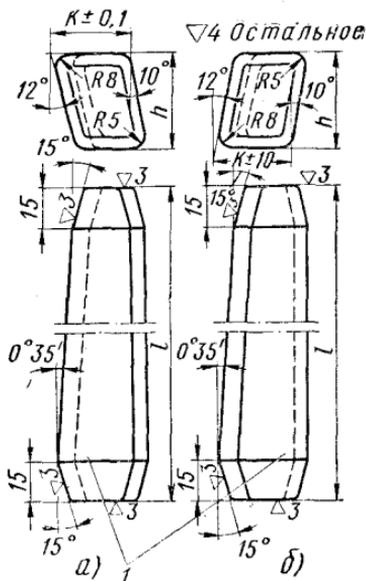


Рис. 185. Клинья для крепления молотовых штампов:

а — нижний; б — верхний; 1 — место клейма

один переходный штамподержатель, причем учитывается, что крепление верхнего штамподержателя является более устойчивым.

Все четыре боковые грани штампового кубика, как правило, остаются механически необработанными, за исключением контрольного угла, который получается при прострожке двух прилегающих к разьему плоских полос на двух взаимно перпендикулярных сторонах каждого штампового кубика. Этот угол необходим, во-первых, при изготовлении штампа, и, во-вторых, при установке штампа на молоте. Его предусматривают на том переднем углу штампа, боковая сторона которого наиболее удалена от ручьев или менее изрезана ручьями открытого вида. Задний угол (вместо переднего) следует предусматривать лишь тогда, когда почти вся передняя сторона штампа занята выемками под клещевину. Высота контрольного угла 50—60 мм от плоскости разьема. Глубина его строгания (5 мм) указывается в чертежах, хотя практически она зависит от шероховатости поверхности и перпендикулярности сторон кубика.

Вся система проставления размеров на чертеже штампа строится с учетом их разметки от контрольного угла (включая разметку осей ручьев, хвостовика и шпоночного паза), за исключением: 1) глубины выемки под клещевину, вместо которой указывается более важный размер от края фигуры штамповочного ручья до выемки; 2) ширины заготовительного ручья открытого вида, если он находится с противоположной стороны от контрольного угла. Ширина такого ручья указывается от края кубика. При этом учитывается, что нижнее отклонение ширины кубика идет на уменьшение расстояния от этого ручья до ближайшего соседнего ручья.

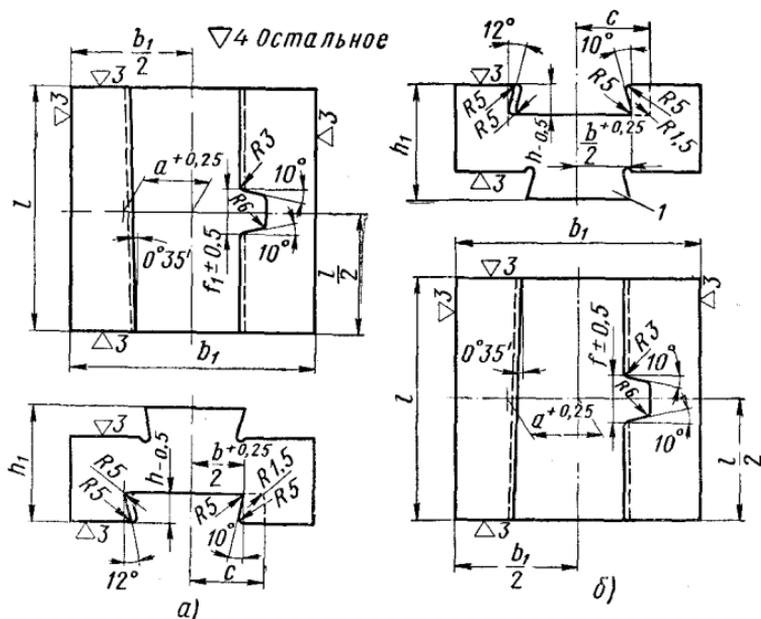


Рис. 186. Переходные штамподержатели молотовых штампов:

а — верхний; б — нижний

Существенную экономию при изготовлении и эксплуатации молотовых, как и других видов кузнечных штампов, обеспечивает унификация их деталей, сборочных единиц и элементов (штамповочных уклонов, радиусов закруглений, заусенечных канавок), деталей крепления и т. д. Многие из этих элементов нормализованы или стандартизованы. Чем больше при конструировании того или иного штампа используют соответствующие нормали и стандарты, тем более совершенной получается конструкция штампа.

§ 7. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШТАМПОВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ

Эксплуатация штампов

Для успешной эксплуатации штампа необходимы прежде всего: правильная его установка и надежное крепление на молоте; своевременный ремонт мест крепления; постоянство температуры штампуемого металла и штампа; хорошая смазка штамповочных ручьев; тщательное удаление окалины с поверхности заготовок до поступления их в штамповочные ручьи.

При стандартном креплении штампов применяют следующий порядок их установки: 1) бабу молота поднимают вверх и, чтобы исключить возможность произвольного опускания, опускают ее на подпорку; 2) вкладывают нижнюю шпонку в шпоночный паз штамподержателя; 3) верхнюю шпонку забивают кувалдой в шпоночный паз верхней части штампа; 4) штамп (обе части вместе) поднимают мостовым краном на стропях и продвигают или вкатывают с помощью простейших цилиндрических катков на место так, чтобы шпоночный паз нижней части штампа фасками лег на нижнюю шпонку; 5) снимают стропы; 6) поднимают бабу с подпорки и нажатием бабы устанавливают штамп на нижнюю шпонку; 7) ставят временные прокладки у верхней шпонки; затем, вставив ломтики в подъемные отверстия, сдвигают штамп вправо и вкладывают оба клина на место; 8) затягивают оба клина кувалдой; 9) прогревают штамп и шток молота в месте крепления с бабой; 10) нанося легкие удары молотом и подбивая верхний клин кувалдой, окончательно затягивают нижний клин, после чего определяют по контрольному углу сдвиг; 11) выбивают кувалдой верхний клин и вторично устанавливают бабу на подпорку; 12) в соответствии с величиной ранее обнаруженного сдвига заменяют прокладки у верхней шпонки; 13) поднимают бабу с подпорки и опускают ее на штамп, сдвигают ломиками верхнюю часть штампа вправо, вкладывают и забивают верхний клин кувалдой; 14) нанося легкие удары молотом, затягивают верхний клин соколом; 15) отсутствие сдвига проверяют по контрольному углу и по штампованной поковке. Сдвиг, обнаруженный при штамповке, ликвидируют установкой или заменой прокладок только в креплении верхней части штампа.

Места крепления штампов в бабах и штамподержателях следует своевременно ремонтировать, а гнезда под штамподержатели в ша-

ботах — возобновлять с помощью переносных строгальных или фрезерных станков.

Снижение температуры штампуемого металла приводит к повышению сопротивления штампуемого металла деформированию и к быстрому смятию поверхности ручья. Повышение температуры, наоборот, не приводит к снижению стойкости штампа, если своевременно принять меры для его охлаждения. Здесь надо иметь в виду, что повышение температуры штампуемого металла не всегда влечет за собой разогрев штампа, потому что при этом значительно уменьшается потребное число ударов при штамповке, а следовательно, уменьшается продолжительность соприкосновения поверхности штампа с горячим металлом.

Значительно большее влияние на разогрев штампа оказывает повышение темпа штамповки. Поэтому при повышении темпа штамповки надо внимательно следить за тем, чтобы стойкость штампа не снизилась из-за понижения механических свойств штамповой стали, вызванного повышением температуры штампа или термическим отпуском штамповой стали. Необходимо, чтобы температура штампа всегда была ниже температуры термического отпуска штамповой стали. Вместе с тем необходимо иметь в виду, что с повышением температуры штампа значительно возрастет разгаростойкость (сопротивляемость образованию поверхностных трещин) и уменьшаются случаи выкрашивания и поломки штампов. Практически наивысшая стойкость штампов достигается, когда температура его со стороны разъема колеблется в пределах $250\text{--}300^\circ\text{C}$.

Для подогрева штампа до этой температуры перед его работой следует применять газовый или индукционный подогрев, реже для этой цели применяют электропечи сопротивления. Подогрев горячим металлом является наименее совершенным. Он осуществляется уложенными на штамп (преимущественно со стороны разъема) стальными заготовками, нагретыми до $1000\text{--}1250^\circ\text{C}$, и длится, пока температура на хвостовиках не достигнет $100\text{--}130^\circ\text{C}$. Для этого требуется для мелких штампов до 1 ч, для средних до 1,5 ч, для тяжелых до 2 ч и более. Продолжительное соприкосновение штампа с горячим металлом, особенно в начальный период подогрева, приводит к ухудшению поверхности штампа, а иногда к снижению твердости за счет термического отпуска. Поэтому при наличии газового топлива применяют более производительный и удобный подогрев с помощью специальных переносных атмосферных горелок, устанавливаемых на штативах. Наиболее совершенным по скорости и равномерности является нагрев с помощью переносных индукционных нагревателей током промышленной частоты, устанавливаемых на молоте или на полу цеха между частями штампа. Такой нагрев выполняется в 1,5—2,0 раза быстрее, чем горячим металлом, и без превышения желаемых температур.

Естественное охлаждение неработающего штампа в нормальных условиях протекает сравнительно медленно. Так, для охлаждения штампового кубика массой 180 кг с 300 до 100°C требуется около 4,5 ч. Несмотря на медленное остывание, необходим постоянный

или периодический подогрев штампа при штамповке легких сплавов с низкой температурой обработки, а также после перерывов в работе при штамповке стали и других сплавов с высокой температурой обработки. Обычно же при штамповке стали необходимо постоянное принудительное охлаждения штампа, интенсивность которого определяется массой и формой заготовки, массой штампа, продолжительностью его соприкосновения с горячим металлом и производительностью штамповки.

Охлаждение струей воздуха, используемого для сдува окалины, недостаточно. Подача воды струями или с помощью помазка является основной причиной появления и роста на поверхности штампа трещин разгара сперва единичных, затем сливающихся в сетку, покрывающую штамп. Причина этих трещин в резких объемных уменьшениях поверхностного слоя штампа при интенсивных его охлаждениях и появлении в нем значительных растягивающих напряжений из-за того, что этот слой представляет собой одно целое с находящимся под ним менее охлаждаемым и менее сжимающимся слоем. Поэтому вместо обильных смачиваний следует применять непрерывное интенсивное обрызгивание штампа водой с помощью воздушных пульверизаторов.

Охлаждение желательно объединять со смазкой штампа. Смазкой создается теплоизоляционный слой, снижающий теплопередачу от обрабатываемого металла к штампу, причем смазочный материал, подаваемый в обильном количестве, «отбирает» теплоту с поверхности штампа, а образуемый им антифрикционный слой облегчает заполнение ручья металлом и извлечение из него поковки. При штамповке на молотах в качестве смазочно-охлаждающих материалов наиболее широко применяют насыщенный раствор поваренной соли (26%) или коллоидный раствор графита (5%). Раствор поваренной соли применяют только для штампов без глубоких и узких полостей, иначе соль расплавляется под действием горячей заготовки, заполняет полость штампа и металл в дальнейшем не затекает в ручей. Смазку мазутом и древесными опилками в последние годы почти не применяют. Смазка мазутом резко снижает разгаростойкость штампов. Использование древесных опилок трудоемко и требует тщательного контроля, так как с ними могут попасть посторонние мелкие предметы, могущие испортить поверхность ручья.

При всех условиях тщательное удаление окалины особенно необходимо потому, что, застревая в глубоких полостях и в трещинах разгара и увлекаемая затем обрабатываемым металлом, она царапает поверхность ручья.

По мере надобности штампы подвергают ремонту непосредственно на рабочих местах или в мастерских, чтобы по возможности восстановить форму штамповочных ручьев, зачеканить и зачистить трещины и выровнять искаженные поверхности, особенно по штамповочным уклонам. Число ремонтов в зависимости от формы ручьев колеблется от 2 до 4 и более. При ремонте используют чеканы, а также шлифовальные круги, шарошки, насечные фрезы, опилоочно-зачистное оборудование, приспособления и шаблоны, применяемые

при изготовлении и возобновлении штампов, причем для ремонта на рабочих местах широко используют переносные электро- и пневмобормашины.

Стойкость штампов

Стойкость многоручьевых молотовых штампов до очередного капитального ремонта (возобновления) резко колеблется прежде всего в зависимости от: марки штампуемого металла, формы поковки, марки штамповой стали и твердости штампа, качества изготовления, а также способа охлаждения, смазки и прочих условий эксплуатации штампа. Так, при штамповке конструкционной углеродистой и низколегированной стали в штампах из стали 5ХНТ при охлаждении и смазке водой с поваренной солью и графитом вручную при помощи помазка стойкость, определяемая числом штампованных поковок, в зависимости от формы поковок колеблется в следующих пределах:

На молотах, т	Стойкость, шт.	На молотах, т	Стойкость, шт.
0,6	6500—14 500	4	3400—6500
1	6000—12 000	6	2300—4500
2	5000—9 500	8	1400—3200
3	4100—7 500	10	1000—2300

В указанных выше пределах низшая стойкость получается при штамповке поковок типа шестерен с тонким полотном или глубокими наметками отверстий, поковок с трудновыполнимыми выступами и ребрами и других поковок сложной формы, а также при многоступенчатой штамповке, причем в последнем случае фактический съем определяется указанной здесь низшей стойкостью, помноженной на число одновременно штампуемых поковок. Высшая стойкость получается при штамповке поковок типа рычагов, коленчатых валов, конических шестерен типа сателлита дифференциала, а также других поковок простой формы. При этом для поковок типа прямых ступенчатых валов без фланцев стойкость превышает указанную высшую стойкость в 1,5, а в отдельных случаях в 2 раза.

При выделении окончательного ручья на отдельный штамп стойкость заготовительного молотового штампа увеличивается в 1,5—2,0 раза, а иногда в 3—5 раз по сравнению со стойкостью окончательного молотового штампа.

К мероприятиям, обеспечивающим значительное повышение стойкости, относятся прежде всего все организационно-технические мероприятия, направленные на обеспечение строгого соблюдения нормального режима эксплуатации штампов (усовершенствование методов контроля температур штамповки и штампа, внедрение наиболее современных способов подогрева и охлаждения штампа, улучшение конструкции pulverизаторов и средств удаления окалины, подбор наилучшего состава смазочно-охлаждающих материалов и т. д.). Стойкость может быть повышена также за счет совершенствования конструкции самих штампов путем: а) изменения формы и размеров наиболее изнашивающихся частей окончательного ручья, а также изменения штамповочных уклонов и радиусов закруглений; б) применения сменных вста-

вок в наиболее изнашиваемых местах окончательного ручья; в) усовершенствования заготовительных ручьев с тем, чтобы в наибольшей мере освободить окончательный ручей от перераспределения в нем металла заготовки; г) широкого применения предварительных ручьев; д) максимального внедрения многоручной штамповки.

Значительное повышение стойкости получается при повышении качества отделки поверхности штамповочных ручьев путем: а) применения различных приемов шлифования, при которых риски от абразивного инструмента наносятся по направлению течения металла при заполнении ручья; б) тщательного полирования поверхности; в) нагартовки ее обработкой дробью, что в отдельных случаях повышает разгаростойкость за счет отдаления момента появления первых трещин разгара.

Из других мероприятий, ведущих к повышению стойкости, следует иметь в виду тщательный подбор марки штамповой стали для каждого штампа; уточнение оптимальной его твердости; повышение качества термообработки штампов; перевод обработки штамповочных ручьев с фрезерования на штамповку; тщательный учет стойкости штампов с помощью их паспортизации, а также внимательное изучение и устранение причин преждевременного износа и других случаев выхода штампов из строя.

Заготовки и материал для штампов

Заготовки (кубики). Заготовки штампов стандартизованы. Размеры их подбирают по сортаменту из ГОСТ 7831—71 с учетом указанных в нем допусков. В соответствии со стандартом направление оси слитка в кованом штамповом кубике определяют по клейму в виде стрелки, располагаемому на пересечении диагоналей грани кубика, перпендикулярной к оси исходного слитка, совпадающей с направлением его протяжки и преимущественным направлением волокон. Обычно это совпадает с направлением наибольшего размера кубика.

Вертикальное расположение волокон в штампах недопустимо ввиду резкого снижения при этом стойкости ручьев. Волокна желательно направить вдоль фигуры окончательного ручья (что совпадает обычно с направлением оси хвостовика), а у штампов для круглых или квадратных в плоскости разъема поковок желательно направить их вдоль оси шпонки. Этим повышается прочность заплечиков штампа справа и слева от хвостовика.

Сталь для штампов горячей штамповки должна обладать высокими механическими свойствами при обычной и повышенной температурах, сочетая при этом достаточную прочность с высокой ударной вязкостью, высокими разгаростойкостью, износостойкостью, теплопроводностью, достаточно высокой стойкостью против термического отпуска при работе, глубокой прокаливаемостью и хорошей обрабатываемостью на металлорежущих станках. Кроме того, желательно, чтобы штамповая сталь не содержала дефицитных элементов и была достаточно дешевой. Для различных штампов и их деталей с учетом условий их эксплуатации применяют штамповую сталь различных марок.

Примерные марки сталей молотовых штампов указаны в табл. 8.

Вставки для штамповки труднодеформируемых сталей рекомендуется изготавливать из сталей 4Х5В2ФС, 4Х5В4ФСМ, 4Х3В2Ф2М2. Клинья и шпонки из стали 45.

Легкие и средние штампы подлежат термообработке после их механической обработки, полутяжелые — между предварительной и окончательной механическими обработками, а тяжелые и особо тяжелые — перед механической обработкой. Хвостовики всех штампов, за исключением тяжелых и особо тяжелых, подвергают дополнительному смягчающему отпуску. Легкие и средние штампы после термической обработки подвергают только шлифованию для исправ-

Примерные марки стали молотовых штампов

Масса падающих частей молота, т	Штампы открытые			Блоки для вставок			Вставки		
	Марка стали	Твердость по Бринеллю		Марка стали	Твердость по Бринеллю		Марка стали	Твердость по Бринеллю	
		рабочей поверхности	опорной поверхности		рабочей поверхности	опорной поверхности		черновых ручьев	чистовых ручьев
0,63— 1,0	5ХНМ 5ХГМ	388— 461	<302	45Х 5ХНМ	321— 363	<285	5ХНМ 5ХНТ	341— 401	401— 444
1,6— 3,15	5ХНМ 5ХГМ	352— 429	<285	45Х 5ХНМ	321— 363	<285	5ХНМ 5ХНТ	331— 388	388— 429
4,0—6,3	5ХНМ 5ХГМ	321— 388	<255	45Х 5ХНМ	321— 363	<285	5ХНМ 5ХНТ	321— 375	352— 401
10,0— 16,0	5ХНМ 5ХГМ	277— 311	<255	45Х 5ХНМ	321— 363	<285	5ХНМ 5ХНТ	285— 331	332— 375

ления коробления, после чего штамповочные ручки либо оставляют с необработанными поверхностями, либо подвергают зачистке и полированию.

Для легких и средних штампов целесообразно вместо кованных кубиков использовать литые блоки с гнездами под сменные и кованные или штампованные вставки. При этом все ручки, за исключением штамповочных, располагают на литом блоке, а штамповочные ручки изготовляют механической обработкой кованных вставок или штамповкой кованных или литых заготовок.

Кованую заготовку 1 (рис. 187) для вставки молотового штампа подвергают предварительной штамповке¹ в заготовительном штампе 2, после чего заготовка 3 поступает на горячую обрезку заусенца в обрезном штампе 4. Затем у заготовки 5 шлифуют поверхность будущего ручья, которую при последующем нагреве полностью изолируют от окисления и обезуглероживания листом оцинкованного железа. Далее заготовку 6 штампуют в мастер-штампе 7. У штампованной вставки 8 заусенец обрывается в том же штампе 4. Вставка 9 после обрезки проходит отжиг, дробеструйную обработку, механическую обработку боковых сторон и донной плоскости 10, термообработку; после шлифования ее крепят горячей посадкой в блок молотового штампа 10. Перед посадкой вставки блок прогревают в печи с температурой 450—500° С в течение 2,0—2,5 ч. Поверхность штампованных ручьев подвергают слесарной зачистке, на что предусматривают припуск 0,1—0,2 мм.

Вместо штампованной заготовки 5 можно применять литую. В зависимости от сложности фигуры штампуемого ручья такие заготовки отливают либо плоскими как

¹ При предварительной штамповке заготовка вставки получает свои окончательные габаритные размеры и готовую внешнюю форму, включая штамповочные уклоны, что значительно уменьшает или полностью исключает расплывание фигуры штамповочного ручья при последующей штамповке в мастер-штампе.

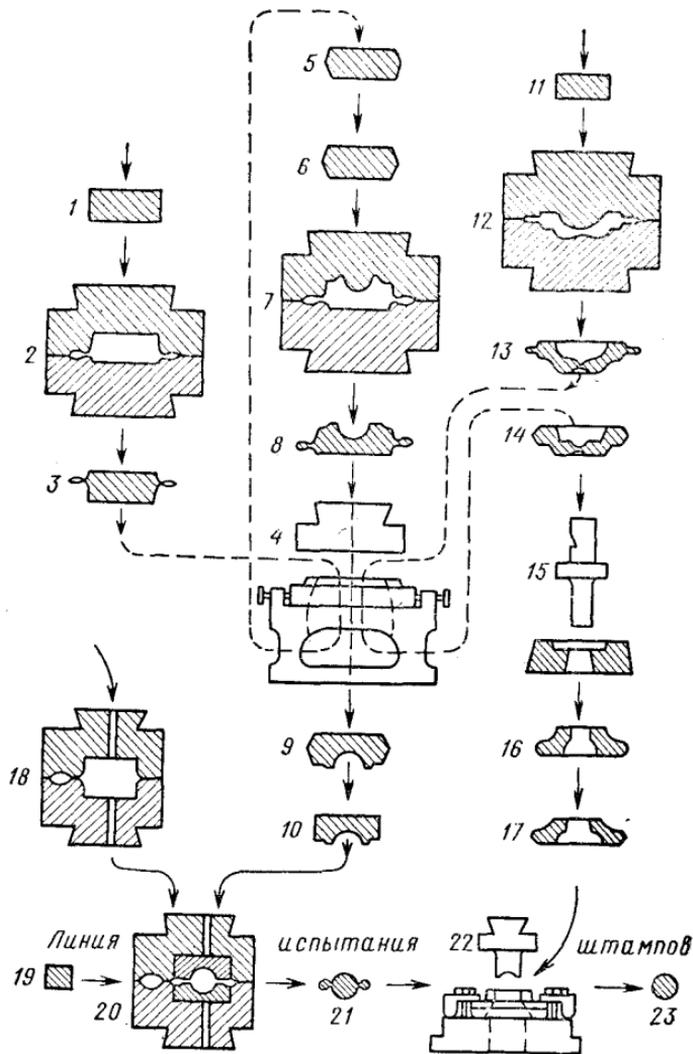


Рис. 187. Схема типового технологического процесса кузнечной обработки штампованных штампов

заготовка 5, либо с наметкой фигуры. При этом точно отлитые фигуры простейших ручьев, не испытывающих особо высоких напряжений при эксплуатации, вовсе не подвергаются штамповке.

Для выколотки отработанных вставок блок подвергают такому же нагреву, как при посадке, и устанавливают хвостовиком вверх над закалочным баком с фонтанным устройством. Для свободной выколотки вставки вручную достаточно 15 мин интенсивного охлаждения ее водой. При смене вставок допускается блок по разьему и в гнезде ремонтировать шлифованием до 10 раз, также допускается одно полное возобновление со строганием всего гнезда, после чего возможны смены вставок опять до 10 раз.

Штамповкой на молотах изготавливают также другие наименее стойкие детали различных кузнечных штампов, например пуансоны и матрицы. Кованую заготовку обрезной матрицы 11 штамную в мастер-штампе 12; далее матрица 13 проходит горячую обрезку в штампе 4, затем матрицу 14 прошивают в штампе 15. Готовую поковку матрицы 16 подвергают термообработке, шлифованию и заточке режущих

кромку. После этого матрица 17 поступает в эксплуатацию. На линии испытания штампов показаны: исходная заготовка 10, молотовый штамп со вставкой 20, отштампованная на нем поковка 21, обрезной штамп со штампованной матрицей 22 и готовая поковка 23.

В условиях массового производства поковок мастер-штампы, в свою очередь, изготавливают штамповкой в мастер-мастер-штампах (в эталон-штампах). В применении к молотовым штампам это особенно эффективно потому, что фрезерование ручья эталон-штампа значительно проще и дешевле фрезерования ручья мастер-штампа.

Штамповка ручьев путем вдавливания казенника в горячую заготовку штампа установленную на плоском бойке, возможна только при изготовлении неглубоких ручьев простой формы (рис. 188, а), так как фигура ручья по мере углубления казенника расплывается и приходится ее перед штамповкой фрезеровать, что снижает эффективность штамповки.

Казенник (рис. 188, б) представляет собой фрезерованный на плоском основании оттиск фигуры ручья. Высота этого оттиска от его основания больше глубины ручья на величину припуска под обработку поверхности разъема штампа, т. е. на 3—4 мм. После штамповки казенником заготовку подвергают отжигу, механической и окончательной термообработке, контрольному шлифованию разъема и опорной поверхности, слесарной зачистке и доводке ручья. Штамповка казенника эффективна только при изготовлении одноручьевых штампов без хвостовиков с плоским разъемом и с креплением каждой части штампа парой клиньев без шпонок (рис. 188, в).

Механическая обработка при этом сводится к строжке плоскости разъема, опорной плоскости и двух боковых сторон, а также фрезерованию канавки для заусенца и выемки под клещевину. Такой штамп при возобновлении сострагивают со стороны разъема на 3—5 мм, нагревают и углубляют его ручей по старому следу тем же казенником. Затем производят те же операции, что и при изготовлении нового штампа. Возобновление таким способом можно выполнять не более 2—3 раз, так как после многократных нагревов поверхность ручья обезуглероживается и стойкость его снижается. Тогда ручей штампуют последовательно на трех других сторонах кубика (с боков и снизу). Таким образом, штамп, изготовленный с помощью казенника, можно возобновлять до 12—16 раз.

Механическая обработка штампов

Цельноблочный многоручьевый штамп при механической обработке подвергают следующим операциям: зачистке площадки для клейма и клеймению, разметке и сверлению подъемных отверстий, строжке боковой стороны контрольного угла и плоскости разъема, разметке и строжке хвостовиков, строжке и клеймению фронтальной стороны контрольного угла. Дальнейшая последовательность операций зависит от того, плоский или неплоский разъем штампа, имеются ли у него направляющие (замки). При наличии замков или неплоского разъема производят разметку, строгание, фрезерование и слесарную зачистку замков. Затем штамп с замком проходит те же операции, которым подвергается штамп с плоским разъемом после строжки и клеймения фронтальной стороны контрольного угла, а именно: разметку ручьев и фрезерование вначале штамповочных, затем заготовительных ручьев и ножа, выемок под клещевину, канавки для контрольной заливки и заусенной канавки с оставлением у краев окончательного ручья ленточки шириной 1,5—2,0 мм обеспечивающей получение четкого контура отливки по линии разъема. Далее следует слесарная обработка с проверкой формы штамповочных ручьев с помощью отливок из расплав-

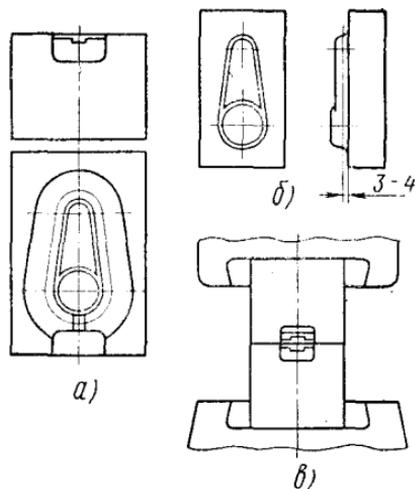


Рис. 188. Штамповка штампов казенником:

а — штампованный штамп; б — казенник; в — крепление штампа

ляемой в электроштаннах при 400—450° С смеси селитры из двух частей NaNO_3 и одной части KNO_3 с возможной перестройкой контрольного угла и хвостовика при подгонке друг к другу фигур в верхней и нижней частях штампа, а также со шлифовкой упомянутой выше ленточки у окончательного ручья после проверки его размеров. После этого легкие и средние штампы подвергают термообработке с последующим исправлением коробления шлифованием или скоростным фрезерованием, после чего следуют разметка и фрезерование шпоночных гнезд.

Значительно проще механическая обработка штампов для круглых в плоскостях разреза поковок, поскольку многие операции производят на токарных станках с одной установкой, а контрольных отливок обычно не требуется.

При серийном изготовлении штампов начинают широко применять электроискровой (электроимпульсный) метод обработки ручьев сложной формы. При этом обработке подвергают весь ручей одновременно. Рабочий электрод-инструмент последовательно используют для всей серии штампов.

Возобновление штампов

Стоимость заготовки составляет 45—65% от стоимости мелких и средних штампов, 65—85% от стоимости крупных штампов. Таким образом, стоимость возобновления обычно не превышает 25—30% стоимости нового штампа. Стойкость же возобновленных штампов в подавляющем большинстве не уступает стойкости новых. Отсюда понятно, какое значение имеет число возможных возобновлений штампов до полного его износа, определяемого снижением стойкости после последнего возобновления или потерей высоты штампа в сборе.

Штампы с ручьями глубиной примерно до 15—18 мм подвергаются возобновлению без наплавки в ручьях. После отжига следует снятие с поверхности разреза слоя металла толщиной, равной 0,6—0,8 глубины ручья, строганием или скоростным фрезерованием и исправление хвостовиков и контрольных углов строганием. Дальнейшую обработку производят как при изготовлении новых штампов.

Штампы с полцилиндрическими ручьями для поковок типа валов с горизонтальной осью подвергают возобновлению с наплавкой в ручьях. При этом поверхность разреза шлифуют или обрабатывают скоростным фрезерованием всего на глубину 3—5 мм в зависимости от степени износа обрабатываемой поверхности. Далее следуют выявление участков, подлежащих наплавке, зачистка этих участков абразивным инструментом; наплавка их однородным металлом; отжиг и т. д.

Все прочие штампы с ручьями глубиной более 18—20 мм подвергают возобновлению способом, представляющим собой комбинацию указанных двух. При этом строгание или скоростное фрезерование поверхности разреза выполняют с удалением слоя металла толщиной, равной 0,4—0,5 глубины ручья, так что если сравнивать этот метод с возобновлением без наплавки, то он увеличивает число возможных возобновлений в 1,5—2 раза.

Технические требования к обработке штампов

Общие для всех молотовых штампов технические требования к их изготовлению и возобновлению являются обязательным дополнением к чертежу каждого молотового штампа. В них подробно указывают все неоговариваемые в чертеже штампа требования к его геометрии и другие требования по его качественным показателям, а именно: наибольшие отклонения от плоской формы для различных его плоскостей; допустимые непараллельности; допуски на размеры от контрольного угла до осей хвостовиков и шпонок; допустимое неравенство в габаритных размерах верхней и нижней частей штампа; местные неприлегания по поверхностям соударения; допуски на размеры окончательного, предварительного и прочих ручьев и их элементов; допуски на несовпадение размеров ручьев в верхней и нижней частях штампа и т. д. В технических условиях оговаривается также шероховатость поверхностей, которая должна быть:

у шпоночных ручьев $\nabla 7$, причем окончательный ручей должен быть полирован;

у канавок для заусенца: на участке мостика $\nabla 6$, на участке выплава $\nabla 4$;

у канавок для контрольной заливки $\nabla 2$;

у высокого под клецевину $\nabla 1$;
у заготовительных ручьев: в местах, соприкасающихся с обрабатываемым металлом, $\nabla 5$; в местах, не соприкасающихся с обрабатываемым металлом, $\nabla 2$;
на боковых гранях отрубного ручья $\nabla 1$;
у хвостовиков, включая гнезда под шпонки, $\nabla 4$; причем после восстановления параллельности хвостовиков, нарушенной короблением штампа при термической обработке, шероховатость поверхности опорной плоскости хвостовика практически $\nabla 6$;
у контрольного угла $\nabla 3$;
на опорных и замковых поверхностях на разъеме: при обработке их строганием или фрезерованием $\nabla 3$; при токарной их обработке $\nabla 4$;
на неопорных поверхностях штампа со стороны разъема, а также со стороны штамподержателя и бабы (под заплечиками штампа) $\nabla 2$;
в гнездах под вставки $\nabla 5$;
на боковых и донных поверхностях вставок $\nabla 6$.
С 1/1—75 г. введены ГОСТ 2789-73 и 2.309-73 на шероховатость поверхности (параметры и размеры) и обозначения шероховатости поверхностей.

§ 8. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ПРИМЕРЫ ШТАМПОВКИ

Для нагрева под штамповку на молотах используют печи весьма разнообразных конструкций, начиная от простейших щелевых и кончая методическими, в том числе карусельными печами. Например, на участке легкого молота (рис. 189, а), предназначенном для штамповки мелких поковок от прутка с последующей холодной обрезкой заусенца, выполняемой на другом участке, кроме молота 5, устанавливают щелевую печь 2 по фронту с молотом или под углом 90° слева от него (рис. 189, б) и тару для заготовок 1 и поковок 4. Легкие прутки загружают в печь и подают их к молоту вручную, причем все это может выполнять штамповщик. Для уменьшения облучения теплом рабочего места печь при расположении под углом 90° устанавливают, отступая назад не менее чем на 1,2—1,5 м. Поковки

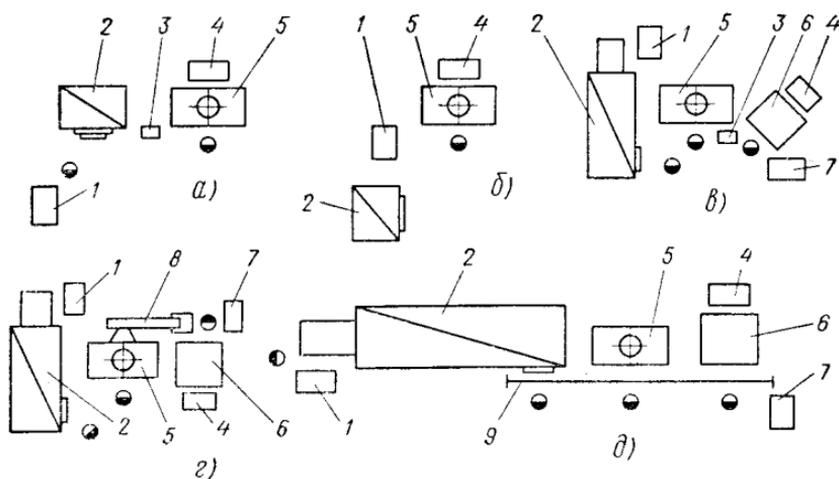


Рис. 189. Расположение оборудования на участке штамповочного молота

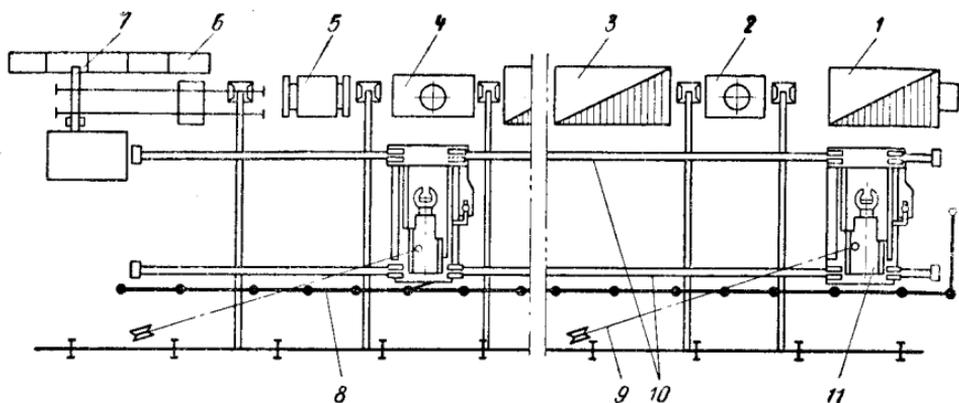


Рис. 190. План участка штамповки коленчатого вала

при отрубке от прутка падают со штампа в тару непосредственно или по желобу. При работе на таких участках бригадой из двух человек загрузку печи и подачу заготовок к молоту или на стол 3, устанавливаемый около штамповщика, выполняет нагревальщик.

При штамповке мелких и средних поковок из заготовок на 1 или 2 шт. используют преимущественно полуметодические печи, обслуживаемые нагревальщиком. Если при этом заусенец обрезают в горячем состоянии, то на участке, кроме молота 5 и печи 2 (полуметодической) (рис. 189, в) устанавливают обрезной пресс 6 и тару 7 для обрезанного заусенца. При подаче мелких поковок вручную, чтобы сблизить рабочие места штамповщика и прессовщика, пресс устанавливают по фронту с молотом, но под углом к нему в 45° .

Так как при штамповке средних поковок малейшее их скопление на столике между штамповщиком и прессовщиком резко снижает производительность обоих, предпочтительнее устанавливать молот и пресс, как показано на рис. 189, г, с подачей поковок к прессу пластинчатым или цепным транспортером 8.

При штамповке крупные поковки подают от печи к молоту и далее к прессу с помощью подвесного монорельса 9 (рис. 189, д). Наилучшие условия труда при этом обеспечивают расположением всего оборудования по фронту, причем обычный состав бригады из трех человек (нагревальщик, штамповщик и прессовщик) дополняют необходимым числом подручных рабочих на загрузке печи и других транспортных и вспомогательных операциях.

При штамповке тяжелых поковок рационально использовать манипуляторы. Так, при штамповке коленчатого вала на ЧТЗ (рис. 190) заготовки диаметром 145 и длиной 1280 мм, массой 207 кг передавались от печи 1 к молоту 2 манипулятором 11, перемещающимся по рельсовому пути 10. Манипулятор укладывал нагретую заготовку на штамп молота для подкатки и гибки и передавал ее в камерную печь 3 для подогрева. Второй манипулятор передавал заготовку из печи 3 к молоту 4 и далее на обрезной пресс 5. На плане участка показаны также: 6 — стеллаж для готовых поковок; 7 —

монорельс; 8 — ограждение участка работы манипулятора и 9 — шланги электроприводов.

Подкатку заготовок массой более 80—100 кг успешно выполняют с помощью напольных полуавтоматических кантователей, устанавливаемых рядом с рабочим местом штамповщика и выдвигаемых на рабочее место на время подкатки.

К специфическим для штамповочных молотов требованиям техники безопасности относятся прежде всего следующие. Для безопасности работ необходимо строгое выполнение всех мероприятий, направленных на то, чтобы полностью исключить случаи выкрашивания и поломок штампов во время работы. Категорически воспрещается подносить руки к штампу на молоте без предварительной надежной установки бабы на подпорку и выключения привода молота (или полного перекрытия подачи к молоту рабочего пара или воздуха). Необходимо также следить, чтобы опасный при ударах конец клина крепления верхней части штампа выступал из-под бабы не более чем на 50—65 мм. Во избежание ожога рук все работы при штамповке следует производить в рукавицах. Отскакивание окалины при ударах и интенсивном сдувании ее со штампа обязывает штамповщика работать в очках, а для безопасности людей, находящихся или проходящих около участка штамповки, выставлять металлические щиты, ограждающие от летящей окалины.

Ниже приведено несколько чертежей типовых конструкций молотовых поковок и многоручьевых штампов для них.

Чертеж горячей поковки рычага тормозного крана (рис. 191) выполнен специально для изготовления штампа. На чертеже указаны размеры горячей поковки с учетом усадки 1,5% и без допусков на них, указаны также все размеры напусков, образуемых штамповочными уклонами, а размеры поковки по высоте проставлены только от плоскости разреза. Из чертежа видно, что поковка относится к группе удлиненных в плоскости разреза и с изогнутой осью. Поэтому окончательный ручей для нее может быть только открытым с обыкновенной канавкой для заусенца (см. рис. 125) типа 1 с нормальными размерами (табл. 6).

По чертежу поковки площадь ее проекции на плоскость разреза $F_{\Pi} = 5930 \text{ мм}^2$. Высота заусенечной канавки на участке мостика $h_3 = 0,015 \times \sqrt{F_{\Pi}} = 0,015 \sqrt{5930} = 1,16 \text{ мм}$. По табл. 6 принимаем ближайшую большую глубину $h_3 = 1,6 \text{ мм}$. Судя по простоте формы и соотношению размеров поперечных сечений поковки, ручей, очевидно, будет заполняться преимущественно осадкой. Поэтому принимаем узкую канавку с шириной № 1 и площадью поперечного сечения $S_3 = 102 \text{ мм}^2$. Принимаем средний коэффициент заполнения заусенечной канавки $k = 0,75$. По чертежу поковки периметр ее по линии среза заусенца $P_{\Pi} = 472 \text{ мм}$. Объем заусенца $V_3 = k P_{\Pi} S_3 = 0,75 \cdot 472 \cdot 102 = 36\ 108 \text{ мм}^3$.

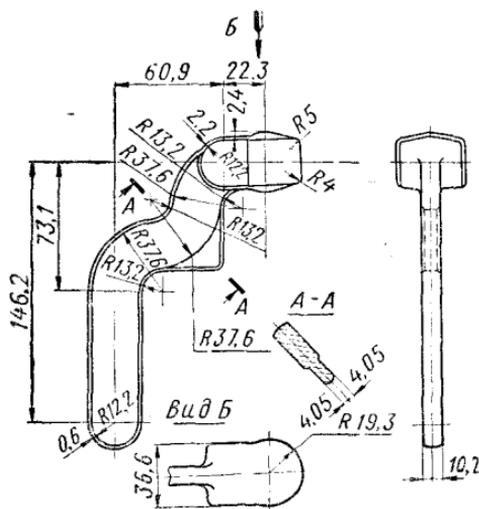


Рис. 191. Чертеж горячей поковки рычага тормозного крана

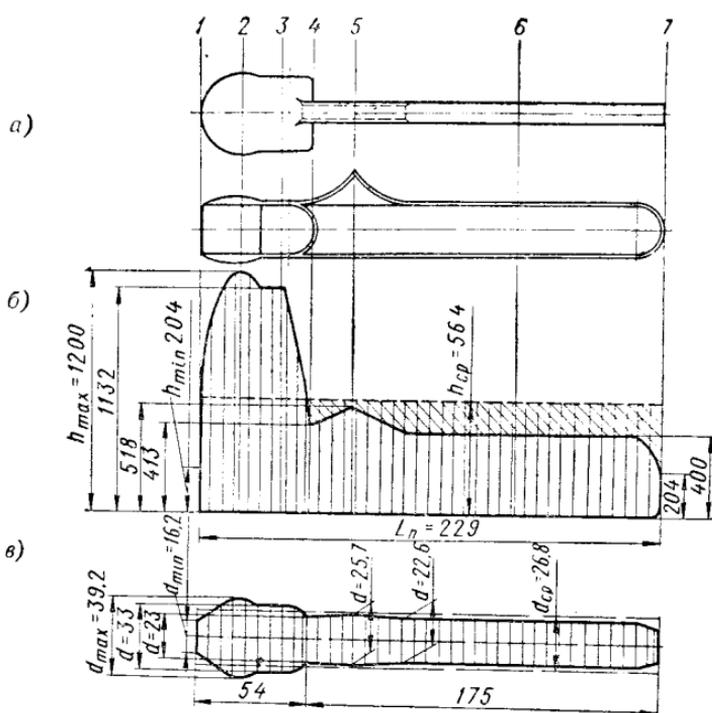


Рис. 192. Развертка горячей поковки (а), эиоры сечений (б) и расчетная заготовка (в) рычага тормозного крана (1—7 — номера сечений)

Для подбора молота приведенный диаметр поковки $D_{пр} = 1,13 \sqrt{F_{п}} = 1,13 \sqrt{59,3} = 8,7$ см. По геометрической развертке главной оси горячей поковки ее длина $L_{п} = 22,9$ см. Средняя ширина поковки $B_{п. ср.} = \frac{F_{п}}{L_{п}} = \frac{59,3}{22,9} = 2,59$ см.

Материал поковки — сталь 35, предел прочности при температуре окончания штамповки 60 Н/мм^2 (6 кгс/мм^2). Поковку штампуют на паровоздушном штамповочном молоте двойного действия с массой падающих частей 1 т.

Вычертим геометрическую развертку поковки рычага тормозного крана (рис. 192, а) и отметим на ней характерные поперечные сечения. По эскизу поковки (рис. 191) находим площади $S_{п}$ этих сечений и, приняв коэффициенты k заполнения канавки для заусенца для крайних сечений равными 1, у головки рычага — 0,8 и у стебля — 0,7, подсчитываем площади поперечных сечений S с учетом заусенца и диаметра d расчетной заготовки, занося полученные результаты в табл. 9.

По значениям S и d , взятым из этой таблицы, вычерчиваем эиору сечений (рис. 192, б) и расчетную заготовку (рис. 192, в). Площадь эиоры сечений равна $129\,288 \text{ мм}^2$. Следовательно, объем расчетной заготовки $V = 129\,288 \text{ мм}^3$. Объем горячей поковки $V_{п} = V - V_{з} = 129\,288 - 36\,108 = 93\,180 \text{ мм}^3$. При объемной усадке 4,5%, что соответствует линейной усадке 1,5%, объем холодной поковки $V_{п. х} = \frac{93\,180}{1,045} =$

$$= 89\,170 \text{ мм}^3, \text{ а масса поковки } G_{п} = \frac{89\,170}{1000} \cdot 7,85 = 0,7 \text{ кг.}$$

Среднее сечение расчетной заготовки $S_{ср} = \frac{V}{L_{п}} = \frac{129\,288}{229} = 564 \text{ мм}^2$. Средний диаметр расчетной заготовки $d_{ср} = 1,13 \sqrt{S_{ср}} = 1,13 \sqrt{564} = 26,8 \text{ мм}$. Вычертим по значениям $S_{ср}$ и $d_{ср}$ эиору среднего сечения на эиоре сечений (рис. 192, б) и среднюю расчетную заготовку на чертеже расчетной заготовки (рис. 192, в). Данная

К определению площади поперечных сечений S

№ сечения	S_{II} , мм ²	S_3 , мм ²	k	$S = \frac{S_{II} + 2kS_3}{\text{мм}^2}$	$d = 1,13\sqrt{S}$, мм
1	0	102	1	204	16,2
2	1035	102	0,8	1200	39,2
3	968	102	0,8	1132	38,0
4	265	102	0,7	413	23,0
5	375	102	0,7	518	25,7
6	255	102	0,7	400	22,6
7	0	102	1	204	16,2

заготовка состоит из одной головки и одного стержня, расположенного по одну сторону от головки. Таким образом, данная заготовка является не сложной, а элементарной расчетной заготовкой. Причем длина стержня $l_c = 175$ мм, а его объем $V_c = 71\,970$ мм³, длина головки $l_r = 54$ мм, а ее объем $V_r = 57\,500$ мм³.

Для выбора заготовительных переходов штамповки, предназначенных для перераспределения металла вдоль оси заготовки, определяем прежде всего значения коэффициентов α и β :

$$\alpha = \frac{d_{\max}}{d_{\text{cp}}} = \frac{39,2}{26,8} = 1,46, \quad \beta = \frac{l}{d_{\text{cp}}} = \frac{229}{26,8} = 8,54.$$

На диаграмме (см. рис. 127) при массе поковки 0,5—1,0 кг точка, соответствующая данным значениям α и β , находится выше и правее зоны ПЗ. Отсюда следует, что в данном случае требуется одна протяжка или в сочетании с пережимом или подкаткой. Для уточнения этого необходимо учесть конусность k стержневой части заготовки, для чего прежде всего следует определить значение диаметра d_k в месте перехода от стержня к головке. Приведенный диаметр

$$\begin{aligned} d_k &= \sqrt{3,82 \frac{V_c}{l_c} - 0,75d_{\min}^2 - 0,5d_{\min}} = \\ &= \sqrt{3,82 \frac{71970}{175} - 0,75(22,6)^2 - 0,5 \cdot 22,6} = 23 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Конусность стержня

$$k = \frac{d_k - d_{\min}}{l_c} = \frac{23 - 22,6}{175} = 0,0023.$$

Конусность стержня очень мала, что, впрочем, и без расчета видно из чертежа расчетной заготовки, так как на всем протяжении диаметр стержня остается почти неизменным. По диаграмме (см. рис. 127) при конусности менее 0,02 достаточно применить протяжку одну или с пережимом, причем пережим в таких случаях бывает нужен главным образом для правки заготовок, значительно изогнутых при протяжке, а при обработке заготовок с двумя и более головками — также для размещения последних на требуемых расстояниях друг от друга.

Так как ось поковки (рис. 191) изогнута в плоскости разреза, необходимо наличие гибочного ручья.

По диаграмме (см. рис. 134) поковку массой 0,7 кг и длиной около 195 мм следует штамповать от прутка, для чего необходимо наличие отрубного ручья.

Таким образом, в молотовом штампе необходимо иметь: протяжной, пережимной, гибочный, окончательный и отрубной ручья. Если же к ним прибавить еще

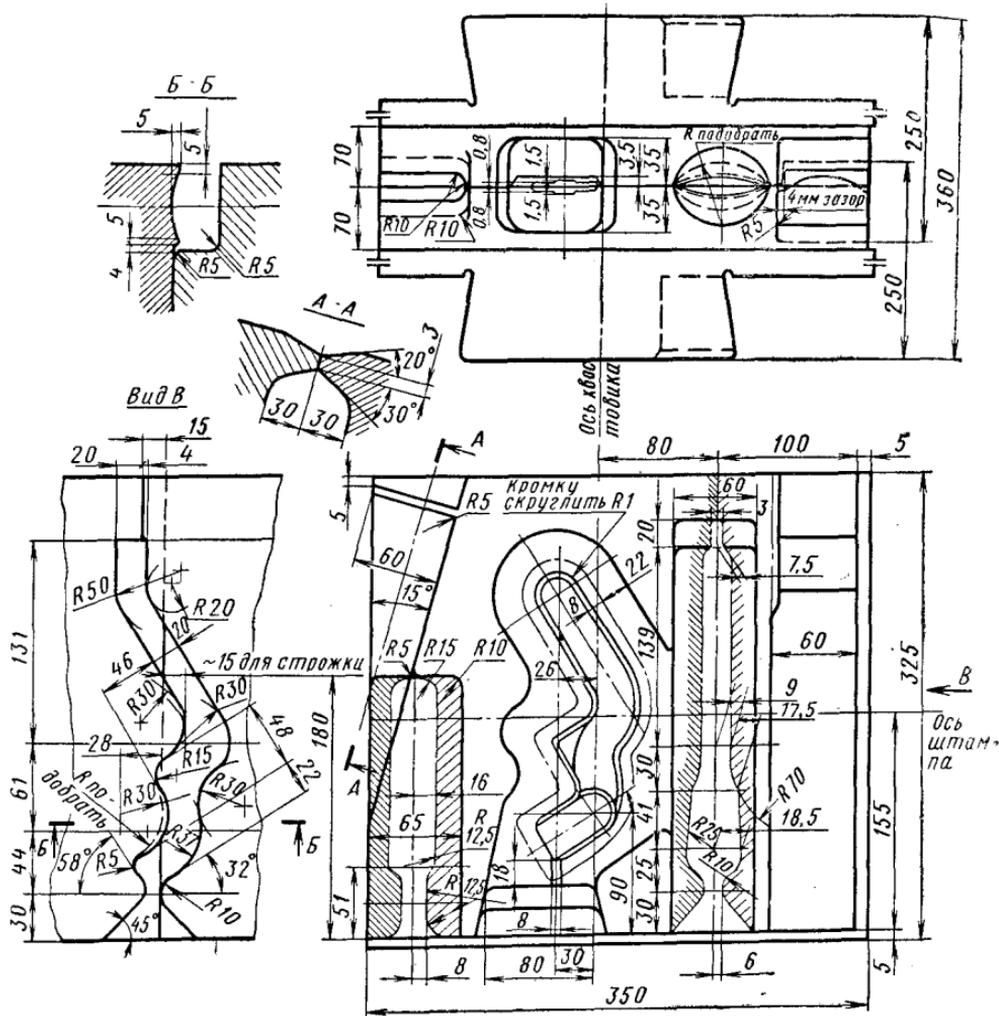


Рис. 193. Молотовый штамп для рычага тормозного крана

предварительный ручей (для снижения износа окончательного ручья), то это, во-первых, привело бы к значительному увеличению ширины штампа и, во-вторых, существенно затруднило бы штамповку, потому что при наличии большого числа ручьев и обработке в них сравнительно тонкой и быстро остывающей заготовки штамповщику трудно соблюдать неизменные по числу и силе ударов условия, необходимые при последовательной обработке в двух нецентрально расположенных штамповочных ручьях, чтобы избежать брака по сдвигу. Поэтому в данном случае целесообразнее применить из штамповочных ручьев только один окончательный с центральным его расположением на штампе. Остальные необходимые здесь ручьи устроены так, что размещать их можно лишь по краям штампа, причем только один отрубной ручей может быть размещен на любом из углов штампа. Остальные могут быть размещены только на передних углах. Удобнее всего отрубной ручей располагать за протяжным с одного края штампа. Другой край штампа будет занят гибочным ручьем. Так как при этом для пережимного ручья места с края штампа не остается, то в данном случае следует сделать его как закрытый подкатной ручей, который располагается отступая от края штампа, и использовать этот ручей в качестве пережимного ручья главным образом для правки на нем заготовки одним или двумя ударами после протяжки, т. е. перед укладкой ее в гибочный ручей.

С учетом 3% угара и объемной усадки 4,5% объем холодной заготовки $V = \frac{129288 \cdot 1,03}{1,045} = 127\,300 \text{ мм}^3$, масса ее $\frac{127300}{1000} \cdot 7,85 = 1,0 \text{ кг}$.

При штамповке с протяжным ручьем без последующей подкатки площадь сечения исходной заготовки следует брать по максимальному сечению расчетной заготовки, т. е. по сечению головки $F \frac{V_2}{l_2} = \frac{57\,500}{54} = 1065 \text{ мм}^2$, а ее диаметр $D = 1,13 \sqrt{F} = 1,13 \sqrt{1065} = 36,8 \text{ мм}$.

Принимаем диаметр исходной заготовки ближайший больший по ГОСТ $D = 38 \text{ мм}$, площадь сечения $F = 1134 \text{ мм}^2$. Длина заготовки на одну поковку $l = \frac{V}{F} = \frac{127300}{1134} = 112,2 \text{ мм}$. По диаграмме на рис. 134 находим, что заготовка очень удобна для штамповки, если размер ее рассчитан на три поковки $L = 112,2 \times 3 = 337 \text{ мм}$, масса 3,0 кг. Штампуют с отрубкой первой поковки на ноже, а остальные две поковки последовательно с поворотом заготовки на 180° .

Определяем размеры протяжного ручья (рис. 193 и 153). При $l_c < 200 \text{ мм}$ просвет $h = 0,7d_{\text{min}} = 0,7 \cdot 22,6 = 16 \text{ мм}$, а ширина порога $c = 1,35D = 1,35 \cdot 38 = 51 \text{ мм}$. При $D < 40 \text{ мм}$ ширина ручья $b = 1,5D + (10 \div 20) = 1,5 \cdot 38 + 10 = 67 \text{ мм}$. Радиус закругления кромок $R = 0,25c = 0,25 \cdot 50 \approx 12 \text{ мм}$. Радиус закругления порога $R_1 = 2,5c = 2,5 \cdot 50 = 125 \text{ мм}$. Общая глубина ручья за порогом $h_1 = 2h = 2 \cdot 16 = 32 \text{ мм}$. Общая длина протяжного ручья $l_c + 5 = 175 + 5 = 180 \text{ мм}$.

Контур продольного сечения пережимного ручья строим по контуру расчетной заготовки. При этом на участке стержня высоту ручья определяем умножением соответствующих диаметров расчетной заготовки на 0,6—0,75, а на участке головки — с расчетом на необходимое при правке незначительное обжатие исходного прутка. Затем предусматриваем на стержневой части очень небольшой уклон в сторону головки и весьма плавный радиусный переход от стержня к головке. На участке перехода от ручья к выемке под клешевину глубина перемычки $n = 0,3D = 0,3 \cdot 38 \approx 12 \text{ мм}$, а радиус $R = 0,2D + 5 = 0,2 \cdot 38 + 5 \approx 10 \text{ мм}$. В конце ручья предусматриваем канавку глубиной $p = 6 \text{ мм}$ и длиной $m = 20 \text{ мм}$. Ширину ручья как для

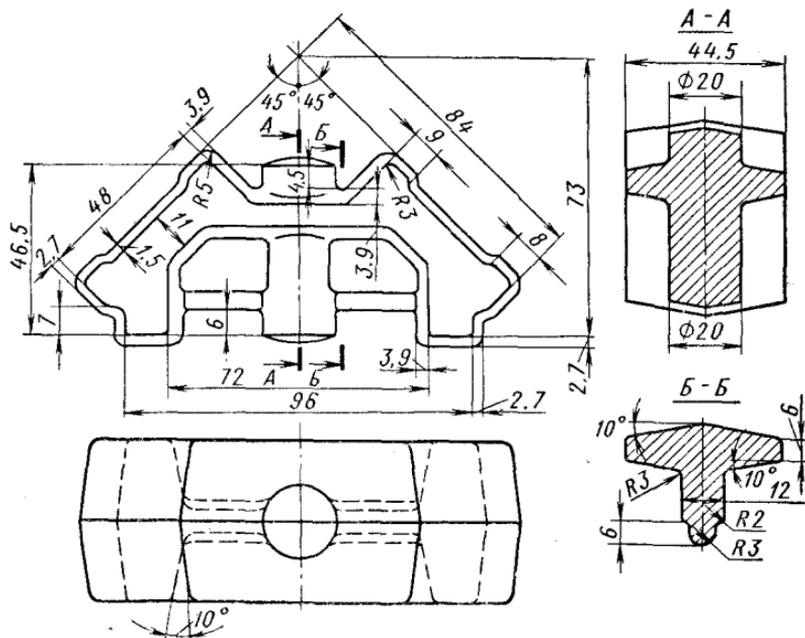


Рис. 194. Поковка вкладыша

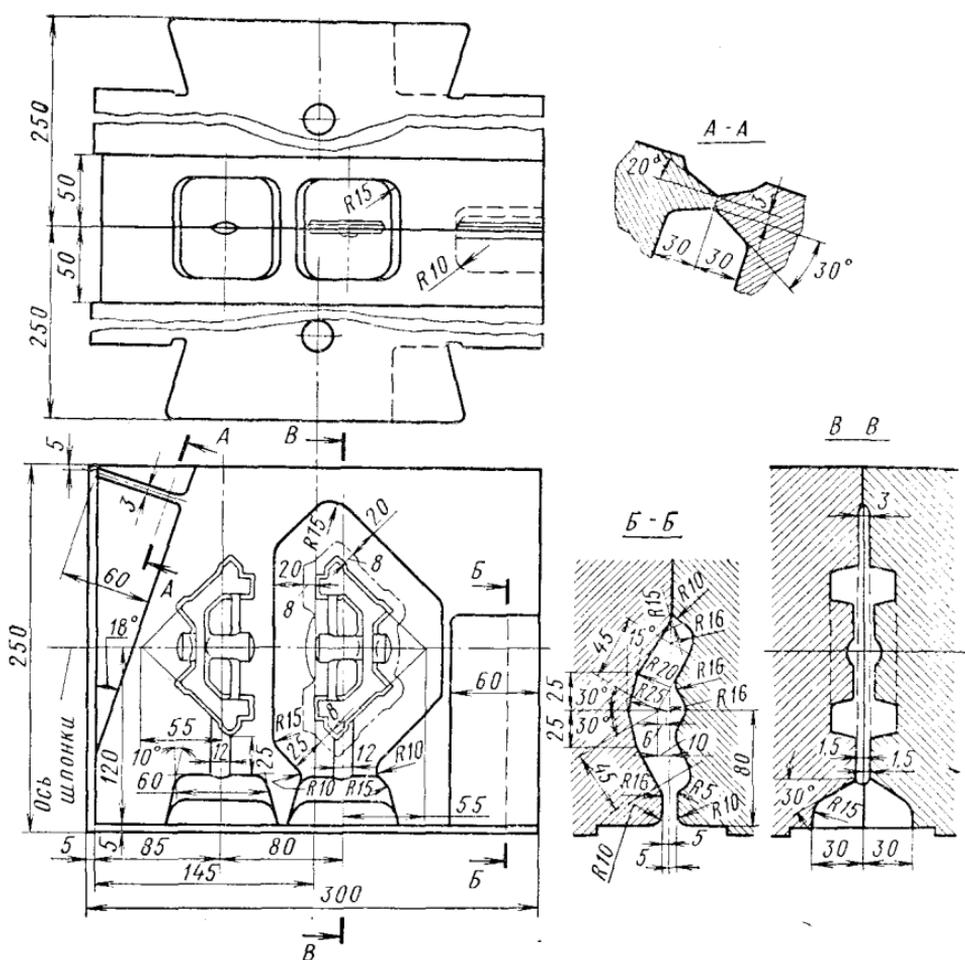


Рис. 195. Молотовый штамп для вкладыша

закрытого подкатного ручья (учитывая, что она должна быть не менее $1,25 \frac{F}{h_{\min}} = 1,25 \frac{1075}{22,6} = 59,5$ мм и не более $1,7D = 1,7 \cdot 37 = 63$ мм) принимаем 60 мм.

Контур продольного сечения гибочного ручья строим по контуру поковки с соответствующими отступлениями и отклонением фигуры от плоскости разреза на 32° , чтобы высоты выступающих частей ручья у верхней и нижней частей штампа были примерно одинаковы (по 15 мм). У этих выступающих частей устанавливаем зазоры 4 мм в горизонтальном направлении. Ширина ручья $\frac{F}{h_{\min}} + (10 \div 20) = \frac{1075}{22,6} + (10 \div 20) \approx 60$ мм. В конце ручья для заготовки предусматриваем установочный упор высотой 4 мм; для центрирования заготовки у верхней выступающей части ручья — выемку (см. рис. 149) глубиной $h_1 = (0,1 \div 0,2) h = (0,1 \div 0,2) 30 \approx 5$ мм.

Глубина отрубного ручья $h = \frac{D}{2} + 10 = \frac{37}{2} + 10 = 28,5 \approx 30$ мм.

Ввиду почти равномерного в данном случае сопротивления деформации во всех частях окончательного ручья, центр его совпадает с центром тяжести проекции ручья (включая образуемый при этом заусенец) на горизонтальную плоскость. Для

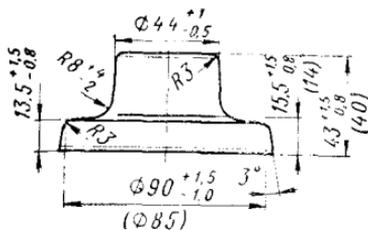


Рис. 196. Поковка шестерни

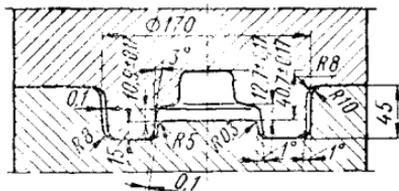


Рис. 197. Молотовый закрытый штамп для шестерни

определения центра тяжести изготавливаем картонную модель такой проекции. Подвешиваем ее за нитку, укрепленную в произвольно выбранной точке близко от края модели, и проводим из этой точки вертикальную линию на модели. Затем крепим нитку в другом месте модели, вторично подвешиваем модель и проводим на ней другую вертикальную линию. Пересечение этих двух линий является центром тяжести.

Чтобы при штамповке в окончательном ручье клещи располагались перпендикулярно фронту штампа, повернем окончательный ручей вокруг его центра тяжести на тот же угол, что и гибочный, т. е. на 32° .

Расстояние от окончательного ручья до выемки под клещевину $s = 0,7T \cos \alpha_2 = 0,7 \cdot 30 \cos 30^\circ = 18$ мм, причем значение T определяем по номограмме [5]. При штамповке от прутка ширина выемки (рис. 145) $B \approx 1,1D + 18 = 1,1 \cdot 37 + 18 = 60$ мм. Так как при штамповке из заготовки на три поковки последнюю поковку придется штамповать, держа клещами за вторую поковку, то для размещения головки второй поковки выемку следует расширить в одну сторону примерно на 20 мм.

Тогда общая ширина выемки будет $\frac{60}{2} + \left(\frac{60}{2} + 20\right) = 80$ мм. Глубина выемки $A \approx 0,7D + 12 = 0,7 \cdot 37 + 12 \approx 35$ мм; $R \approx 0,2D + 6 = 0,2 \cdot 37 + 6 \approx 12,5$ мм.

При размещении центра окончательного ручья в центре штампа и установки печи слева от молота удобнее всего расположить ручьи протяжной, пережимной и гибочный последовательно слева направо, а гибочный, окончательный и отрубной справа налево.

С учетом данного числа, размеров и расположения ручьев подбираем по ГОСТ 7831—71 штамповые кубики с размерами 350×325 мм в плане и 250 мм высотой. При этом центр кубика почти совпадает с центром штампа, опорная поверхность по подсчету незанятой ручьями площади составляет около 362 см^2 (при норме не менее 300 см^2 на 1 т массы падающих частей молота) и распределяется вокруг центра штампа сравнительно равномерно.

Крепление штампа осуществляем по ГОСТ 6039—71. Контрольный угол находится на правом переднем углу штампа. Штамп изготавливаем из стали 5ХНТ НВ 352—388 на рабочей поверхности и НВ 302—341 на хвостовике.

Поковку вкладыша (рис. 194) штамповали по 1 шт. на молоте с массой падающих частей 0,75 т от прутка диаметром 40 мм и длиной 669 мм на шесть поковок. При этом использовали штамп (рис. 195) с формовочным, предварительным, окончательным и отрубным ручьями.

Поковка шестерни (рис. 196) получает свой окончательный вид из заготовки диаметром 52 мм и длиной 77 мм штамповкой ее на молоте с массой падающих частей 0,75 т в одноручьевом штампе с закрытым окончательным ручьем (рис. 197).

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ШТАМПОВКИ НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ

Особенности штамповки

Эти прессы имеют следующие конструктивные и технологические особенности: достаточно жесткую закрытую стальную станину; жесткий кривошипно-шатунный механизм с надежным направлением ползуна, механические выталкиватели (верхний и нижний); регулирование высоты штампового пространства с помощью клиновидного стола, на который опирается нижняя часть штампа. При регулировании высоты штампового пространства этот стол перемещают по наклонной плоскости основания станины прессы. Ползун прессы имеет число ходов в минуту, примерно равное числу ходов бабы молота, заменяемого данным прессом. Прессы изготовляют с усилиями до 110 МН (до 11 000 тс). Основные параметры и размеры отечественных кривошипных горячештамповочных прессов усилиями 6,3—63 МН (630—6300 тс) указаны в ГОСТ 6809—70.

Практика показала, что при штамповке в открытых ручьях 10 МН (1 000 тс) усилия прессы ориентировочно эквивалентны 1 т массы падающих частей паровоздушного штамповочного молота двойного действия.

В отличие от бабы молота ползун кривошипного прессы имеет жесткий график движения, постоянную величину хода и определенное нижнее положение. Скорость движения ползуна к началу рабочего хода (к моменту соприкосновения верхней части штампа с обрабатываемой заготовкой) у кривошипных горячештамповочных прессов составляет обычно 0,5—0,8 м/с, что в 10 раз меньше скорости бабы молота в момент удара. Таким образом, пресс характеризуется неударным характером работы.

Это позволяет вместо ласточкиных хвостов, клиньев, шпонок и горячей посадки вставок применять иные способы крепления штампов и их деталей, а также использовать вместо цельноблочных штампов сборные штампы. При этом процесс штамповки значительно легче механизировать и автоматизировать, оснастив его устройствами для подачи заготовок в ручей, выталкивания из ручья, передачи в следующий ручей и, наконец, выдачи готовых поковок на следующие операции.

Значительно большая, чем на молоте, точность горизонтальных размеров поковок, штампованных на прессах, объясняется тем, что жесткое и надежное направление ползуна позволяет применять штампы с направляющими колонками и втулками, которые ограни-

чивают относительные сдвиги верхней и нижней частей поковки до десятих долей миллиметра.

Так как к концу каждого рабочего хода ползуна имеет одно и то же определенное нижнее положение, то в каждом ручье штампуют, как правило, за один ход ползуна. При этом допуски на размеры поковок по высоте можно назначать значительно более жесткими, чем при штамповке на молотах.

Колебания вертикальных размеров поковок при штамповке на прессах определяются главным образом различной величиной упругих деформаций штампа и пресса в связи с колебаниями температуры и объема заготовок. Наличие зазоров в соединениях деталей кривошипно-шатунного механизма и упругих деформаций пресса и штампа учитывают при наладке последнего. Поэтому при холостых ходах пресса зазор между верхней и нижней частями штампа всегда меньше, чем при штамповке, и обычно эти части штампа даже соприкасаются друг с другом.

При перегрузке пресса ползуна не доходит до нижнего положения, главный вал останавливается и пресс может заклинить. Пресс расклинивают либо опусканием стола, что связано с остановкой работ и потерями времени, иногда очень большими, либо с помощью гидрогаек станины пресса.

Чтобы штамп не работал враспор, его конструируют так, что верхняя и нижняя его части при штамповке не соприкасаются по разьему при нижнем положении ползуна. Для этого на разьеме в штампах с открытыми штамповочными ручьями вне заусенечных канавок необходимо предусмотреть зазор h_3 , равный высоте канавки на участке мостика, или зазор $\frac{h_3}{2} + h_1$, равный высоте канавки на участке выплава (рис. 198).

Наличие у пресса мощных механических выталкивателей позволяет применять штамповочные уклоны в 2—3 раза меньше, чем у молотовых поковок, и во многих случаях, например при штамповке выдавливанием (см. ниже), выполнять боковые поверхности поковок без уклонов.

Однако, несмотря на малые уклоны, открытые штамповочные ручки на прессе заполняются вдавливанием значительно хуже, чем на молоте. При этом более интенсивного заполнения полостей в верхней части штампа, что имеет место при штамповке на молотах, не наблюдается. Причиной этого является скорость воздействия штампа на заготовку. Так, продолжительность удара молота 0,0007—0,001 с, тогда как у пресса продолжительность воздействия штампа 0,03—0,2 с, и при сравнительно малой скорости штампа пресса деформируется весь объем сразу. Кроме того, процесс заполнения ручья на молоте осуществляется неоднократными ударами, что вызывает локальный нагрев верхней части заготовки, способствующий заполнению верхней части поковки.

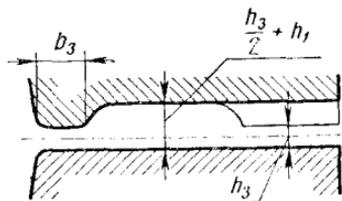


Рис. 198. Профиль заусенечной канавки

Процесс заполнения ручья и образование заусенца при штамповке на прессе должен заканчиваться за один ход ползуна. Следовательно, заусенец не успевает остыть, не успевает образоваться по периметру поковки в плоскости разъема слой металла, препятствующий дальнейшему выходу металла из полости штампа. В результате может получиться значительный заусенец и незаполнение ручья штампа.

В связи с этим многие поковки, успешно штампуемые на молоте в одном окончательном открытом ручье, который при этом заполняется главным образом за счет вдавливания, а не за счет осадки, нельзя отштамповать на прессе в таком же ручье из той же заготовки. Такое явление приводит к необходимости предварительного фасонирования заготовок в целях придания им таких промежуточных форм, которые обеспечивают получение из них окончательной формы преимущественно осаживанием при незначительном вдавливании. При этом количество необходимых ручьев по сравнению с применяемыми в молотовых штампах увеличивается. Например, штамповка круглых в плоскости разъема повок типа шестерен, выполняемая на молоте в окончательном ручье после предварительной осадки на площадке, производится на прессе обычно в трех- или даже четырехручьевом штампе с осадкой в фасонных бойках и штамповкой в фасонировочном заготовительно-предварительном и, наконец, в окончательном ручье.

Фасонировочный ручей применяют главным образом при штамповке заготовок, осаживаемых в торец. Фасонированием заготовке придают форму, при которой следующий (штамповочный) ручей заполняется преимущественно осаживанием. В ручей заготовка поступает обычно после предварительной осадки на фасонных бойках. После фасонирования заготовку переносят в заготовительно-предварительный ручей. Таким образом, фасонировочный ручей является ручьем промежуточного вида между заготовительным и заготовительно-предварительным.

В то же время при штамповке в закрытых ручьях заполнение вдавливанием происходит на прессе значительно легче, чем на молоте.

Постоянство хода ползуна весьма затрудняет выполнение на кривошипном прессе протяжки и подкатки.

При выполнении этих переходов на молоте за первый удар обжимаемые участки осаживают не более чем на 30—35% толщины исходной заготовки. В противном случае ширина заготовки может оказаться в 2,5—3 раза больше ее размера в направлении осаживания, а при последующем после кантовки ударе вместо осаживания может произойти продольный изгиб в плоскости ее поперечного сечения, а впоследствии — продольный зажим. Во избежание этого протяжку и подкатку на паровоздушных молотах осуществляют слабыми ударами; сечения заготовки уменьшают постепенно, и соударение штампов происходит лишь при последних ударах для получения окончательных размеров.

Следует обратить внимание на то, что и при протяжке и подкатке на фрикционных и других молотах с постоянной энергией удара происходит постепенное уменьшение поперечного сечения заготовки, так как энергии одного удара бывает обычно недостаточно, чтобы осадить исходную заготовку сразу до требуемого размера, и

штампы начинают сходиться лишь тогда, когда обжимаемые сечения уменьшатся настолько, что деформация до конечных размеров становится сильной для одного удара. Однако при протяжке и подкатке таких поковок, когда энергии одного удара фрикционного молота оказывается более чем достаточно, получение поковок без зажимов бывает затруднено или совсем невозможно. Отсюда понятно, почему протяжка и покатка на кривошипном прессе при постоянстве величины хода его ползуна встречает еще большие трудности, требуя нескольких переходных ручьев вместо одного для каждого из указанных переходов.

При штамповке на кривошипных горячештамповочных прессах рациональнее заменить протяжку и подкатку пережимом, если это возможно, применением одновременной штамповки двух поковок с расположением их валетом (см. гл. V, § 5) или совсем отказаться от этих переходов и перейти к штамповке фасонных исходных заготовок. Поскольку быстрый равномерный нагрев фасонных заготовок связан с некоторыми трудностями, считают, как правило, более рациональным изготовлять фасонную заготовку вальцовкой и штамповать ее на прессе с того же нагрева, чем использовать периодический прокат или другие виды фасонных заготовок, получаемых со стороны.

Следствие неудачного характера работы пресса при штамповке на нем окалина отделяется от поверхности заготовок значительно хуже, чем при штамповке на молоте; часть окалины вминается в поверхность поковок. Удаление окалины во время штамповки затрудняется еще и тем, что каждый переход штамповки выполняется не за несколько, а за один ход. Поэтому штамповка на прессах без тщательной предварительной очистки заготовок от окалины не допускается. Практика показала, что надежным способом удаления окалины перед штамповкой является гидравлическая очистка. Другим способом исключения окалины является безокислительный или малоокислительный нагрев, в том числе индукционный. Сочетание кривошипных горячештамповочных прессов с индукционными нагревателями, кроме того, облегчает механизацию и автоматизацию процесса штамповки и дает много других преимуществ в крупносерийном и массовом производстве поковок.

Выдавливание

Начальная скорость деформирования на кривошипном прессе намного меньше, чем у молота. Вместе с тем, уменьшение этой скорости в течение рабочего хода протекает значительно медленнее, что позволяет получать на прессах отдельные, имеющие форму отростков, элементы поковок выдавливанием — вытеснением значительной части металла заготовки из полости закрытого ручья через рабочее отверстие. В ручей для выдавливания поступает исходная заготовка, реже — после обжатия на фигурных бойках. Такое обжатие применяют для придания заготовке формы, необходимой для ее размещения в ручье. Выдавливанием можно получить готовые поковки или фасонные заготовки под окончательную штамповку каким-либо способом на том же прессе или под дальнейшую штамповку на ином оборудовании. Таким образом, ручьи

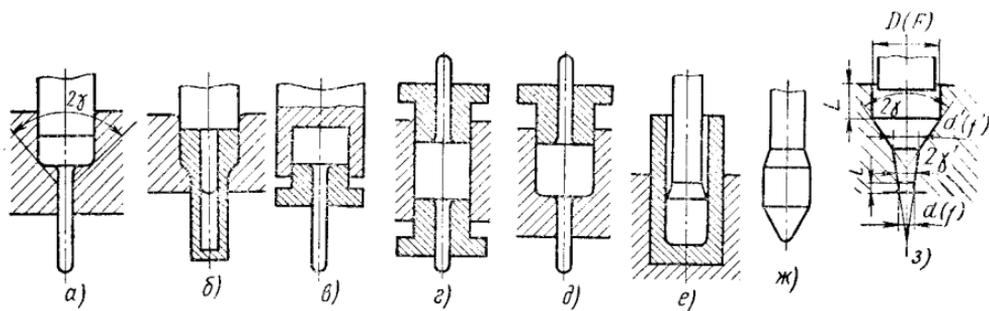


Рис. 199. Штамповка выдавливанием

для выдавливания могут быть заготовительными и штамповочными.

Различают два основных способа выдавливания — прямое и обратное. При прямом выдавливании (рис. 199, а и б) полость, в которую укладывают заготовку, размещается в матрице¹; при штамповке металл пуансоном вытесняется из полости матрицы сквозь имеющееся в ней рабочее отверстие. При этом весь объем заготовки перемещается к рабочему отверстию и трение металла о стенки полости приводит к значительной неоднородности деформации. При обратном выдавливании (рис. 199, в) полость, в которую укладывают заготовку, размещается в пуансоне; при штамповке металл из полости пуансона вытесняется матрицей сквозь имеющееся в ней рабочее отверстие. При этом в каждый данный момент процесса деформируется лишь часть заготовки, находящаяся в непосредственной близости к рабочему отверстию, а остальная ее часть остается недеформируемой. Отметим, что процесс выдавливания может быть прямым или обратным независимо от взаимного расположения пуансона и матрицы (пуансон сверху, а матрица снизу или наоборот) и от того, какая часть подвижна (пуансон подвижен, а матрица неподвижна или наоборот). Возможно одновременно выдавливание нескольких отростков прямым и обратным способами, а при свободном перемещении контейнера 1 (рис. 199, г) — обратное выдавливание в двух противоположных направлениях. Успешно осуществляется комбинирование прямого и обратного выдавливания (рис. 199, д).

Разновидностью выдавливания является закрытая прошивка (рис. 199, е). При закрытой прошивке обрабатываемый металл вытекает в кольцевой зазор между пуансоном и матрицей.

¹ Матрицей и пуансоном называют основные рабочие части некоторых видов штампов, устанавливаемых на прессах и других кузнечных машинах. Признаком матрицы обычно является наличие у нее полости или сквозного отверстия. Пуансон часто имеет вид стержня. При смыкании штампов, имеющих пуансон и матрицу, пуансон обычно входит в матрицу (рис. 199, а, б, е); но бывает, что матрица входит в пуансон (рис. 199, в), а в отдельных случаях некоторые рабочие части штампа совмещают роли пуансона и матрицы (рис. 199, г, д).

Обратное выдавливание требует меньше усилия и обеспечивает более однородную деформацию потому, что при обратном выдавливании приходится преодолевать трение о стенки матрицы только около рабочего отверстия. При прямом выдавливании направление и характер течения металла в матрице до поступления его в рабочее отверстие, а также степень неоднородности деформации резко изменяются в зависимости от коэффициента контактного трения и прочих условий деформации, а также от свойств и состояния деформируемого материала. Процесс выдавливания стали был подробно изучен Л. В. Прозоровым.

Процесс выдавливания протекает при резко выраженной схеме всестороннего неравномерного сжатия, что обеспечивает высокую пластичность металла. При этом процесс требует весьма высоких давлений, что снижает стойкость матриц. Это обязывает применять хорошую смазку и вынуждает уменьшать скорость деформирования.

Поэтому нестандартные кривошипные горячештамповочные прессы, специально предназначенные для штамповки выдавливанием, в отличие от обычных делают с уменьшенным в 1,5—2,0 раза числом ходов в минуту. Кроме того, у них несколько увеличены ход ползуна и закрытая высота штампового пространства и значительно увеличен ход нижнего выталкивателя. Последний в этих случаях имеет не механический, а пневматический или гидравлический привод.

При штамповке поковок процесс выдавливания начинается обычно не сразу. Поскольку размеры поперечного сечения исходной заготовки меньше соответствующих размеров полости ручья, ее деформация, как и при других способах штамповки в закрытых ручьях, протекает в три стадии и начинается обычно с осадки до соприкосновения бочкообразной заготовки с боковыми стенками полости (контейнера), заполнения полости металлом и выдавливания металла в отверстие. В зависимости от соотношения диаметра заготовки и отверстия под стержень стержневая часть заготовки может образовываться и во всех трех стадиях.

При штамповке с закрытой прошивкой процесс начинается с открытой прошивки (см. гл. IV, § 1), пока не заполнится вся полость матрицы под пуансоном, и только после этого происходит выдавливание. Поскольку для открытой прошивки требуемое усилие меньше, чем для закрытой, то для снижения нагрузки на инструмент иногда заведомо идут на уменьшение толщины заготовок с тем, чтобы закрытую прошивку по возможности заменить открытой прошивкой и производить ее не выдавливанием, а раздачей металла в стороны при сохранении высоты заготовки или даже при некотором ее уменьшении. Большую роль при этом играет форма пуансона. Пока полость матрицы не заполнена, конический пуансон (рис. 199, ж) способствует раздаче металла в стороны и тем самым облегчает прошивку, но зато последующее затем выдавливание с помощью конического пуансона требует большего усилия, чем с помощью плоского пуансона (рис. 199, е).

Таким образом, поковки, полученные штамповкой на кривошипных горячештамповочных прессах, отличаются от молотовых повышенной точностью размеров, меньшими припусками на механическую обработку и более совершенной формой за счет меньших штамповочных уклонов, особенно в тех случаях, когда применяется выдавливание.

Классификация поковок. Прессовые поковки, как и молотовые, по форме могут быть отнесены к двум основным группам: 1) круглым и квадратным в плоскости разъема или близким к ним и 2) удлиненным в плоскости разъема, включая все их разновидности.¹ Меньшие уклоны и возможность образования отдельных элементов поковок выдавливанием во многих случаях позволяют (или вынуждают) устанавливать при штамповке на прессах разъем в иной плоскости, чем при штамповке на молотах. Это значительно расширяет группу поковок круглых и квадратных в плоскости разъема (или близких к ним) за счет включения в нее довольно большого числа различных прямых валов с фланцем или другим утолщением. Эти поковки либо совсем не штампуют на молотах (например, поковки клапанов двигателей внутреннего сгорания), либо штампуют на молотах, но в виде поковок, относящихся к другой группе — к удлиненным в плоскости разъема. Перевод с молотов на прессы также приводит к существенным изменениям формы поковок с отrostками и развилками. При штамповке на молотах эти поковки относятся либо к удлиненным в плоскости разъема либо к поковкам смешанной формы, причем отrostки и развилки у этих поковок располагаются только в плоскости разъема. Если же перевод на пресс позволяет изменить у них плоскость разъема и расположить отrostки и развилки вертикально (обычно в плоскости главной оси ручья), то при этом отrostки и развилки образуются уже не за счет отжима части металла заготовки в сторону от ее оси, как это происходит при штамповке на молотах, а путем глубокого вдавливания.

Перевод штамповки с молотов на кривошипные прессы дает значительную экономию металла главным образом за счет уменьшения массы поковок, отходов на заусенец, упразднения отходов на клещевину, ненужную при работе с выталкивателями, и более широкого применения закрытых штамповочных ручьев, в частности, для выдавливания.

Перевод штамповки с молотов на прессы приводит к значительному снижению расходов на штампы, главным образом за счет применения сборных конструкций, позволяющих каждый ручей и каждую деталь штампа использовать до полного износа, а в отдельных случаях также за счет повышения стойкости штамповочных ручьев благодаря меньшим штамповочным уклонам, меньшему коли-

¹ Более подробная классификация поковок, штампуемых на кривошипных горячештамповочных прессах, приведена в справочнике [6].

честву окалины при штамповке и большим возможностям для применения принудительного разогрева и охлаждения штампов в целях поддержания у них постоянно оптимальной температуры.

К. п. д. кривошипного прессы более чем в 2 раза выше, чем у молота, и достигает 6—8%. Пресс не требует для установки столь большого фундамента, как молот. Прессы могут работать в менее фундаментальных и более дешевых зданиях, чем молоты. Прессы не оказывают вредного воздействия на окружающие сооружения, оборудование, приборы. Отсутствие шума и сотрясений снижает утомляемость штамповщиков. Автоматизация удаления поковок из ручьев значительно облегчает их труд. От штамповщиков не требуется столь продолжительной подготовки, силы и ловкости, как при штамповке на молотах. На участках прессы, особенно при индукционном нагреве, условия труда лучше, чем при работе на штамповочных молотах. Производительность прессы только за счет того, что обработка в каждом переходе уменьшается с нескольких ударов молота до одного нажатия, на 30—50% выше, чем у молотов, а при надлежащей организации и механизации процесса может быть повышена в 2—2,5 раза и более. Однако высокая стоимость самих прессы и первоначальных затрат на прессовые штампы быстро окупается только в крупносерийном и массовом производстве поковок. В иных условиях, особенно, когда за одним прессом закрепляется производство поковок нескольких десятков наименований (и поэтому имеют место большие потери времени на смену штампов и переналадку прессы), экономический эффект по сравнению со штамповкой на молоте получается незначительный.

§ 2. ТЕХНОЛОГИЯ ШТАМПОВКИ НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕСТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ

Конструирование поковки .

При конструировании поковки, штампуемой на прессе, руководствуются в основном теми же правилами, что и при составлении чертежа молотовой поковки (см. гл. V, § 4). В частности, при установлении разьема и построении линии разьема, определении радиусов закруглений, конструировании наметок отверстий и перемычек под прошивку придерживаются тех же правил и принимают такие же размеры, какие рекомендованы для молотовых поковок. Существенное отличие имеется только в величине припусков, допусков и штамповочных уклонов.

Указанные ранее преимущества прессы (см. гл. VI, § 1) позволяют уменьшить припуски на механическую обработку и допуски на размеры по сравнению с молотовыми по крайней мере на 20—35%. Их значения, как и у молотовых поковок, регламентированы ГОСТ 7505—74. Иначе устанавливают допуск только на длину отрезков, получаемых выдавливанием.

Этот допуск зависит главным образом от колебаний объема заготовки и объема ручья, в котором производится выдавливание. Объем ручья изменяется главным образом в зависимости от его износа и от недоштамповки в нем. Поэтому сначала

следует подсчитать допуск на объем исходной заготовки, определяемый допуском на толщину исходного металла и точностью резки заготовок, и отнести его не только на изменение длины выдавливаемого отростка, но также и на недоштамповку по высоте у невыдавливаемой части поковки. При этом следует учесть, что верхнее отклонение этой высоты должно быть при наибольшем объеме заготовки, нижнее — при наименьшем. Таким образом, изменения длины отростка (без учета износа ручья и прочих факторов) определяется из расчета разности между объемным допуском исходной заготовки и объемным допуском невыдавливаемой части поковки. С учетом износа ручья, температурных колебаний и т. п. полученный таким способом допуск придется несколько увеличить. Припуск на механическую обработку торца отростка устанавливается с учетом выпуклости, образуемой на нем при выдавливании.

При штамповке с выталкивателями штамповочные уклоны применяются для облегчения работы выталкивателей, а также для уменьшения износа боковых стенок ручья при извлечении поковки. Для этого достаточно иметь уклоны на 25—35% меньше, чем при штамповке на молотах. Поэтому при определении уклонов у прессовых поковок рекомендуется сперва выяснить, какой уклон потребовался бы при обычной штамповке на молоте (по методике, изложенной в гл. V, § 4), а затем уменьшить его. Таким образом, штамповочные уклоны у прессовых поковок, извлекаемых с помощью выталкивателей, могут быть 2, 3, 5 и 7° вместо соответствующих им уклонов 3, 5, 7 и 10° у молотовых поковок. Без штамповочных уклонов рекомендуется выполнять только отростки, образуемые выдавливанием, и допускать на таких отростках уклоны только в том случае, если они обусловлены конструкцией готовой детали и указаны в ее чертеже.

Разработка технологического процесса

В разработку технологического процесса штамповки на прессе входит решение тех же задач, что и при штамповке на молоте (см. гл. V, § 5), в той же последовательности, начиная с определения усилия, необходимого для штамповки.

Как было указано, усилие деформации при объемной штамповке на время рабочего хода возрастает, процесс деформации протекает в несколько стадий, при переходе от одной стадии к другой интенсивность возрастания усилия изменяется, усилие достигает максимального значения в завершающей стадии процесса — при доштамповке поковок по высоте. При этом в открытом ручье общая деформирующая сила может быть представлена как состоящая из усилия деформации заусенца на участке мостика и усилия деформации металла в ручье с выдавливанием его в заусенец. Из курса теории обработки металлов давлением [12] известно, что в завершающую стадию процесса при штамповке в открытых ручьях поковок круглых в плане или приближающихся к ним удельное усилие деформации

$$p = \sigma_s \left\{ \left(1,5 + \frac{1}{2} \frac{b_3}{h_3} \right) F_3 + \left[\frac{b_3}{h_3} - 0,375 + 1,25 \left(\ln \frac{d}{h_3} + 2 \frac{h_3}{d} \right) \right] F_n \right\},$$

при штамповке поковок прямоугольных в плане или приближающихся к ним

$$p = \frac{2}{\sqrt{3}} \sigma_s \left\{ \left(1 + \frac{1}{2} \frac{b_3}{h_3} \right) F_3 + \left[\frac{b_3}{h_3} - 0,25 + 1,25 \left(\ln \frac{a}{h_3} + \frac{h_3}{a} \right) \right] F_n \right\},$$

где σ_s — напряжение текучести металла, соответствующее температуре и скорости деформации при штамповке, приблизительно равное временному сопротивлению на растяжение при той же температуре; b_3 — ширина мостика заусенечной канавки, мм; h_3 — толщина заусенца на участке мостика, мм; F_3 — площадь мостика заусенечной канавки, мм²; F_n — площадь проекции поковки, мм²; d и a — диаметр и средняя ширина поковки, мм ($a = \frac{F_n}{L_n}$, L_n — максимальный габаритный размер поковки в плане, мм).

При штамповке выдавливанием [6], если дно ручья вокруг рабочего отверстия конусное с большим углом γ при вершине конуса $130^\circ \geq 2\gamma \geq 60^\circ$ (рис. 199, а),

$$p = \sigma_s \left[\left(\frac{1}{2 \sin \gamma} + \frac{2}{1 + \cos \gamma} \right) \ln \frac{F}{f} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right];$$

с малым углом γ при вершине конуса ($2\gamma < 60^\circ$)

$$p = \sigma_s \left[\left(1 + \frac{1}{2 \sin \gamma} \right) \ln \frac{F}{f} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right].$$

Если форма ручья имеет два конических перехода (рис. 199, з),

$$p = \sigma_s \left[\left(1 + \frac{1}{2 \sin \gamma} \right) \ln \frac{F}{f'} + \left(1 + \frac{1}{2 \sin \gamma'} \right) \ln \frac{f'}{f} + \frac{2L}{D} + \frac{2l}{d} \right].$$

Обозначения показаны на рис. 199, з, при этом, если сечения отличаются от круга, то вместо диаметров D и d следует брать $D = 1,13 \sqrt{F}$ и $d = 1,13 \sqrt{f}$ (L — высота заготовки при заполненном контейнере).

При закрытой прошивке [11] с малыми значениями отношения диаметра d пуансона к толщине h донышка поковки под пуансоном ($\frac{d}{h} \leq 6$)

$$p = \sigma_s \left[3 + \left(1 + \frac{F}{f} \right) \ln \frac{\frac{F}{f}}{\frac{F}{f} - 1} \right],$$

где $F = \frac{\pi D^2}{4}$ и $f = \frac{\pi d^2}{4}$; d и D — соответственно диаметры пуансона и контейнера.

Определив усилия деформации для характерных стадий всего процесса штамповки, следует построить график изменения усилия в координатах «усилие деформации — путь ползуна пресса». Площадь такого графика представляет собой работу деформации за весь процесс. Ввиду различия поволоков и способов их штамповки подобные графики довольно разнообразны, однако общим для всех графиков при объемной штамповке является возрастание усилия на протяжении всего рабочего хода пресса с достижением максимума в конце хода. Вместе с тем, допустимая нагрузка кривошипного пресса при ходе ползуна вниз также возрастает и достигает максимального значения при приближении ползуна к своему нижнему положению. Это

совпадение позволяет довольно эффективно использовать привод кривошипного пресса при объемной штамповке.

При выборе пресса необходимо график усилий деформации сопоставить с графиком допустимых нагрузок пресса, построенном в тех же координатах по характеристике пресса. Оба графика должны быть выполнены в одинаковом масштабе. При этом во избежание перегрузки пресса график усилий деформации должен полностью вписываться в график допустимых нагрузок. Тогда усилия деформации не будут превышать допустимых нагрузок не только в конце рабочего хода, но и на всем его протяжении.

Значительные отклонения графика усилий деформации от графика допустимых нагрузок получаются при штамповке выдавливанием. При этом довольно большую часть графика усилий деформации занимает стадия выдавливания, протекающего при усилении, близком к постоянному, и поэтому значительная часть площади графика допустимых нагрузок остается неиспользованной. Это указывает на то, что по силовым возможностям кривошипного пресса выдавливание на нем является менее эффективным, чем другие способы объемной штамповки.

Для облегчения подбора прессов по усилиям некоторые вновь выпускаемые прессы отечественного и зарубежного производства оснащаются приборами, непосредственно указывающими фактическую нагрузку пресса при штамповке. Эти приборы позволяют: проверять и уточнять расчетные формулы; подбирать прессы по фактическим усилиям; полнее использовать возможности пресса и в то же время сократить до минимума случаи перегрузок.

При нагрузке пресса на 20—30% и более от его номинального усилия общая упругая деформация δ пресса и штампа прямо пропорциональна усилию P деформации при штамповке так, что жесткость пресса, определяемая отношением P/δ , является постоянной и зависит только от конструкции данного пресса¹.

Для того, чтобы высота поковок при штамповке на прессе с определенной жесткостью получалась в пределах заданного допуска, необходимо чтобы и усилия деформации колебались, не выходя из соответствующих пределов.

Из приведенных выше формул следует, что усилие на деформацию заусенца при штамповке в открытых ручьях составляет немалую долю в суммарном усилии деформации, и что последнее в значительной степени зависит от размеров h_3 , b_3 и F_3 заусенечной канавки на участке мостика. Это дает возможность, варьируя размерами h_3 и b_3 , для одной и той же поковки изменять в довольно больших пределах усилие, необходимое и достаточное для ее штамповки. Однако каждый раз с изменением нагрузки пресса изменяется величина его упругой деформации. Поэтому для получения поковок высотой в пределах заданного допуска после изменения размеров h_3 и b_3 необхо-

¹ Жесткость отечественных кривошипных горячештамповочных прессов 4,5—15 МН/мм.

димо соответственно изменять при наладке пресса закрытую высоту штампа.

Увеличивая высоту h_3 и уменьшая ширину b_3 заусенечной канавки на участке мостика, можно облегчить истечение металла заготовки в заусенец и тем самым снизить нагрузку пресса. При этом уменьшаются его упругие деформации и потребуется соответственно увеличить закрытую высоту штампа. Однако с облегчением истечения металла в заусенец может значительно ухудшиться заполняемость ручья.

Для улучшения заполняемости требуется уменьшить высоту h_3 и увеличить ширину b_3 . Однако при этом увеличиваются нагрузка пресса, его упругие деформации и приходится уменьшать закрытую высоту штампа, причем перегрузка пресса приводит к заклиниванию.

Отсюда следует, что заусенечные канавки должны быть оптимальных размеров. Близкая к оптимальной высота канавки на участке мостика получается, как и у молотовых штампов ($h_3 = 0,015 \sqrt{F_n}$, но не менее 1 мм). Но ширину b_3 канавки на участке мостика принимают обычно в 1,5—2,0 раза меньше, чем на молотовых штампах. В противном случае учащаются случаи заклинивания пресса. Профиль и другие ее размеры (h_1 , b_1 и R) принимают такими же, как у канавок типов I—III на молотовых штампах (см. рис. 125 и табл. 6 с учетом рис. 198).

Объем заусенца определяют так же, как при штамповке на молотах, т. е. исходя из размеров заусенечной канавки с учетом ее заполнения.

Практически при штамповке на прессах в открытых штамповочных ручьях, когда их заполнение происходит преимущественно осадкой, заусенец мало отличается от того, какой образуется при штамповке на молотах. Небольшое уменьшение заусенца при штамповке на прессах достигается только в случае более точного распределения объема заготовки, например в результате успешного применения вальцовки или периодического проката вместо протяжки и подкатки. Если же штамповочные ручьи заполняются преимущественно вдавливанием и при штамповке на прессе будут применены те же ручьи, что и на молоте, то в силу указанных выше особенностей течения металла на прессах заусенец на поковке, штампованной на прессе, будет больше, чем на молоте. Если же при штамповке на прессе заготовки предварительно фасонировать, то в зависимости от того, насколько это удачно будет выполнено, заусенец может получиться как больше, так и меньше, чем при штамповке на молотах.

В штампах на кривошипных прессах применяют те же ручьи, что и в молотовых штампах, обычно за исключением двух заготовительных — протяжного и подкатного — и отрубного. Кроме того, применяют ручьи для выдавливания и фасонировочные.

Выбор переходов штамповки. Выбор переходов, применяемых на кривошипных прессах, для поковок, удлиненных в плоскости разреза, по существу не отличается от выбора переходов при штамповке на молотах.

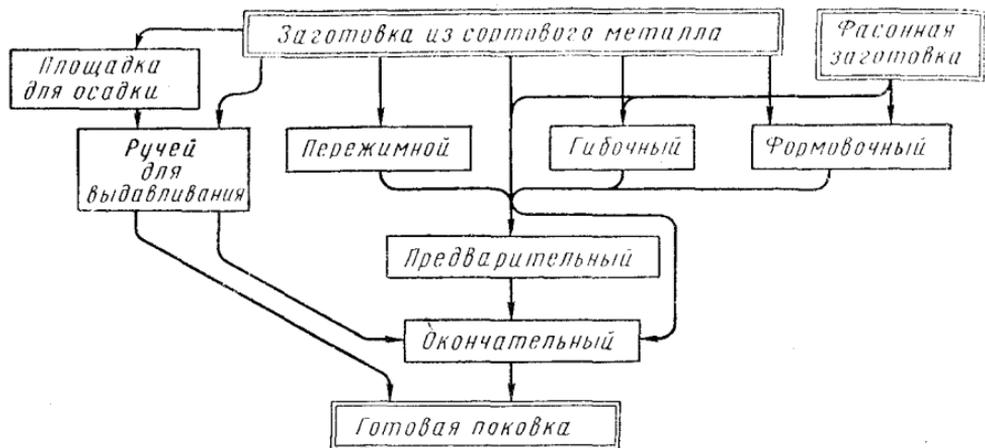


Рис. 200. Варианты последовательного применения ручьев при штамповке на прессах поковок, удлиненных в плоскости разреза

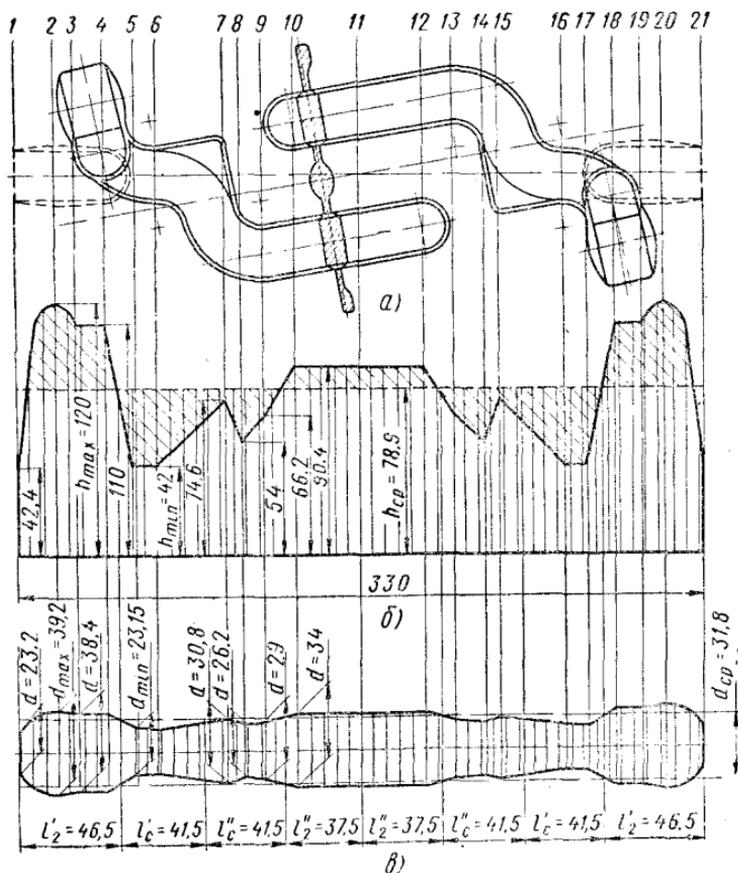


Рис. 201. Развертка (а), эпюра сечений (б) и расчетная заготовка (в) двух сдвоенных валетом поковок рычага тормозного крана

В тех случаях, когда при штамповке на молоте требуется закрытая подкатка или протяжка, включая протяжку с последующим пережимом, открытой или закрытой подкаткой, следует проверить, нельзя ли, применив штамповку поковок по 2 шт. с расположением их валетом, уменьшить перепад в площадях поперечных сечений у объединенной расчетной заготовки так, чтобы стало возможно указанные переходы упразднить или заменить их пережимом. Например, поковка рычага (см. рис. 191), которая при штамповке на молоте (см. рис. 193) нуждается в протяжке, пережиме, гибке, окончательной штамповке и отрубке от прутка, может быть при расположении попарно валетом (рис. 201, а) отштампована на прессе в трех ручьях: гибочном, предварительном и окончательном. При этом расчетная заготовка (рис. 201, в), построенная с помощью эпюры сечений (рис. 201, б) по развертке с отгибкой одних лишь головок (см. обозначенные штриховыми линиями на рис. 201, а) получается сложной и состоит из четырех элементарных заготовок, причем две крайние из них, как и две средние, одинаковы между собой. Вычисленные по их размерам коэффициенты α и β показывают на диаграмме (см. рис. 127), что для требуемого перераспределения металла вдоль оси заготовки достаточно в данном случае применить один пережимной ручей. Этот пережим можно совместить с гибкой, при которой производится отгибка головок. Предварительный ручей должен быть с рассекателем и использоваться главным образом для расплющивания и раздачи средней части заготовки. В средней части окончательного ручья должен быть предусмотрен довольно емкий и неполностью заполняемый карман, необходимый для того, чтобы исключить в окончательном ручье возможность течения металла из этой части заусенечной канавки в ручей.

Поковку шатуна (рис. 202) штампуют на прессе усилием 18МН (1800 тс) по две расположенные валетом поковки из заготовки диаметром 88 мм и длиной 254 мм в три перехода (рис. 203): пережим, предварительная и окончательная штамповки. Затем обе поковки одновременно подвергают горячей комбинированной обрезке-прошивке и уже по 1 шт. — горячей калибровке на прессе усилием 9 МН и, наконец, холодной обрезке. Во избежание коробления поковка (рис. 202) поступает на механическую обработку с непрошитым внутренним заусенцем, образуемым при калибровке.

Если же для каких-либо других поволовок сдвигание валетом не исключает протяжку и подкатку или же не дает возможности заменить их пережимом, то при штамповке на прессе следует в качестве исходных заготовок применять фасонные

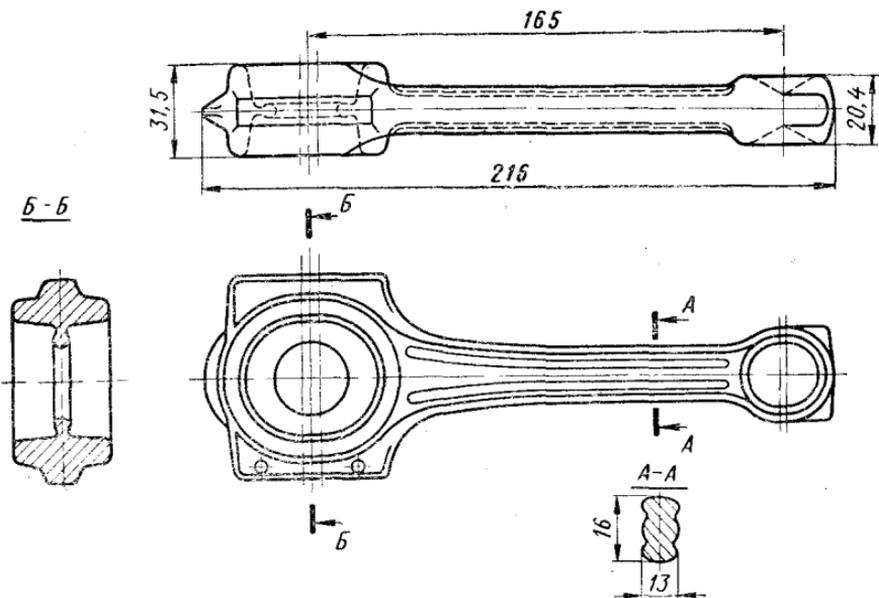


Рис. 202. Поковка шатуна (допуск на все размеры в штампе до $\pm 0,1$. Неогорошенные радиусы 15 мм, сдвиг до 0,3 мм)

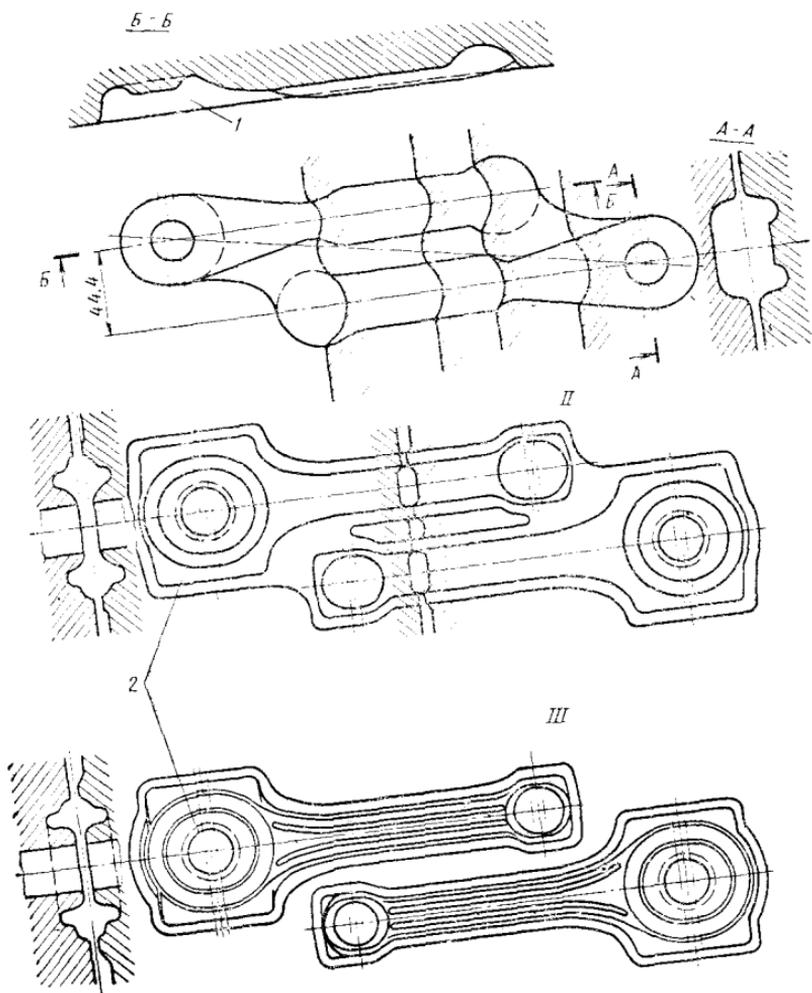


Рис. 203. Ручьи штампа для шатуна:

1 — деталь только в верхнем положении; *I—III* — переходы штамповки

заготовки, размеры и форму которых устанавливают как для расчетных заготовок (см. гл. V, § 5). Фасонная заготовка может быть из периодического проката или получена штамповкой на горизонтально-ковочной машине или другими способами. При этом весьма желательно получить готовую поковку с того же нагрева, что и заготовку, например, после вальцовки на ковочных вальцах (см. гл. IX, § 3) или после прессования исходной заготовки на том же прессе. Перед выдавливанием может потребоваться осадка исходной заготовки на фигурной площадке.

Штамповка на прессах круглых и квадратных в плоскости разреза поковок (рис. 204) существенно отличается от штамповки их на молотах более частым применением фигурной площадки для осадки (вместо обычной плоской) и дополнительных ручьев — фасонировочного, предварительного или обоих этих ручьев в зависимости от сложности формы поковки и трудности ее заполнения (см. рис. 202). Кроме того, по мере возможности при штамповке этих поковок лю-

бой из применяемых здесь ручьев (фасонировочный, предварительный или окончательный) заменяется ручьем для выдавливания.

Если форма окончательного ручья и форма укладываемой в него заготовки таковы, что ручей заполняется преимущественно за счет осадки и свободной прошивки, а вдавливание наблюдается лишь на участках, удаленных от разъема штампа, и если при этом выход металла заготовки к разъему штампа происходит не раньше, чем к концу третьей стадии процесса штамповки (т. е. когда почти вся полость ручья заполнена металлом), то такую поковку штампуют в одном окончательном ручье. При этом предпочтительнее может оказаться закрытый ручей, поскольку выход металла заготовки к разъему у закрытого ручья заведомо более затруднен, чем у открытого.

При штамповке в закрытых ручьях во избежание торцового заусенца, кроме позднего выхода металла заготовки к разъему штампа, требуется, чтобы выход этот происходил одновременно по всей линии разъема. Обеспечить это для некруглых в плоскости разъема поковок даже при использовании фасонных заготовок практически весьма трудно. Поэтому для некруглых в плоскости разъема поковок, если их штампуют в одном окончательном ручье, последний делают только открытым.

В то же время при штамповке в одном окончательном ручье поковок, круглых в плоскости разъема, может быть применен открытый и закрытый ручьи. Сравнительно небольшой в данном случае избыточный объем заготовки, вызванный главным образом несоответствием между объемами заготовки и ручья, размещается у открытого ручья в заусенце, а у закрытого остается в самой поковке, причем при штамповке выдавливанием это отражается на длине отростка, получаемого выдавливанием, а при штамповке с противодавлением — на высоте поковки или на глубине прошиваемого отверстия. Сложность устройства и отладки штампов с противодавлением делает предпочтительнее штамповку в открытом ручье или штамповку выдавливанием. Какой из этих способов следует принять, определяется формой поковки и прежде всего наличием или отсутствием у нее элементов, которые могут быть получены выдавливанием.

Если же форма окончательного ручья и форма укладываемой в него заготовки таковы, что выход металла заготовки к разъему штампа происходит раньше, чем к концу третьей стадии процесса штамповки (т. е., когда далеко не вся полость ручья заполнена металлом), то возможность штамповки в одном окончательном ручье обычно исключается. Исключается она потому, что в таком случае на разъеме

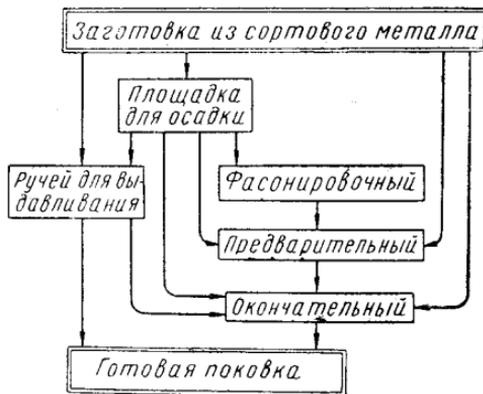


Рис. 204. Варианты последовательного применения ручьев при штамповке на прессах поковок круглых и квадратных в плоскости разъема

у закрытого ручья образуется неизбежно большой торцовый заусенец, а труднозаполняемые участки ручья так и остаются незаполненными. Заполнение же открытого ручья в этом случае получается еще хуже, а отход металла в заусенец значительно превышен. Поэтому необходима многоручьева штамповка.

Ручьи, применяемые, кроме окончательного, при многоручьево́й штамповке круглых в плоскости разъема поковок (плоская или фигурная площадка для осадки, фасонировочный и предварительный ручьи), выполняют обычно одновременно несколько функций. Они служат для того, чтобы, во-первых, облегчить заполнение полости окончательного ручья, во-вторых, затруднить выход металла заготовки к разъему штампа в окончательном ручье, и, в-третьих, избежать образования зажимов. Вместе с тем их используют для того, чтобы сбить окалину с исходной заготовки и придать ей форму, легко и надежно центрируемую в последующем ручье.

Плоская площадка для осадки выполняет обычно такую же роль, как у молотовых штампов. Однако при этом заготовки, осаженные на прессах, делают более высокими, чтобы облегчить заполнение штамповочных ручьев дальнейшей осадкой вместо вдавливания.

При конструировании фигурных площадок, фасонировочных и предварительных ручьев учитывают, что пока ручей не заполнен, металл, входящий в соприкосновение с поверхностью ручья и охлажденный при этом, становится почти неподвижным, так что заполнение ручья вдавливанием происходит в основном за счет вытекания на поверхность заготовки ее внутренних более горячих слоев. Поэтому в заготовительных ручьях необходимо придать заготовке такую форму, чтобы в начальный момент ее штамповки в окончательном ручье вокруг мест, где требуется интенсивное вдавливание, металл сразу же вошел в соприкосновение с поверхностью окончательного ручья и образовал вокруг этих мест зоны малоподвижного металла. Эти зоны следует предусматривать в таких местах, где они смогли бы в наибольшей мере препятствовать раздаче металла в стороны и способствовать заполнению средними слоями заготовки труднозаполняемых участков ручья вдавливанием.

Степень трудности заполнения вдавливанием зависит прежде всего от сложности формы и соотношения размеров заполняемой полости. С учетом этого при штамповке круглых в плоскости разъема поковок применяют следующие заготовительные ручьи и их комбинации, перечисленные ниже в порядке возрастания трудности заполнения окончательного ручья: 1) плоская площадка для осадки; 2) фигурная площадка для осадки; 3) предварительный ручей; 4) площадка для осадки и предварительный ручей и 5) площадка для осадки, фасонировочный и предварительный ручьи. При этом исходной является обычная цилиндрическая заготовка, осаживаемая в торец.

Форму и размеры заготовки по переходам и соответствующих им ручьев определяют в порядке, обратном технологическому процессу. При рассмотрении формы и размеров окончательного ручья проектируют упрощенную в наибольшей степени заготовку предварительной формы, из которой можно получить готовую поковку за одно обжа-

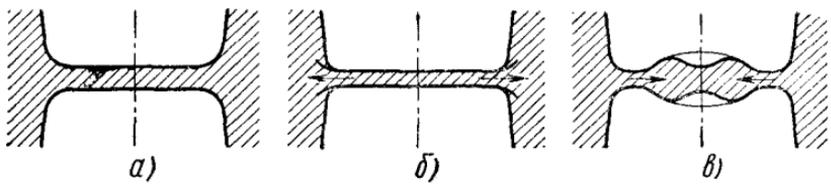


Рис. 205. Прошиваемая перемычка:

a — после предварительной штамповки; *b* — после окончательной штамповки в ручье без кармана (с образованием зажимов); *v* — то же с карманом. Стрелками указано направление течения металла

тие в окончательном ручье. Затем определяют, какой ручей требуется для получения этой предварительной формы, возможно ли получить ее из исходной заготовки или потребуется один или два ручья для придания заготовке промежуточных форм. При определении формы и размеров этих ручьев и соответствующих размеров заготовки поступают точно так, как при описанном проектировании перехода, предшествующего окончательной штамповке. Правильное решение этой задачи обеспечит минимальное число переходов и выявит, какие именно потребуются ручьи и какие будут размеры заготовки по переходам.

При этом во избежание складок и зажимов в теле поковок следует, во-первых, в местах наиболее интенсивного течения металла предусмотреть достаточно большие радиусы закругления кромок по поверхности ручьев, во-вторых, во время обжимов не допускать кратковременных отрывов металла заготовки от обтекаемой им поверхности ручьев, и, в-третьих, особое внимание уделить расчету объемов отдельных элементов заготовки по переходам с тем, чтобы исключить возможность течения металла в сторону полностью заполненных участ-

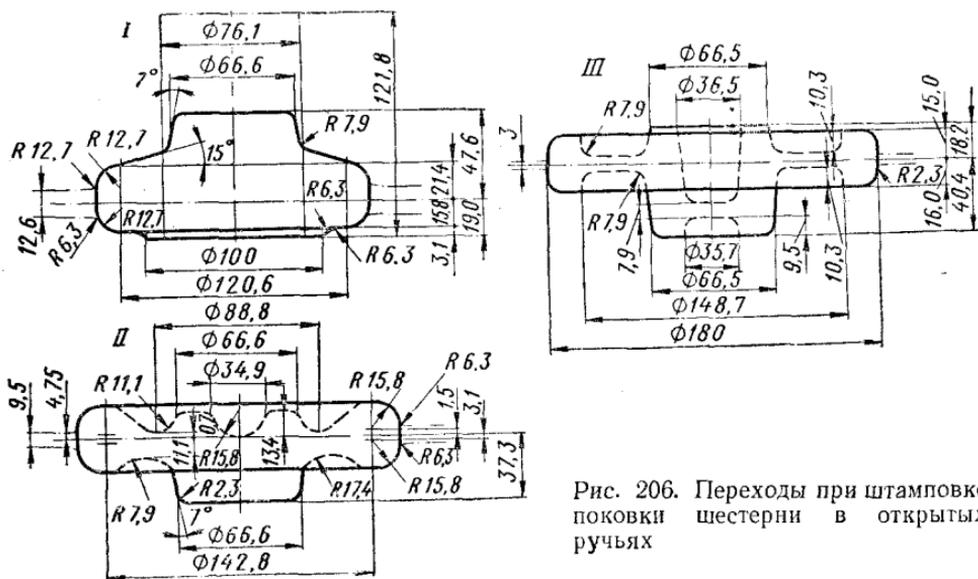


Рис. 206. Переходы при штамповке поковки шестерни в открытых ручьях

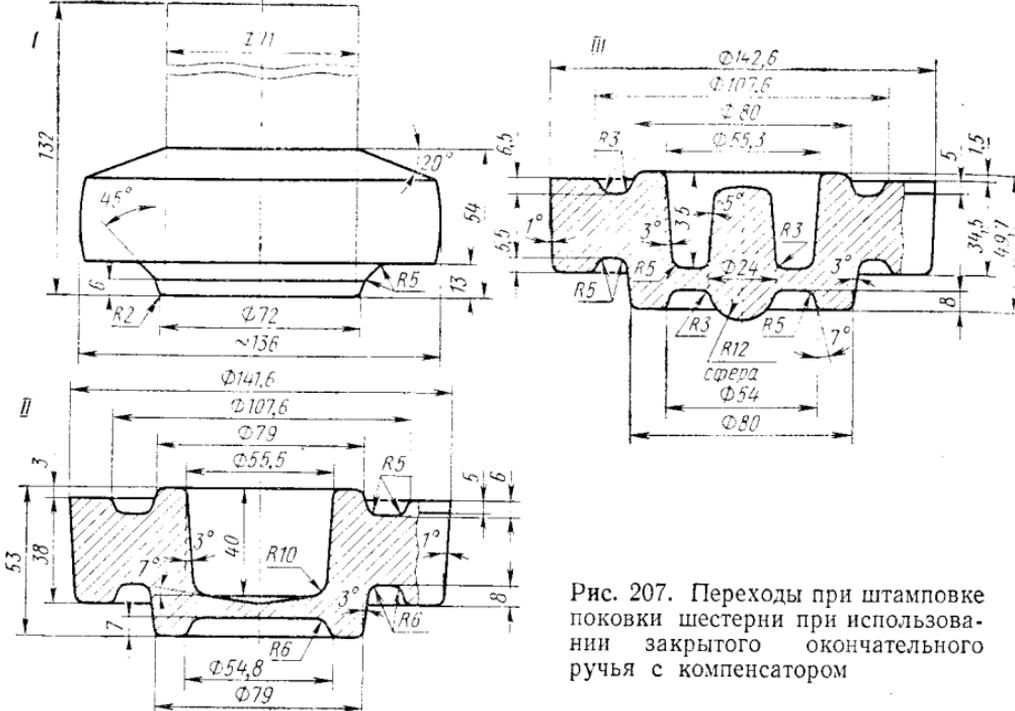


Рис. 207. Переходы при штамповке поковки шестерни при использовании закрытого окончательного ручья с компенсатором

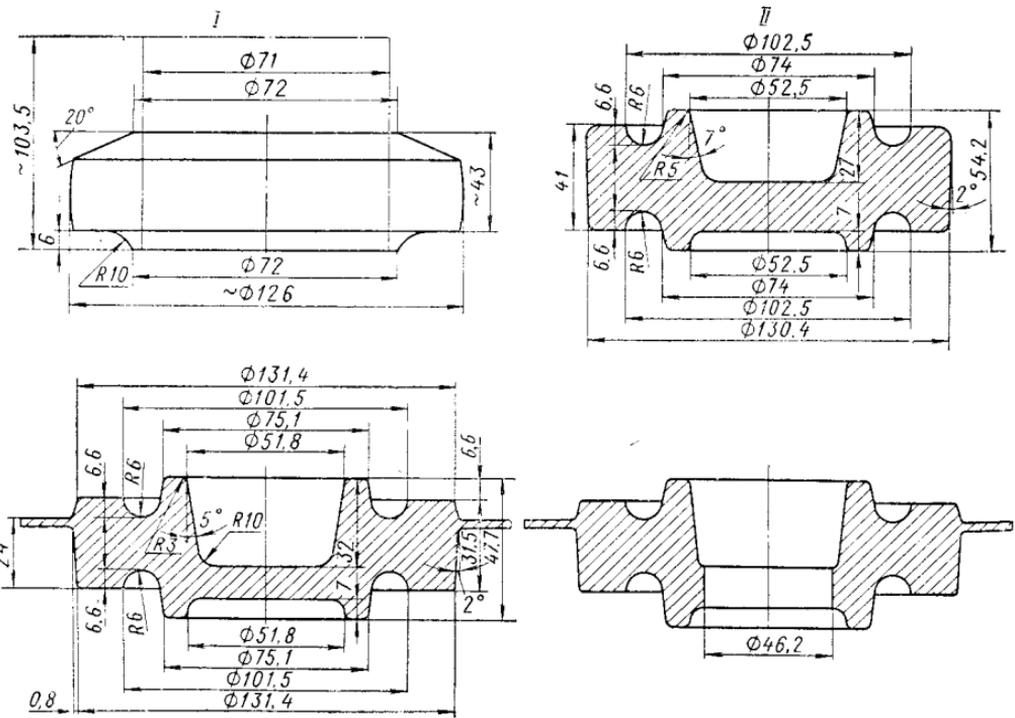


Рис. 208. Переходы при штамповке поковки шестерни с использованием закрытого незаполняемого предварительного ручья и открытого окончательного ручья (неоговоренные штамповочные уклоны 5° ; неоговоренные радиусы 2 мм)

ручья, непосредственно прилегающей к разьему, заготовка в открытом ручье получалась без заусенца, а в закрытом ручье — без торцового заусенца. Получить это за счет некоторой небольшой недоштамповки в закрытом ручье легче, чем в открытом. Затем, особенно после закрытого предварительного ручья, штамповка в открытом окончательном ручье получается с очень небольшим заусенцем (рис. 208). Если же штамповка в закрытом предварительном ручье происходит с образованием торцового заусенца, то окончательная штамповка должна производиться в открытом ручье. При этом весь торцовый заусенец и непосредственно прилегающая к нему часть металла заготовки должны перейти в заусенец. Если вместо предварительного ручья используют ручей для выдавливания, то весь образуемый в нем торцовый заусенец также должен при штамповке в открытом окончательном ручье без остатка переходить в заусенец (рис. 209).

Применение штампов с выталкивателями освобождает от необходимости иметь клещевину. Поэтому на кривошипных прессах обычно штампуют из мерной заготовки одну или при одновременной (многоштучной) штамповке несколько поковок. Иногда применяют последовательную штамповку двух поковок из полученной вальцовкой фасонной заготовки на две поковки. Штамповку от прутка рационально применять только при автоматической его подаче. При этом последовательно отштампованные поковки остаются объединенными общим заусенцем и в таком виде поступают на обрезку. Обрезку можно выполнять при этом также автоматически на том же горячештамповочном прессе, а заусенец может быть получен в виде ленты или разрезанным на более короткие полосы встроенными в штамп ножами типа применяемых при резке полосового металла на сортовых ножницах (см. гл. I, § 4).

§ 3. ШТАМПЫ КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССОВ

Конструирование ручьев

Окончательный ручей в штампах для прессов выполняют по чертежу поковок для изготовления штампа без отклонений, другие ручьи — в соответствии с чертежами заготовок по переходам.

Предварительные ручьи делают примерно на 4—5% глубже и несколько уже окончательных, причем круглые вертикальные сечения заменяют овальными с вертикальным расположением большой оси овала. Этим обеспечивается надежная опора заготовок в дно окончательного ручья и облегчается заполнение его осадкой. Для четкого заполнения окончательного ручья в предварительном ручье площади поперечных вертикальных сечений должны быть больше на 3,0—3,5%, чем в окончательном.

Если открытый предварительный ручей заполняется преимущественно осадкой, то канавки для заусенца вокруг него не делают, а по всему разьему предусматривают зазор высотой на 50—70% больше глубины заусенечной канавки в окончательном ручье на участке мостика. При заполнении ручья преимущественно вдавлива-

нием для заусенца предусматривают канавку с мостиком на 1—2 мм шире и глубиной также на 50—75% больше, чем в окончательном ручье. Это увеличение глубины канавки необходимо не только для предотвращения заклиниваний пресса при штамповке в предварительных ручьях, но также и для того, чтобы эти ручьи не мешали наладке штампа по высоте по окончательному ручью.

Мелкие и средние поковки при переключении из ручья в ручей удобно захватывать клещами за заусенец. Поэтому во всех штамповочных ручьях для таких поковок предусматривают выемки под губки клещей (рис. 210), аналогичные выемкам под клещевину у молотовых штампов. Тяжелые поковки захватывают клещами непосредственно за тело поковки, и поэтому у штамповочных ручьев для них выемок под клещи обычно не делают.

Заготовительные ручьи отличаются от применяемых в молотовых штампах только отсутствием выемок под клещевину.

Ручьевые вставки штампа и выталкиватели

Ручьевые вставки. Каждый ручей, как правило, изготовляют на отдельной паре вставок штампа. По два ручья на одной паре вставок располагают только для очень мелких поковок. В зависимости от формы ручья в плоскости разреза ручьевые вставки изготовляют цилиндрическими (рис. 211) или призматическими (рис. 212). Призматические вставки проще в наладке при устранении сдвига между верхней и нижней частями ручья с помощью прокладок. В связи с этим цилиндрические вставки иногда делают врезанными в призматические с ходовой посадкой. В таком случае призматические вставки служат лишь обоймами с одноступенчатыми цилиндрическими гнездами под ручьевые вставки. Бобышки в фигуре ручья, соответствующие наметкам отверстий в поковке, как наиболее изнашивающиеся части, часто выполняют в виде отдельных вкладышей. При этом во вставках предусматривают сквозные отверстия под вкладыши. Вкладыши при сборке вставляют в эти отверстия с противоположной стороны от фигуры ручья. На вкладышах и в отверстиях под них предусматривают соответствующие друг другу уступы, препятствующие выпаданию вкладышей из вставок в сторону фигуры ручья. С обратной стороны вкладыши и вставки обрабатывают совместно заподлицо. При сборке они опираются на общие основания (подкладные плиты).

Во всех случаях при заполнении участков ручья вдавливанием в них отсекаются воздух и газы сгоревшей смазки, давление которых

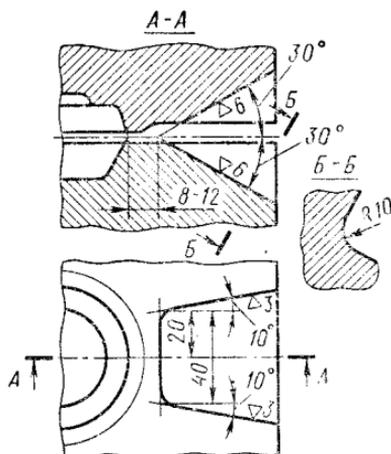
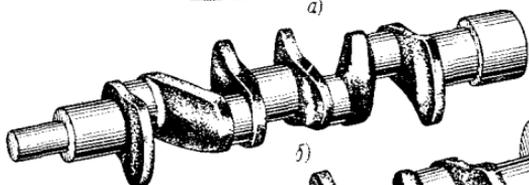


Рис. 210. Выемка под клещи

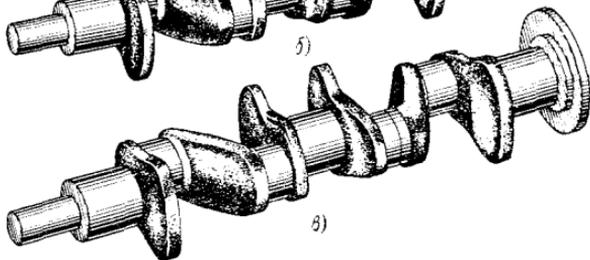
Рис. 213. Поковка коленчатого вала



a)

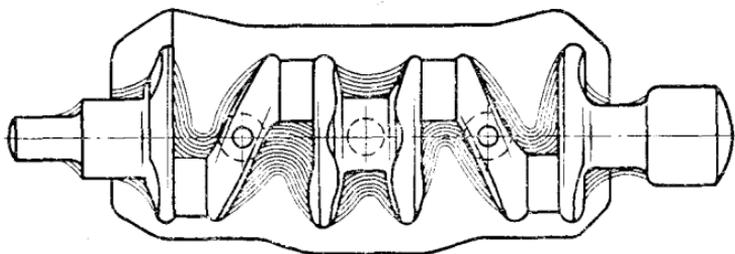


б)



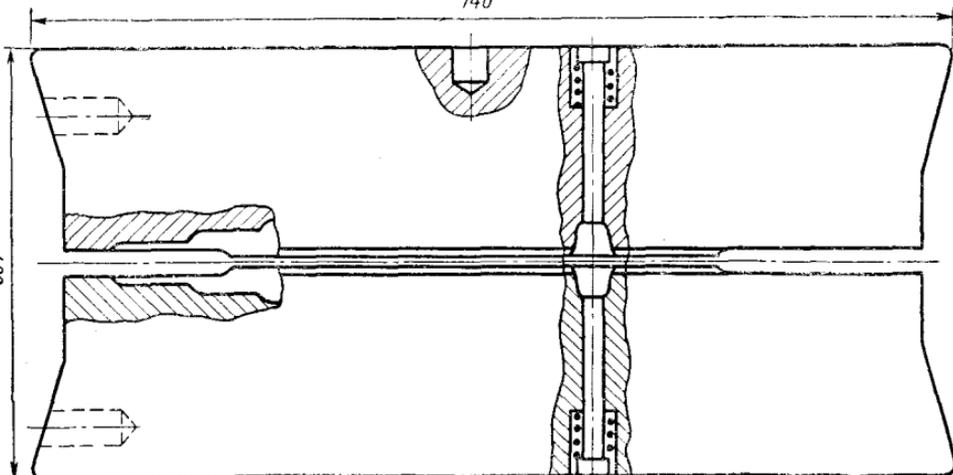
в)

Рис. 214. Предварительная вставка для штамповки коленчатого вала с противовесом



250

740



357

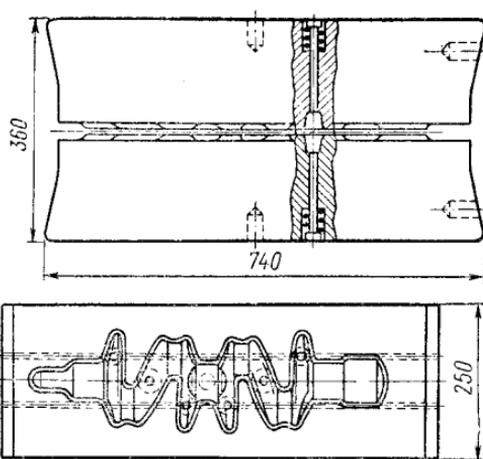


Рис. 215. Окончательная вставка для штамповки поковки коленчатого вала с противовесом

в плане форму или в виде кольца, охватывающего вставную деталь ручьевой вставки. У выталкивателей второго и третьего типов горизонтальные рабочие поверхности имеют круглую в плане форму и являются частью поверхности канавки для заусенца или канавки под прошиваемую пленку. Под выталкиватели в ручьевых вставках выполняют вертикальные сквозные отверстия. Во время штамповки рабочие поверхности выталкивателей находятся на уровне тех поверхностей ручья, часть которых они представляют, и только при обратном ходе ползуна под действием специального механизма в штампе, приводимого в движение выталкивателями пресса, ручьевые выталкиватели поднимаются над уровнем ручья, надавливают на поковку, заусенец или пленку и выбрасывают поковку из ручья. Для этого достаточно, чтобы при штамповочных уклонах в ручье не менее 2° ход выталкивателя был 10—15 мм на легких прессах и 20—30 мм на тяжелых прессах.

Устройство штампов и их деталей

Основные детали штампа (рис. 216): нижняя 1 и верхняя 3 державки; направляющие колонки 4 и втулки 5 с манжетами 2; ручьевые вставки 9 и подкладные плиты 7 под ручьевые вставки, предохраняющие нижнюю и верхнюю державки от смятия; детали 8 крепления ручьевых вставок и механизмы 6 удаления поковок из ручьев.

При типовом креплении штампов (рис. 217) основание его верхней державки строгают с уступом, равным 4—5 мм, в средней (опорной) ее части на ширине несколько большей, чем ширина надштамповой плиты 3*.

* Шпильки, на которые посажена надштамповая плита в гнездо ползуна, и винты, которыми она прикреплена к нему, на рис. 217 не показаны.

Поковки выталкиваются из нижней и верхней половинок вставок толкателями, действующими на щеки вала.

Затем обрезают заусенец поковки (рис. 213, а) и высаживают фланец (рис. 213, в) на горизонтально-ковочной машине усилием 8 МН (800 тс). Далее поковку правят на прессе усилием 8 МН (800 тс).

Выталкиватели. Последние могут оказывать давление непосредственно на поковку, на заусенец и на пленку, подлежащую прошивке. У выталкивателей первого типа рабочая поверхность представляет собою часть горизонтальной поверхности ручья и имеет круглую

Державка, вписываясь своим основанием в ползун 4, перекрывает надштамповую плиту по ширине. Свисающие справа и слева заплечики державки притягиваются к ползуну болтами. В центре ползуна и надштамповой плиты имеются круглые отверстия под цилиндрический выталкиватель пресса. Аналогично крепится нижняя державка штампа к столу 1 и клиновидной подштамповой плите 2, в центре которой предусмотрено продолговатое отверстие под нижний цилиндрический выталкиватель. Такое отверстие позволяет перемещать подштамповую плиту вперед и назад при регулировании высоты штампового пространства, не нарушая соосности выталкивателя пресса с выталкивающим механизмом нижней части штампа.

Боковые стороны основания нижней державки простроганы с уклоном 1 : 32, который имеется также у клиньев 9 и 10, свободно лежащих на столе пресса. Расстояние между стойками станины внизу уменьшается за счет выступающих внутрь приливов, внутренние поверхности которых служат боковыми опорами для этих клиньев. Клинья закладываются в промежутки между этими приливами и державкой. Продвинув правый клин вперед, а левый назад, можно сдвинуть нижнюю державку влево и, наоборот, продвинув правый клин назад, а левый вперед, можно сдвинуть державку вправо. Положение клиньев фиксируется болтами 8. Сзади державка поджимается головками пары болтов 5, спереди — парой болтов 6, ввинченных в детали 7, имеющие вид кубиков с цилиндрическими отростками, которые вставляют в специальные отверстия в столе пресса. Таким образом, положение державки на подштамповой плите регулируют и фиксируют с помощью болтов и клиньев.

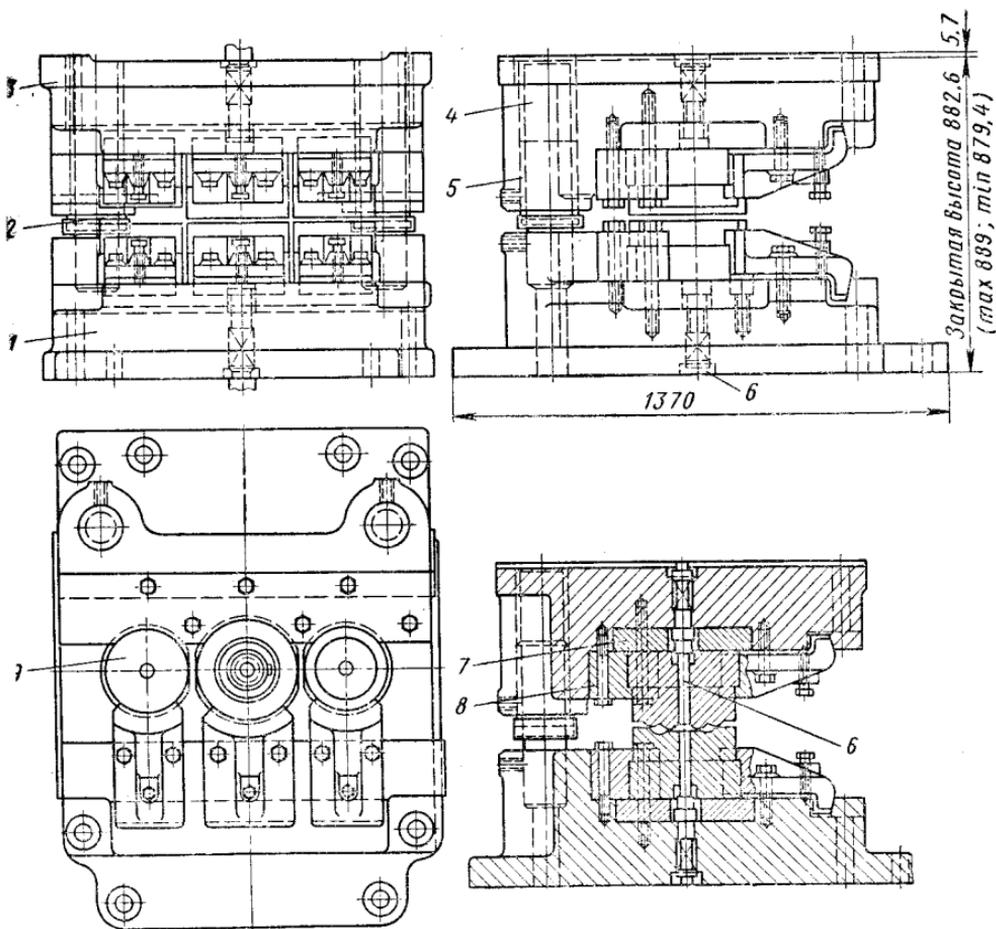


Рис. 216. Прессовый штамп

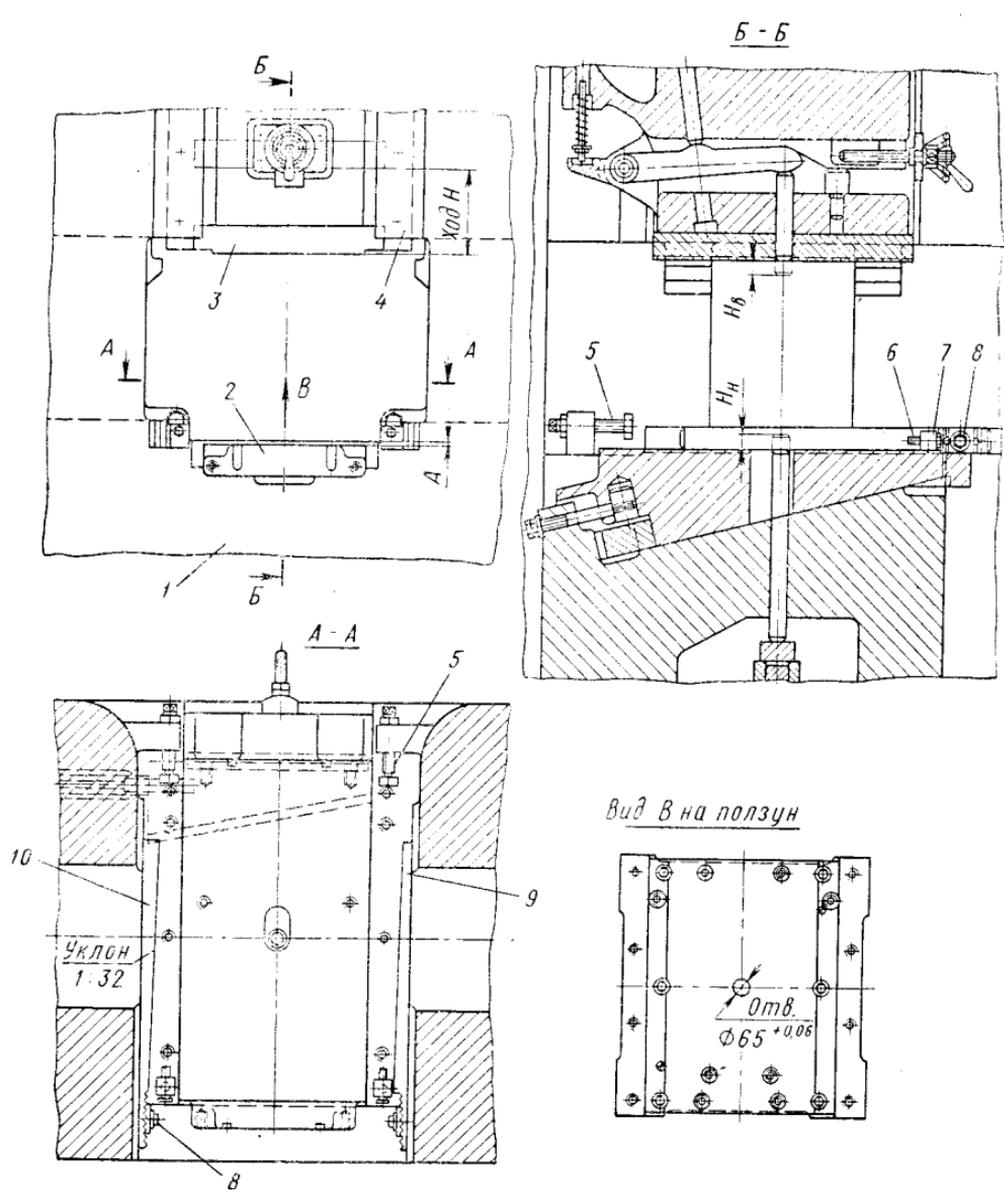


Рис. 217. Место крепления штампа на прессе:

$H_{в}$ и $H_{н}$ — соответственно ход верхнего и нижнего выталкивателей

Наладку штампа по высоте выполняют перемещением подштамповой плиты, после чего свисающие справа и слева заплечики нижней державки притягиваются к столу прессы болтами.

Нижняя и верхняя державки (см. рис. 216) — литые. В них предусматривают гнезда для подкладных плит и отверстия под болты, винты и штифты для крепления подкладных плит и вставок. В державках есть также пазы, гнезда и сквозные отверстия для деталей механизмов удаления поковок из ручьев. Кроме того, в нижней дер-

жавке делают гнезда под направляющие колонки, в верхней державке — под направляющие втулки. Колонки и втулки обычно крепят в гнездах с прессовой посадкой. Обычно применяют две колонки и размещают их в линию за ручьевыми вставками так, чтобы они не мешали подаче заготовок и выдаче поковок. Диаметр колонок назначают из учета необходимой их прочности. Зазор между колонками и втулками устанавливают с учетом непараллельности оснований державок штампа и плит пресса, а также неизбежного расширения колонок при разогреве во время штамповки. Диаметр колонок и зазоры между ними и втулками принимают, например для прессов 6,30 МН (630 тс) 65 мм и 0,2 мм; для прессов 31,5 и 40 МН — 180 мм и 0,4 мм.

Для удобства при наладке закрытую высоту штампа принимают равной $H_{\min} + 0,75A$ (H_{\min} — наименьшая закрытая высота штампового пространства пресса, A — величина регулировки этой высоты за счет подъема подштамповой плиты). Высоту колонки устанавливают, исходя из того, чтобы при верхнем положении ползуна часть колонки оставалась во втулке не менее чем на величину ее диаметра. На внутренней поверхности втулки имеется кольцевая канавка, в которую смазка систематически подается через отверстие в нижней части втулки. К этой же части втулки снизу крепится кольцо или штампованная из листа чашка с отверстием на дне диаметром по направляющей колонке. В чашку закладывают уплотнительное войлочное или фетровое кольцо, служащее для очистки колонки от масла при обратном ходе ползуна, чтобы окалина, сдуваемая в это время со штампа, не прилипла к колонке. Это уплотнение служит также для очистки колонки при ходе ползуна вниз с тем, чтобы предупредить порчу поверхности колонки и втулки из-за попадания между ними пыли и окалины. Со стороны основания верхней державки отверстие под втулку делают закрытым грязезащитной шайбой с небольшим отверстием для воздуха.

На боковой поверхности ручьевых вставок имеется уклон или ступень, позволяющие при нажиме на них прихватами прижать вставку к опорной плите. Одновременно прихваты препятствуют горизонтальному смещению вставок. Чтобы избежать передачи сдвигающих усилий направляющим колонкам, следует эти усилия уравновешивать в каждой паре вставок,

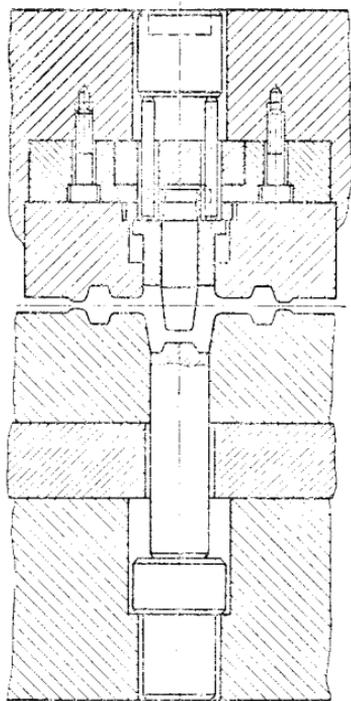


Рис. 218. Круглый (нижний) и кольцевой (верхний) выталкиватели из окончателного ручья для шестерни, показанной на рис. 206

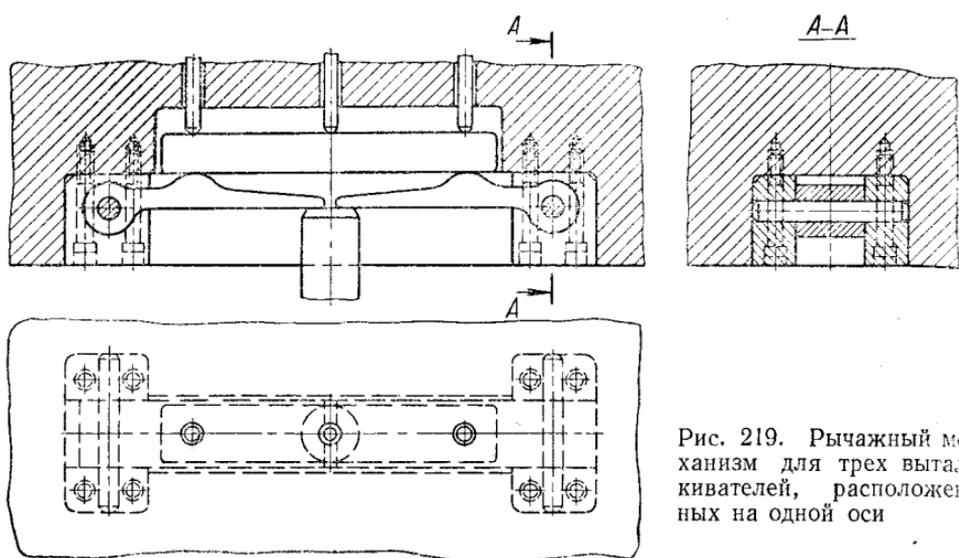


Рис. 219. Рычажный механизм для трех выталкивателей, расположенных на одной оси

применяя способы, рекомендованные для молотовых штампов. Для более равномерной нагрузки ползуна пресса желательнее наиболее нагруженный ручей размещать ближе к центру.

Механизмы для удаления поковок из ручьев (рис. 218—220) состоят из следующих основных деталей: выталкивателей, являющихся частями ручьевых вставок; толкачей, которые при обратном ходе ползуна передают этим выталкивателям давление от выталкивателей пресса (непосредственно или через систему рычагов); пружин, отжимающих выталкиватели и толкачи в их исходное положение; системы рычагов. Все трущиеся детали этих механизмов следует обильно смазывать, для чего предусматривают смазочные отверстия и канавки. Наибольшую универсальность имеет рычажно-кулачковый механизм. Он безотказен в работе и удобен при смене ручьевых вставок без снятия всего штампа с пресса. Одноплечий рычаг 8 (рис. 221) выполнен за одно целое со своей осью, при штамповке опирается непосредственно на подштамповую плиту пресса, а при выталкивании передает движение от выталкивателя 7 пресса выталки-

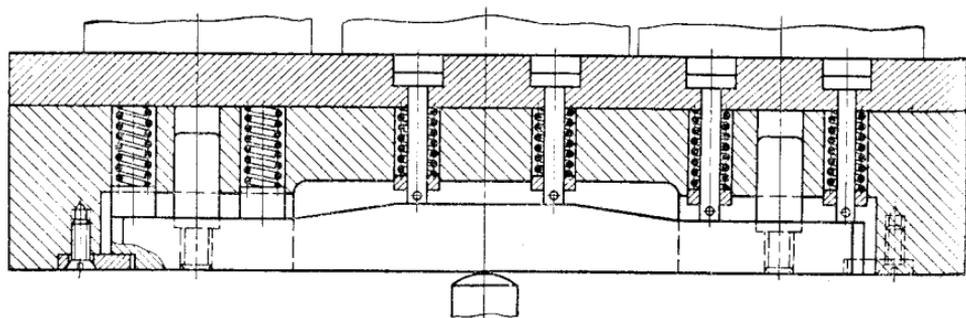


Рис. 220. Безрычажный механизм для нескольких выталкивателей, расположенных на одной оси

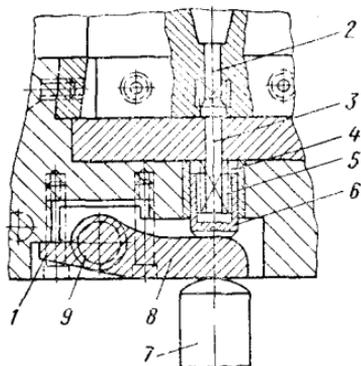


Рис. 221. Рычажно-кулачковый выталкивающий механизм

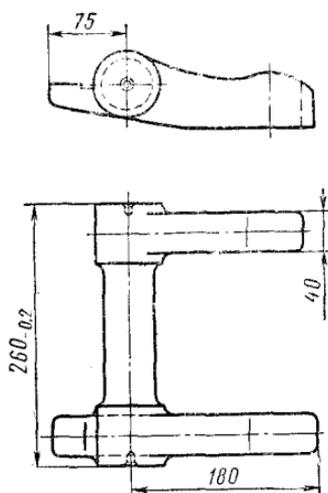


Рис. 222. Двуплечий рычаг выталкивающего механизма

вателю 2 штампа через стаканы 6 и толкач 3. Ось рычага 8 вращается в разъемных втулках 9, обильно смазываемых густой смазкой при сборке и осмотрах. В исходное положение механизм возвращается пружинами 5. Стаканы 6 направляются втулками 4. Возможный перекос стакана во втулке не отражается на работе толкача 3. При транспортировании штампа выступ 1 на центральном рычаге 8 упирается в соответствующую площадку в гнезде державки штампа и препятствует опрокидыванию рычага. На рис. 222 показан двуплечий рычаг.

Державки, а также колонки и втулки изготовляют комплектно (пакетами). Пакеты, габаритные размеры ручьевых вставок и подкатных плит, а также прихваты и другие детали крепления ручьевых вставок и механизмы для удаления поковок следует нормализовать.

§ 4. ПРИМЕРЫ ШТАМПОВКИ НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ

Типовыми технологическими процессами штамповки на кривошипных прессах являются штамповка осаживанием в открытых и закрытых штампах и штамповка выдавливанием в закрытых штампах.

Конструкции открытых штампов для штамповки осаживанием были показаны на рис. 216 и 218.

Рассмотрим технологический процесс и конструкцию штампа для точной штамповки осаживанием в закрытом штампе.

При сохранении поверхности заготовок от окисления и обезуглероживания штамповка на кривошипных горячештамповочных прессах обеспечивает выпуск поковок весьма точных размеров, не требующих последующей механической обработки. Значительное снижение загрузки металлорежущих станков достигается, например, при штамповке конических зубчатых колес с образованием зубьев. Размеры зубьев получаются с допуском порядка до 0,1 мм. При этом либо обеспечивается окончательный профиль зуба, либо зубья штампуют с припуском на механическую обработку по 0,3—0,7 мм

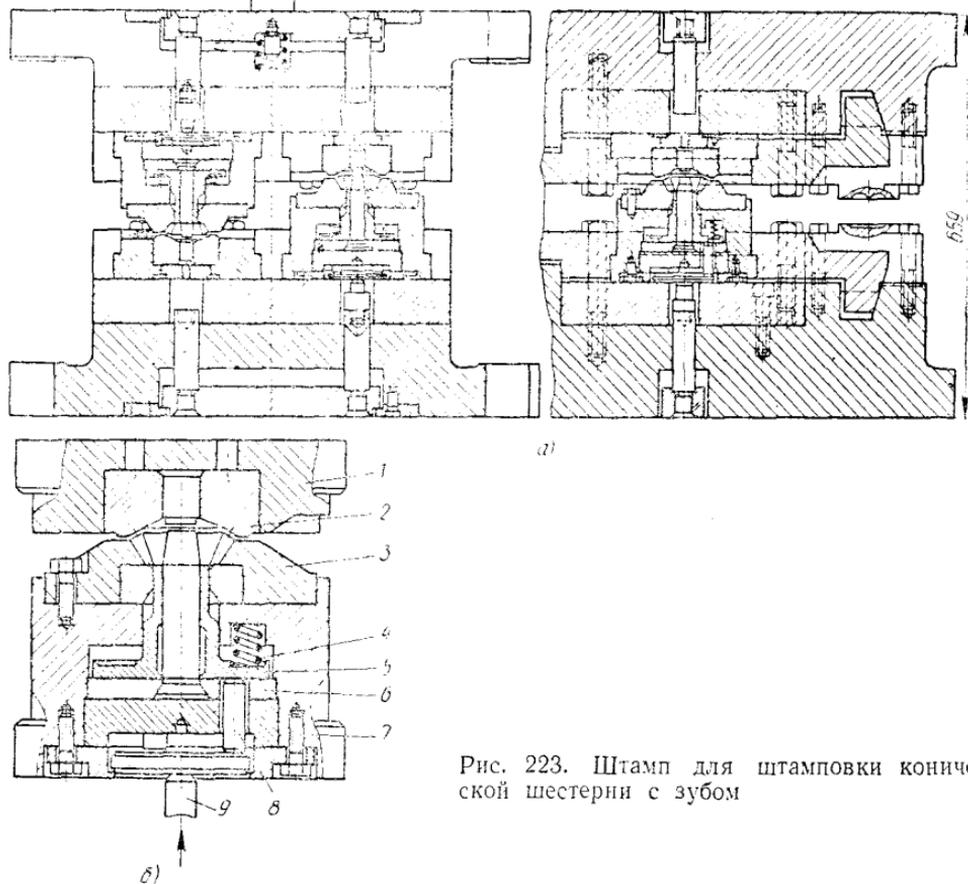


Рис. 223. Штамп для штамповки конической шестерни с зубом

на сторону для удаления обезуглероженного слоя. Благоприятное расположение волокон металла в штампованных зубьях увеличивает стойкость последних в несколько раз. Штамповку производят в двух- или трехручьевых штампах без последующей калибровки или с калибровкой при $650-850^{\circ}\text{C}$ в одно- или двухручьевых калибровочных штампах (см. гл. X, § 5).

В штампе (рис. 223, а) для 11-зубого сателлита дифференциала автомобиля ручьевые вставки размещены: для осадки в передней части, для предварительной штамповки с левой стороны и для окончательной штамповки с правой стороны штампа. Вкладыши 2 и 3 (рис. 223, б) смонтированы в плитах 1 и 7. Поковки из ручьев удаляются кольцевыми выталкивателями 5 с помощью шайб 6, штифтов 8 (по 3 штуки) и толкачей 9. Пружины 4 отжимают выталкиватели в исходное положение. Для сквозного прохода режущего инструмента при обработке зуба на вкладыше 3 дно ручья в нем делают вставным. Однако использовать существующее зуборезное оборудование для обработки отпечатка зубьев конической шестерни во вкладыше 2 невозможно. Поэтому механическая обработка вкладыша весьма трудоемка.

Значительно дешевле получать зубья на вставках штамповкой их в мастер-штампах. Вставку со штампованными зубьями крепят болтами к плите 4. Во избежание брака по утилке кромки зуба при штамповке вставок, поковка вставки имеет большой припуск по длине зуба. Фигурную часть мастер-штампа изготовляют на зуборезных станках. Для предварительного ручья используют отработанные вкладыши окончательного ручья.

Имеется опыт штамповки зубчатых колес дифференциала трактора с горячей калибровкой их и без последующей механической обработки зубьев. Стойкость вкладышей основных штампов при этом достигала 12 000—16 000, у калибровочных 16 000—20 000 поковок. Сателлит штамповали на прессе усилием 12 МН (1200 тс), производительностью до 400, а большую шестерню дифференциала — на прессе 18 МН (1800 тс) производительностью до 300 поковок в час.

Успешно штамнуют с образованием зубьев также цилиндрические зубчатые колеса с прямыми зубьями и конические колеса со спиральными зубьями, причем для последних вставки, в которых происходит формообразование зубьев, монтируют на шарикоподшипниках так, что при внедрении в заготовку ручьева вставка как бы ввинчивается в нее. Мастер-штамп для штамповки вкладышей со спиральным зубом монтируют также на шарикоподшипниках.

Характерной особенностью штамповки на кривошипных прессах в отличие от штамповки на молотах является применение выдавливания. Рассмотрим технологический процесс и конструкцию закрытого штампа для штамповки выдавливанием поковки клапана.

Поковку клапана автомобильного двигателя штамнуют из заготовки диаметром 19 мм и длиной 32 мм за два перехода (рис. 224): выдавливание *I* (7 — рабочие части ручья *I*) и окончательная штамповка *II* (2 — рабочие части ручья *II*). Штамп для него (рис. 225) характеризуется простым креплением пуансонов и матриц, обеспечивающим быстросменность последних, а также надежным их центрированием. Штамп имеет клиновые устройства для независимой настройки каждого пуансона по высоте.

Матрицы штампа интенсивно охлаждаются водой, циркулирующей по кольцевой канавке *1* от штуцеров *3* к штуцеру *5*. К матрицам поступает смазка через штуцеры *4*, кольцевую канавку *8* и отверстия *6*, а оттуда при выталкивании поковок и в матрицу. Кроме того, штамп конструктивно выполнен так, что обеспечивает свободное размещение на прессе перегрузочного механизма с клещевыми захватами и работает автоматически с одновременным использованием обоих ручьев при работе пресса на самоходе с автоматической подачей заготовок в первый ручей из индукционного нагревателя.

При штамповке в закрытых штамповочных ручьях необходимо предусматривать возможность выдавливания избыточного объема заготовки или оснащать штамп каким-либо устройством, позволяющим разместить избыточный объем в самой поковке. Такие устройства применяют, например, при штамповке с противодавлением. При этом дно ручья или часть этого дна опирается на пружинный или гидравлический механизм и при избыточном объеме опускается на требуемую величину. В штампах для поковок с глубоким глухим отверстием аналогичное гидромеханическое устройство может быть смонтировано под прошивным пуансоном и при избыточном объеме может уменьшать глубину прошивки на соответствующую величину.

В штампе с пружинным устройством выталкиватель *2* (рис. 226), рабочая поверхность которого представляет собой часть донной поверхности ручья *3*, опирается на набор тарельчатых пружин *1*. При штамповке заготовки с избыточным объемом выталкиватель, сжимая пружины, опускается. Ход его при этом обычно не превышает 2—4 мм. При обратном ходе ползуна пресса пружины разжимаются и поднимают поковку. Затем с помощью толкача *4* механизм для удаления поковок сообщает выталкивателю дополнительный ход, необходимый для выбрасывания поковки из ручья. После этого пружина *5* возвращает выталкиватель *2* в исходное положение.

Для успешной штамповки усилие тарельчатых пружин должно быть достаточным, чтобы выталкиватель с рабочей стороны мог выдерживать давление несколько большее давления, необходимого для четкого заполнения ручья без образования торцового заусенца на раземе. Это усилие должно быть приблизительно во столько раз меньше усилия штамповки, во сколько площадь проекции выталкивателя на плоскость разема меньше площади проекции поковки на ту же плоскость.

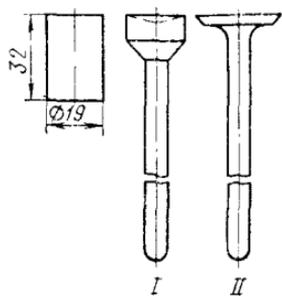


Рис. 224. Штамповка заготовки клапана

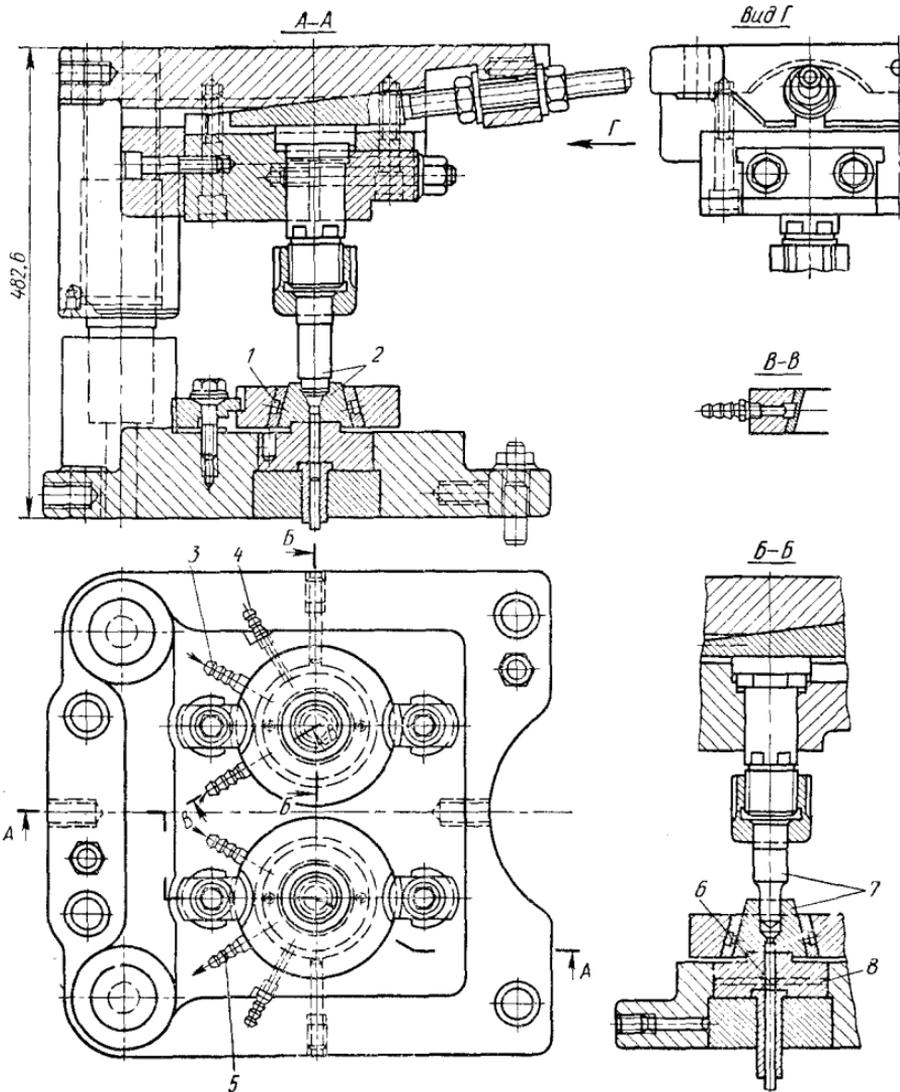


Рис. 225. Прессовый штамп для клапана

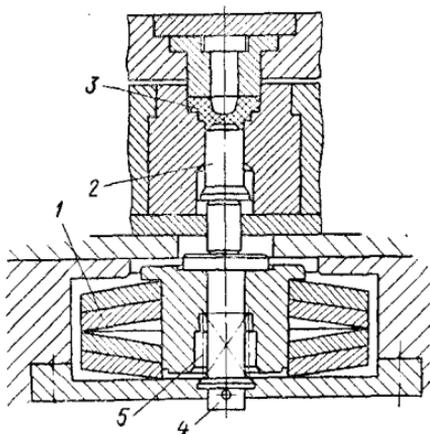


Рис. 226. Пружинное устройство для штамповки с противодавлением

§ 5. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ШТАМПОВ И ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЕ

При типовом креплении штампов применяют следующий порядок их установки: 1) проверяют и, если надо, изменяют величину рабочих ходов выталкивателей пресса в соответствие с требуемой для имеющихся в штампе механизмов удаления поковок; 2) устанавливают подштамповую (клиновую) плиту так, чтобы закрытая высота штампового пространства пресса была на 2—3 мм больше закрытой высоты штампа; 3) поднимают ползун в верхнее положение; 4) удаляют со стола боковые клинья; 5) устанавливают краном штамп в сборе на переносной или откидной рольганг перед столом пресса; 6) перекинув трос крюка крана с противоположной от рольганга стороны пресса, перемещают краном штамп с рольганга на стол пресса и затем удаляют рольганг; 7) поставив стержень верхнего выталкивателя в соответствующее гнездо и следя за тем, чтобы надштамповая плита совпала с соответствующей прострожкой на основании верхней державки штампа, ползун малыми перемещениями опускают в нижнее положение; 8) крепят верхнюю державку к ползуну с окончательной затяжкой болтов; 9) крепят болтами нижнюю державку к столу, оставляя зазоры по 3—4 мм в креплении; 10) одиночными холостыми ходами выравнивают по направляющим колонкам и втулкам положение нижней державки по отношению к верхней; 11) подогревают ручьевые вставки; 12) отштамповав первую пробную поковку, устраняют сдвиг путем удаления соответствующих прокладок в креплении ручьевых вставок и поднимают подштамповую плиту для получения поковок требуемой высоты с учетом верхнего отклонения, исходя из того, что при дальнейшем прогреве пакета высота поковок будет постепенно уменьшаться; 13) затягивают болты крепления нижней державки, устанавливают и затягивают боковые клинья и проверяют крепление ручьевых вставок; 14) штампуют вторую пробную поковку и после ее контроля приступают к штамповке партии.

На установку штампа уходит от 20 мин до 1 ч в зависимости от размеров пресса; на смену ручьевых штампов без снятия пакета с пресса затрачивается времени на 30—40% меньше. При смене вставок порядок наладки следующий: 1) ползун малыми перемещениями опускают в нижнее положение; 2) стол опускают так, чтобы между верхними и нижними вставками образовался зазор не менее 2—3 мм; 3) ослабляют и, если надо, удаляют детали крепления вставок с тем, чтобы при подъеме ползуна верхние вставки остались на нижних вставках; 4) поднимают ползун в верхнее положение; 5) заменяют вставки, проверив при этом сохранилась или изменилась их высота в комплекте; 6) крепят и подогревают вновь установленные вставки; 7) отштамповав пробную поковку, устраняют сдвиг и устанавливают требуемую высоту аналогично тому, как при установке штампа (см. выше).

Стойкость ручьевых вставок меньше связана с усилием пресса, чем стойкость молотовых штампов с массой падающих частей молота.

В связи с этим при штамповке поковок массой примерно до 2 кг стойкость штамповочных ручьев в прессовых штампах обычно ниже и лишь у поковок массой более 3—4 кг, как правило, выше, чем у молотовых штампов. В зависимости от формы поковок стойкость штамповочных ручьев на прессах (до возобновления) 4000—15 000, а заготовительных — 25 000 — 100 000 шт. Стойкость вставок окончательных ручьев в среднем на 20—35% выше стойкости молотовых штампов, используемых на штамповке тех же или аналогичных поковок. Примерно такого же порядка стойкость вкладышей и выталкивателей ручьевых вставок. Более низкая стойкость (2000—4000 шт.) у ручьев матриц для выдавливания и пуансонов для глубокой прошивки с выдавливанием. Стойкость державок и других деталей штампа исчисляется десятками и сотнями тысяч снимаемых с него поковок.

Т а б л и ц а 10

Материал и нормы твердости деталей штампов кривошипных горячештамповочных прессов

Наименование деталей	Марка стали	Твердость по Бринелю
Блоки	40ХН, 40Х	302—352
Вставки осадочные и пережимные	7ХЗ 5ХНТ	341—415
Вставки ручьевые для штамповки углеродистых сталей	5ХНМ 5ХНТ 5ХНМ	341—401 черновой ручей 401—444 чистойвой ручей 444—495 калибровочный ручей
Колонки направляющие	20 45	Цементация на глубину 0,8—1,2 мм, <i>HRC</i> 58—64 Закалка т. в. ч. на глубину 1—2 мм, <i>HRC</i> 45—60
Втулки направляющие	Бронза Бр.ОЦС6-6-3	—
Выталкиватели	7ХЗ 3Х2В8Ф 5ХНТ	388—461
Матрицы для штамповки поковок выдавливанием	5ХНМ 4Х5В2ФС 3Х2В8Ф	Азотирование на глубину 0,22—0,3 мм, <i>HV</i> 750—1000 415—460
Пуансоны для штамповки выдавливанием	4Х5В2ФС 3Х2В8Ф 5ХНМ	388—444 рабочей части 302—363 опорной части

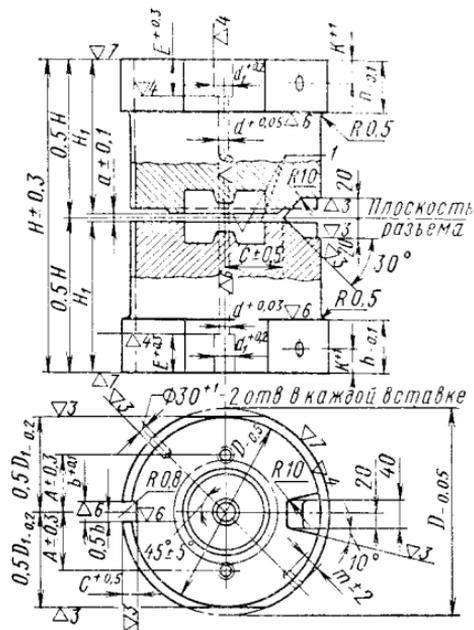


Рис. 227. Цилиндрическая ручьевая вставка:

1 — зеркало штампа

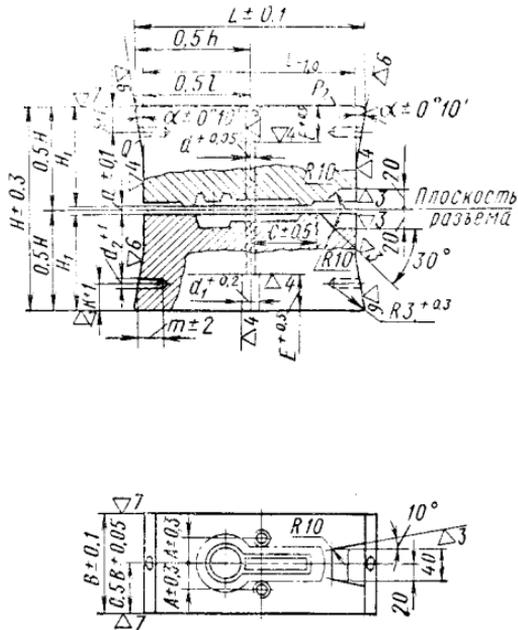


Рис. 228. Призматическая ручьевая вставка

Основным средством увеличения стойкости ручьевых вставок является повышение качества их смазки и охлаждения. Во многих случаях большой эффект достигается применением каналов различного устройства для циркуляции охлаждающей воды, засверливаемых в ручьевых вставках.

Материал и нормы твердости деталей штампов указаны в табл. 10. Детали крепежа штампа изготавливают из стали 40X и 45.

Многие ручьевые вставки подвергают возобновлению 3—5 раз и более. У изношенной вставки сверху снимают слой необходимой толщины, а снизу для сохранения высоты винтами прикрепляют к ней пластину такой же толщины (пластину изготавливают из стали 45 с термообработкой до $HRC\ 40-44$). При этом такой же высоты устанавливают шайбы под пружины выталкивателей. Для стандартизации шайб, пластин и их крепления высоту этих деталей делают до 30 мм кратными 5 мм, а до 60 мм кратными 10 мм. Ручьи возобновляют также, как у молотовых штампов, по аналогичным техническим условиям. Точность размеров и шероховатость поверхностей ручьевых вставок указана на рис. 227 и 228. В технических требованиях на изготовление и ремонт штампов для кривошипных горячештамповочных прессов особое внимание уделяют вопросу взаимозаменяемости ручьевых вставок. В связи с этим окончательную расточку гнезд под направляющие колонки и втулки производят с одной установки, базируясь по укрепленной в штампе эталонной модели полного комплекта ручьевых вставок, а затем пакеты штампов контролируют с помощью эталонных вставок.

§ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ПРИ ШТАМПОВКЕ НА КРИВОШИПНЫХ ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССАХ

Штамповка на прессах позволяет применять более совершенную организацию технологического процесса и большее число вариантов взаимного расположения оборудования на участках, чем при

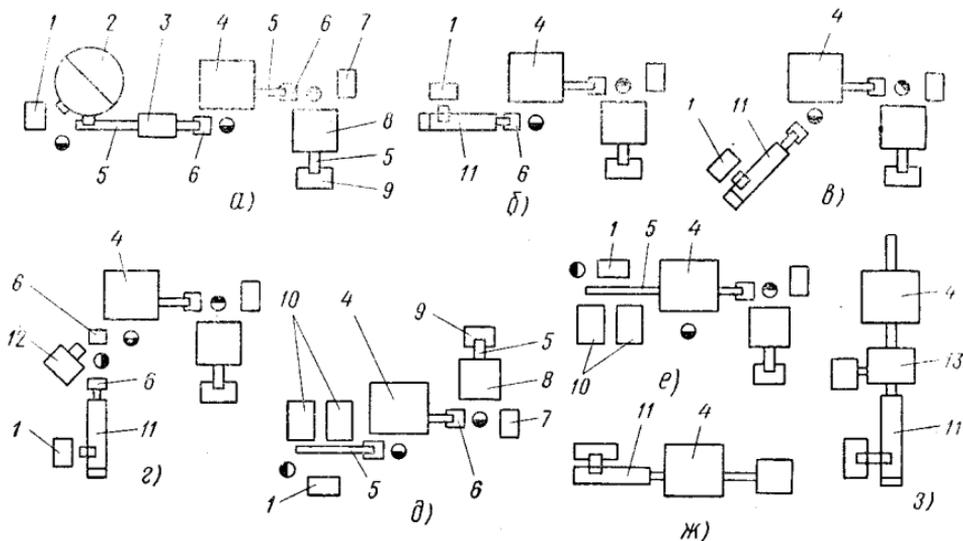


Рис. 229. Варианты расположения оборудования на участке кривошипного горячештамповочного пресса:

1 — тара для заготовок; 2 — пламенная печь (карусельная); 3 — установка для гидравлической очистки; 4 — горячештамповочный пресс; 5 — склизы, рольганги и транспортеры; 6 — столики; 7 — тара для заусенца; 8 — обрезной пресс; 9 — тара для поковок; 10 — индукционный нагреватель периодического действия; 11 — то же непрерывного действия; 12 — консольные ковочные вальцы; 13 — заготовочный прокатный стан

штамповке на молотах (рис. 229). При планировке участков надо учитывать следующее: 1) если заготовки нагревают в пламенных печах с обычной атмосферой, то между печью и прессом необходимо разместить установку 3 для гидроочистки окалины (рис. 229, а); 2) при штамповке некоторых поковок, например, удлиненных в плоскости разъема, могут потребоваться заготовочные (консольные) ковочные вальцы 12, их устанавливают слева от пресса в непосредственной близости от него (рис. 229, з); 3) при нагреве в индукционном нагревателе непрерывного действия 11 заготовки из них должны выдаваться в сторону рабочего места вальцовщика (рис. 229, в) или штамповщика (рис. 229, б, в), или же непосредственно на штамп горячештамповочного пресса 4 (рис. 229, ж); 4) при нагреве в индукционных нагревателях периодического действия 10 заготовки удобно подавать к прессу по рольгангам, транспортерам или склизам 5 к рабочему месту штамповщика (рис. 229, д) или непосредственно на штамп пресса 4 (рис. 229, е); 5) поковки со штампа должны выдаваться, как правило, через боковое окно в станине пресса, этим определяется рабочее место прессовщика при обрезке заусенца; при этом по отношению к штамповочному прессу обрезной пресс 8 устанавливают фронтом на противоположной стороне (рис. 229, а—г, е) или по фронту уступом (рис. 229, д); 6) удобна передача поковок на обрезку заусенца из бокового окна штамповочного пресса непосредственно в окно обрезного пресса (рис. 229, ж); 7) при автоматической штамповке с автоматической подачей заготовок и выдачей готовых поковок возможно поперечное (рис. 229, ж) и продольное

(рис. 229, з) перемещение заготовок; при этом между индуктором и прессом может быть установлен специальный заготовочный прокатный стан 13 (рис. 229, з), а заусенец можно обрезать на штамповочном прессе — завершающий переход штамповки в многоручье-вом штампе.

Возможны и другие варианты удобного расположения оборудования на участках прессов. Отметим, что применение на кривошипных горячештамповочных прессах штампов с вмонтированным в них ручьем для обрезки заусенца, прошивки пленки или одновременно обрезки-прошивки полностью высвобождает обрезной пресс и соответствующую для него площадь и почти не отражается на производительности горячештамповочного пресса, если обрезку-прошивку производить одновременно с первым переходом штамповки следующей заготовки. Осуществлять же обрезку-прошивку одновременно с обработкой следующей заготовки в предварительном или окончательном ручье не рекомендуется, чтобы не перегружать эти ручьи и не усложнять их наладку.

Самым дешевым и надежным способом передачи штучных заготовок является передача их по склизу без последующего подъема. Система таких передач обеспечивается расстановкой всего оборудования на участке не на уровне пола цеха, а уступами на разных высотах. В противном случае на каждой передаче необходимо поднимать заготовки вручную или транспортерами.

Организация процесса штамповки на прессах существенно упрощается автоматической подачей исходных заготовок из бункеров или с наклонных стеллажей в индукторы, а также автоматическим нагревом их до заданной температуры и выдачей из индуктора. Автоматизация самого процесса штамповки начинается с применения различных устройств (в том числе манипуляторов) для автоматической подачи нагретой заготовки в первый ручей штампа. Различные манипуляторы и перегрузочные механизмы с клещевыми захватами (механические руки), а также грейферные, шиберные и другие универсальные и специальные устройства применяют для передачи заготовок из ручья в ручей. Их же используют для выдачи готовых поковок из штампа. Согласованность действий всех механизмов при автоматической штамповке на прессах обеспечивается командоконтроллерами различных систем.

§ 7. ШТАМПОВКА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ

Гидравлический пресс имеет неударный характер работы. Рабочий ход его ползуна осуществляется при сравнительно небольшой, но постоянной скорости, обычно до 0,15—0,2 м/с. По мере надобности штамповочные гидравлические прессы изготовляют с обычным или увеличенным рабочим ходом подвижной поперечины и снабжают гидравлическими выталкивателями, а также выдвижным столом для удобства перемещения и смены штампов мостовым краном. Если сравнить в эксплуатации штамповочный гидравлический пресс и штамповочный молот с эквивалентной массой падающих частей, то

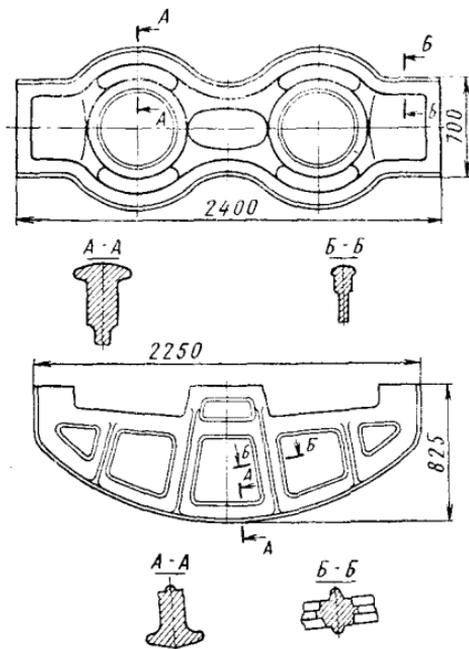


Рис. 230. Крупногабаритные поковки из алюминиевых сплавов

закрытых ручьев при этом происходит вдавливанием металла штампуемой заготовки не только вверх и вниз, но также в стороны. Благодаря этому можно получить поковки весьма сложной формы. Наличие разъемов между секциями матрицы и прочими частями штампа обеспечивает извлечение этих поковок из ручья.

Гидравлические штамповочные прессы применяют: усилиями обычно свыше 50 МН (5000 тс) и до 750 МН (75 000 тс) для штамповки крупных поковок; усилиями 4—5 МН (400—500 тс) и выше главным образом для штамповки малопластичных сплавов и прошивные и протяжные усилиями 1,5—30 МН (150—3000 тс), причем протяжные прессы в отличие от других выполняют чаще горизонтальными. Основные параметры и размеры этих прессов пока не стандартизованы.

Невысокая скорость подвижной поперечины и неударный характер работы гидравлического прессы выравнивают условия заполнения ручья в верхнем и нижнем штампах и обеспечивают наилучшие условия для прошивки и протяжки полых поковок, а также для штамповки выдавливанием. При нажимах прессы окалина плохо сбивается с поверхности заготовок, и чтобы избежать порчи поковок требуется предварительная очистка заготовок от окалины. На гидравлических прессах успешно применяют цельноблочные и сборные штампы с открытыми и закрытыми ручьями. При отсутствии ограничителей хода подвижной поперечины прессы вниз предусматривают соответствующие ограничители в штампах. В остальном устройство штампов гидравлических прессов близко к штампам кривошипных горячештамповочных прессов.

прежде всего необходимо отметить, что пресс значительно дороже, тихходнее и производительность его обычно меньше, чем молота. Поэтому гидравлические прессы вместо штамповочных молотов применяют, как правило, только там, где не может быть использован молот, а именно: 1) при штамповке крупных поковок, для которых масса падающих частей самых тяжелых молотов оказывается недостаточной; б) при штамповке малопластичных сплавов, не допускающих больших скоростей деформирования; в) при различных видах штамповки выдавливанием; г) там, где необходим очень большой рабочий ход, например при глубокой прошивке или протяжке прошитых заготовок. Характерной для гидравлических прессов является штамповка в штампах с разъемными матрицами. Заполнение

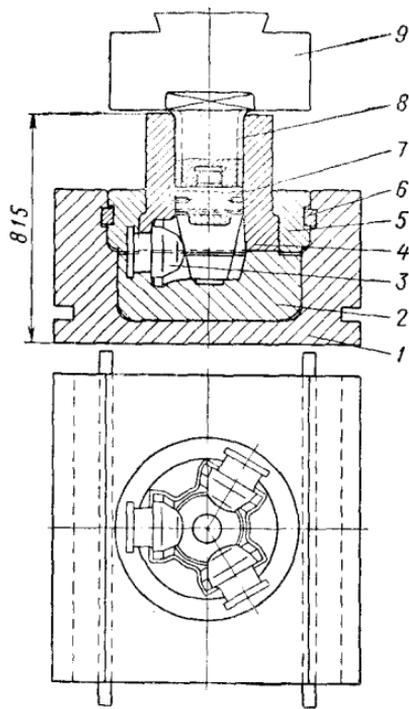


Рис. 234. Штамп с разъемной матрицей для поковки втулки трехлопастного винта:

1 — корпус; 2 — нижняя матрица; 3 — три боковых пуансона; 4 — верхняя матрица; 5 — прижимное кольцо; 6 — два клина крепления прижимного кольца в корпусе; 7 — верхний пуансон; 8 — державка верхнего пуансона; 9 — хвостовик державки

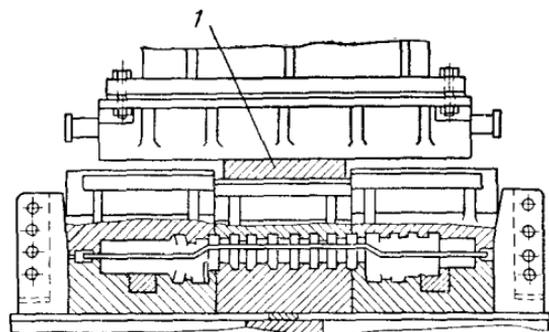


Рис. 235. Трехсекционный штамп для коленчатого вала

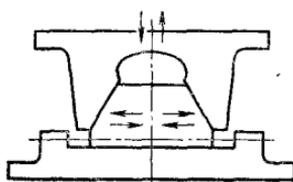


Рис. 236. Схема клинового штампа

(рис. 231, а) или с вертикальными стенками (рис. 231, б), причем в обоих случаях, чтобы не затруднять образование ребер, глубина полости под них не ограничивается высотой ребра, а в последнем случае (рис. 231, б) на боковых стенках ручья предусматривают даже обратные уклоны. На глубину затекания металла в полости под ребра заметно влияют высота исходной заготовки и конечная толщина основания панели, а также температура штамповки.

Наилучшее заполнение ребер достигается при штамповке в два перехода, причем в первом переходе на основании панели против ребер рекомендуется оставлять утолщения (рис. 231, в).

Колебания в режиме штамповки и упругих деформациях прессы и штампа затрудняют получение точного размера окончательной толщины основания панели. Поэтому последующая механическая обработка с обратной ребрам стороны панели обычно не исключается.

Для снижения необходимых усилий большой интерес представляет штамповка больших оребренных панелей по частям с последовательной обработкой их в предварительном и окончательном ручьях (рис. 232). В этом случае оба ручья используют одновременно. Исключение составляют лишь первый обжим участка заготовки в предварительном ручье и последний обжим последнего участка поковки в окончательном ручье.

Однако недопустимость эксцентричной нагрузки подвижной поперечины прессы обязывает последовательную штамповку в многоручьевых штампах производить, как правило, с перемещением подвижного стола прессы так, чтобы каждый ручей, в котором в данный момент происходит обработка, располагался центрально.

Поковку втулки трехлопастного винта (рис. 233) получают в штампе с разъемной матрицей (рис. 234) из конусообразной заготовки (показана тонкой линией). Заготовку свободно закладывают в штамп и штампуют. Затем выбивают клинья 6 и при обратном ходе ползуна поднимают вверх всю верхнюю часть штампа вместе с поковкой и боковыми пуансонами 3. После этого извлекают поковку из верхней части штампа, а также боковые пуансоны из поковки и снова собирают штамп для штамповки следующей поковки.

При штамповке крупных фасонных деталей потребные усилия пресса можно уменьшить устройством секционных штампов (рис. 235), нижние секции которых устанавливаются в литую обойму, служащую одновременно коробчатой направляющей для верхних секций штампа. Поковку при этом штампуют по частям с помощью прокладок 1, поочередно устанавливаемых между общим верхним бойком и отдельными секциями верхней части штампа. Коленчатый вал, обычная штамповка которого требует усилия не менее 200 МН (20 000 тс), успешно штампуют в трехсекционном штампе на прессе усилием 100 МН (10 000 тс). Перевод этого вала сковки на штамповку позволил снизить массу исходного слитка с 9 до 2,5 т и массу поковки с 5 до 1,1 т.

Другим способом уменьшения потребных усилий пресса является применение клиновых штампов (рис. 236) с вертикальным разъемом. Устройство клиньев с уклоном около 65° позволяет снизить потребное усилие пресса почти в 2 раза. Изготовление таких штампов многосекционными для последовательного использования секций снижает потребные усилия пресса в 3 раза и более.

§ 8. ГЛУБОКАЯ ПРОШИВКА И ПРОТЯЖКА НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ

Широко применяют гидравлические прессы для штамповки пустотелых поковок цилиндрической формы типа втулок, стаканов и подобных деталей за две операции: закрытая прошивка (рис. 237, а) и протяжка через кольцо (рис. 237, б). Для общих операций характерно, что после возрастания усилия до максимума дальнейшая деформация заготовки происходит при почти постоянном усилии, близком к максимальному в течение довольно продолжительного времени. Эта особенность гидравлического пресса как нельзя лучше отвечает условиям процесса. Прошивка сопровождается раздачей металла заготовки в стороны до соприкосновения с боковыми стенками матрицы, осадкой заготовки, а затем выдавливанием с увеличением общей ее высоты. Для продления первой стадии процесса прошивки рекомендуется использовать заготовки квадратного сечения с диагональю чуть меньше диаметра матрицы. При этом до начала закрытой прошивки в заготовке уже образуется довольно глубокая полость вместе с тем сокращается процесс закрытой прошивки и значительно уменьшается работа деформации. Припуски и допуски на поковки, полученные закрытой прошивкой (рис. 238), с учетом неизбежной разностенности, устанавливают примерно в 1,5—2,0 раза большими, чем при штамповке на молотах. Кроме того, необходимо иметь в виду неровность верхних краев прошитой заготовки.

В практике штамповки стаканов необходимое для прошивки усилие

$$P = fk\sigma_B,$$

где f — площадь наибольшего сечения пуансона; σ_B — предел прочности при температуре прошивки; k — опытный коэффициент устанавливаемый по диаграмме Шнейдера (рис. 239) в зависимости от отношения d/a (d — диаметр пуансона, a — толщина получаемой стенки).

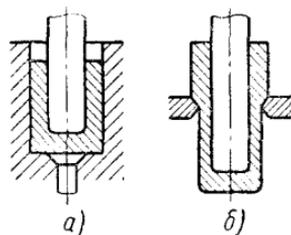


Рис. 237. Схема глубокой прошивки (а) и протяжки (б)

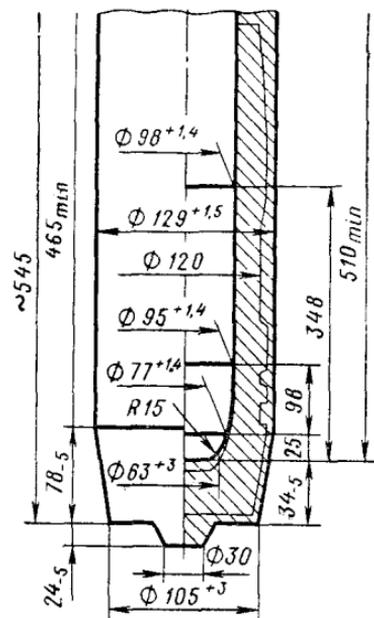
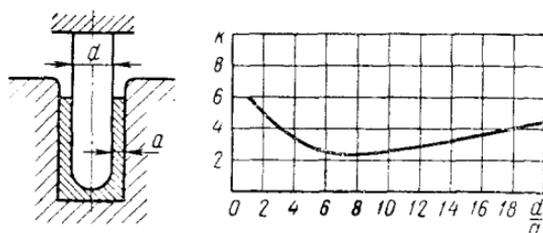


Рис. 238. Поковка стакана

Рис. 239. Диаграмма значений k (по Шнейдеру)



Часто необходимое усилие определяют по формуле

$$P = pf,$$

где p — удельное усилие.

Наименьшие усилия p получаются, когда отношение диаметра пуансона к диаметру матрицы составляет 0,3—0,5.

Усилие, необходимое для протяжки, определяют исходя из удельного усилия, принимаемого равным 200—250 МН/м² (20—25 кгс/мм²), на площадь протянутого кольцевого сечения, или это усилие просто считают равным половине усилия, необходимого для прошивки.

Обозначив через F_1 и F_2 площади поперечных сечений прошивной и протянутой заготовки, разность $F = F_1 - F_2$ называют площадью

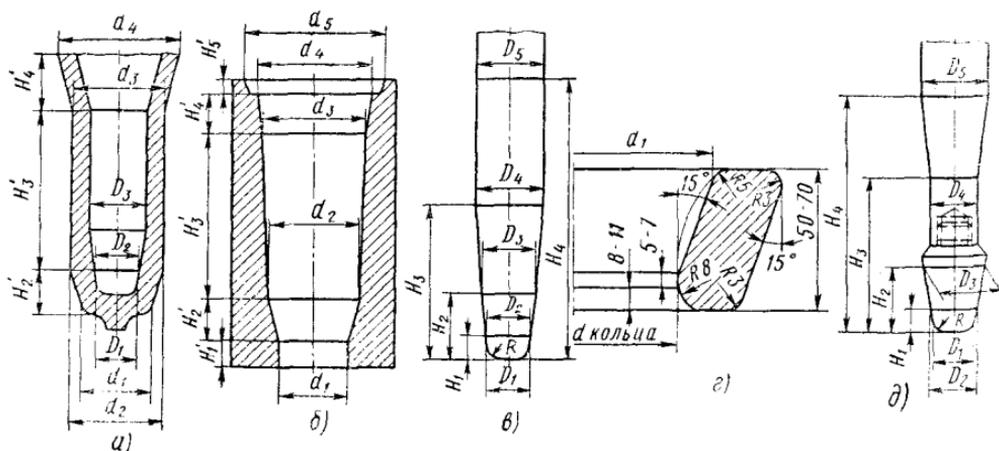


Рис. 240. Прошивная заготовка и основные детали прошивного и протяжного штампов

вытяжки. Чтобы при протяжке пуансон не продавливал дно изделия, необходимо соблюдать условие $F \leq 0,4f_2$ (f_2 — площадь поперечного сечения протяжного пуансона); чтобы не было разрыва стенок изделия, необходимо соблюдать условие $F \leq F_2$.

Исходя из этих условий и размеров готовой поковки, устанавливают размеры прошитой заготовки (рис. 240, а), а по ней — размеры прошивной матрицы (рис. 240, б). Протяжной пуансон (рис. 240, в) выполняют по размерам отверстия готовой поковки, а протяжное кольцо (рис. 240, г) — по ее наружному диаметру. Для снижения внешнего трения протяжное кольцо иногда заменяют протяжными роликами. Кроме того, вместо одного кольца применяют два, а иногда и три кольца в зависимости от величины площади вытяжки. При протяжке через два кольца в первом кольце уменьшается площадь поперечного сечения заготовки на $2/3 F$.

Максимальный диаметр головки прошивного пуансона (рис. 240, д) для последующего его свободного входа устанавливают на 1,0—3,5 мм больше диаметра этого пуансона в зависимости от размеров изделия. Диаметр прошивного пуансона в месте перехода от головки принимают меньшим на 1,5—2 мм. Для экономии штамповой стали головку прошивного пуансона выполняют сменной и крепят к пуансону на резьбе. Пуансон 4 (рис. 241) закрепляют на державке 3 с помощью переходной прижимной гайки 2, или его непосредственно ввин-

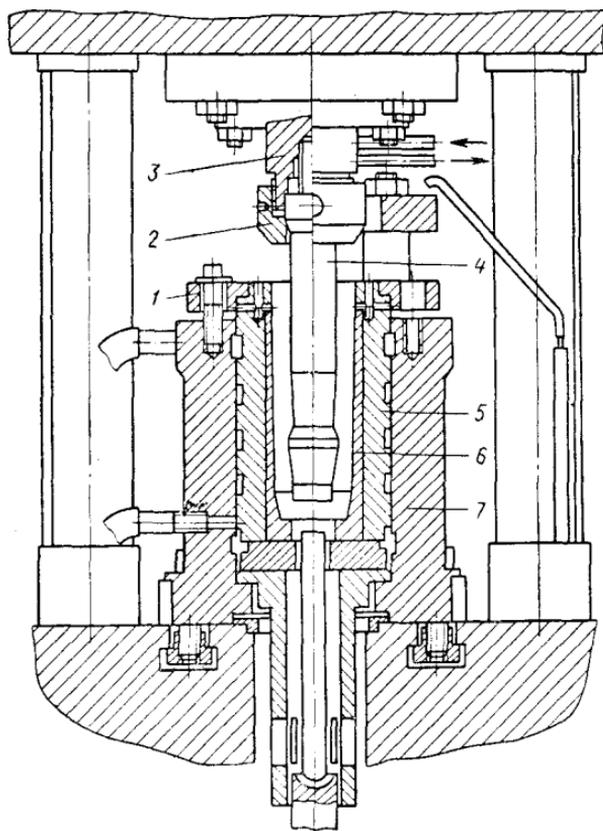
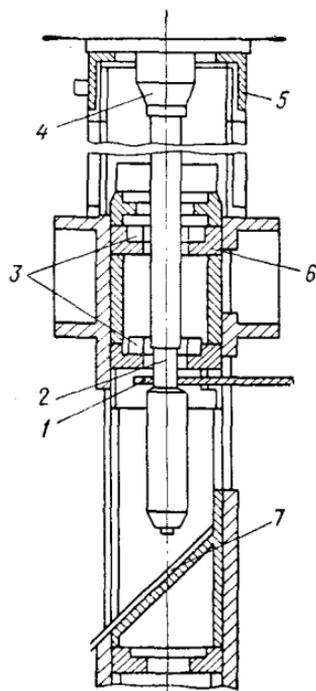


Рис. 241. Прошивной штамп

Рис. 242. Протяжной штамп



чивают в державку. Кожух 5 матрицы вместе с самой матрицей 6 крепят в корпусе 7 плитой 1 на болтах. На кожухе матрицы проточены канавки для циркуляции охлаждающей воды. Того же назначения каналы засверливают в прошивных и протяжных пуансонах. Кроме того, на корпусе 7 обычно укрепляют жесткий ограничитель хода ползуна вниз, регулируемый прокладками, и выдвижной жесткий съемник для съема заготовок с пуансона.

Протяжной пуансон 2 (рис. 242) крепят к державке 4. Протяжные кольца 3 устанавливают в обоймах 6 так, что они имеют свободное боковое перемещение. Штамп имеет также ограничитель хода ползуна 5, выдвижной съемник 1 и наклонный желоб 7 для сбрасывания готовых поковок.

Мелкие и средние изделия иногда штампуют на вертикальных прессах в двухручьевых прошивных-протяжных штампах с общим корпусом сложной формы. Крупные изделия прошивают на вертикальных прессах, а протягивают отдельно, обычно на горизонтальных прессах, но, как правило, с того же нагрева.

§ 9. ШТАМПОВКА НА ВИНТОВЫХ ФРИКЦИОННЫХ ПРЕССАХ

Фрикционный винтовой пресс по принципу воздействия на заготовку представляет собой машину промежуточного вида между прессом и молотом. Ползун винтового фрикционного пресса в конце хода вниз производит удар при скорости обычно до 1,5 м/с, что в 4—8 раз меньше скорости бабы молота в момент удара. В отличие от станин молота станина пресса или ее стяжные болты работают на растяжение. В отличие от кривошипных прессов электропривод фрикционного пресса при этом автоматически отключается и поэтому не принимает на себя никакой дополнительной нагрузки во время рабочего хода ползуна. Таким образом, перегрузка привода фрикционного пресса исключается.

Энергия удара L в момент соприкосновения верхнего штампа с обрабатываемым изделием, сопоставляемая с работой деформации,

$$L = \frac{J\omega^2}{2} + \frac{mv^2}{2},$$

где J — суммарный момент инерции маховика J_m и шпинделя $J_{ш}$, m — масса рабочих частей пресса (маховика, шпинделя, ползуна и верхней части штампа); ω — угловая скорость маховика к моменту удара; v — скорость поступательного движения рабочих частей пресса к моменту удара.

Таким образом, $\frac{J\omega^2}{2}$ — энергия вращательного движения и $\frac{mv^2}{2}$ — энергия поступательного движения, которая по сравнению с энергией вращательного движения незначительная — до 5%.

У фрикционного пресса есть нижний выталкиватель, который укрепляется на поперечине, подвешенной к ползуну на тягах. Рабочий ход выталкивателя осуществляется в конце обратного хода ползуна и регулируется исходным положением выталкивателя. Можно отрегулировать тормоз пресса так, чтобы ползун останавливался

не в конце обратного хода, а после того как немного опустится вниз, и тогда выталкиватель не будет мешать укладке в ручей обрабатываемой заготовки.

Основные параметры и размеры отечественных винтовых фрикционных прессов усилием 0,4—6,3 МН (40—630 тс) указаны в ГОСТ 713—74. В стандарте определена также кинетическая энергия движущихся частей этих прессов при наибольшем ходе. Наибольшее применение имеют фрикционные прессы усилием 0,8—4 МН (80—400 тс). Поэтому на них штампуют только некрупные поковки. Направляющие ползуна при внецентренных ударах пресса быстро разбалтываются. Это обязывает располагать ручки в штампах строго центрально, что исключает многоручьевую штамповку. Многопереходная штамповка может быть получена путем смены пуансонов или вкладышей в одном и том же ручье, причем обработку в каждом переходе можно производить за несколько ударов. При штамповке в открытых ручьях заполнение их вдавливанием происходит тяжелее, чем на молоте, но все же легче, чем при штамповке в закрытых ручьях, причем заполнение их может происходить здесь не только за счет преимущественной осадки, как при штамповке в закрытых ручьях на молоте, но и за счет вдавливания, а также выдавливанием металла из закрытой матрицы. Сравнительно малая скорость в начале рабочего хода пресса позволяет вместо цельноблочных применять сборные штампы с различными способами крепления их деталей, а также разъемные матрицы.

Штамп может иметь два, три и даже больше разъемов, что позволяет получать поковки весьма сложной конфигурации. Перед штамповкой следует очищать заготовки от окалины или применять их безокислительный нагрев.

Благоприятные схемы напряженного состояния, создаваемые в закрытых ручьях, и низкие скорости деформирования обеспечивают успешное использование фрикционных прессов при обработке малопластичных, например медных и магниевых, сплавов. Тихоходность, и как результат этого — низкая производительность этих прессов, резко ограничивают их применение в крупносерийном производстве, но зато фрикционные прессы весьма удобны в мелкосерийном производстве, особенно если учитывать их универсальность, поскольку при изготовлении многих мелких поволоков они способны заменить штамповочные молоты, и кривошипные прессы, и даже горизонтально-ковочные машины. К тому же на них с успехом выполняют всевозможные правочные и гибочные работы, а также различные операции горячей и холодной листовой штамповки. При отсутствии кривошипных горячештамповочных прессов на фрикционных прессах можно успешно штамповать зубчатые колеса с готовыми зубьями.

На фрикционных прессах изготавливают: поковки типа молотовых, штампуемые в одном окончательном открытом ручье, реже с использованием также гибочного, пережимного или формовочного ручья; поковки простой или сложной формы, штампуемые в закрытом ручье с одним разъемом или несколькими разрезами (между пуансоном

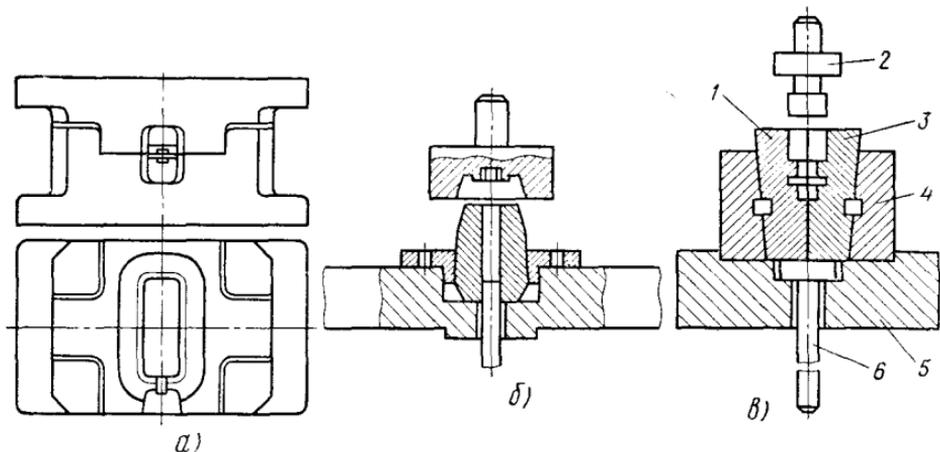


Рис. 243. Штампы фрикционного пресса:

a — аналогичный молотовому; *б* — для высадки головки болта (с опорой заготовки на выталкиватель); *в* — с разъемной матрицей; 1 и 3 — секции матрицы; 2 — пуансон; 4 — обойма; 5 — плита; 6 — выталкиватель

и разъемной матрицей, состоящей из нескольких секций), например поковки корпусов вентилях, тройников с фланцами и других деталей арматуры трубопроводов; поковки типа колпачков и стаканчиков, штампуемые прошивкой в закрытой матрице; поковки типа стержня с утолщением, получаемые высадкой, в том числе, например, болты и винты.

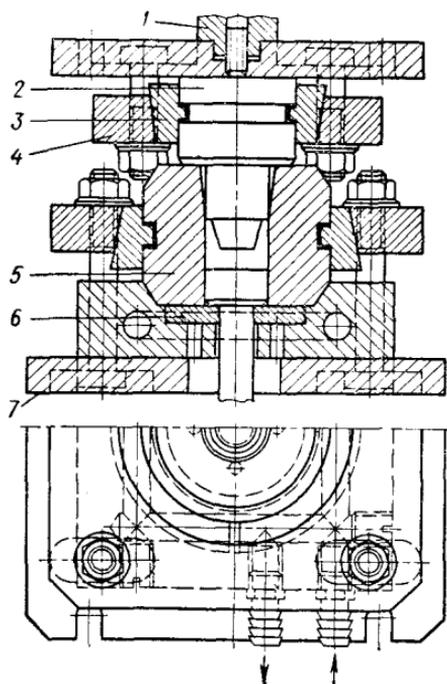


Рис. 244. Штамп фрикционного пресса для штамповки различных круглых в плоскости разреза поковок

В связи с этим при конструировании поволок, разработке и осуществлении технологических процессов их штамповки на фрикционных прессах рекомендуется руководствоваться теми же методами и использовать те же приемы, какими пользуются при штамповке аналогичных поволок на молотах, кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах, но с обязательным учетом указанных выше особенностей фрикционного пресса.

В штампах следует предусматривать направляющие в виде колонок и втулок, замков, штырей, исходя из принятой конструкции штампа (рис. 243). Так как ход ползуна фрикционного пресса вниз не ограничен, то для разгрузки

основных деталей штампа (пуансона и матрицы) от работы враспор требуется предусматривать ограничитель хода верхнего штампа, желательного регулируемый (например, в виде набора ограничительных шайб, надеваемых на направляющие колонки). Выталкивающие механизмы конструируют аналогичными применяемым в штампах на гидравлических или кривошипных горячештамповочных прессах, причем выталкиватель пресса используют также для удаления быстросменных матриц или для разъема матриц.

Конструкции штампов фрикционных прессов (рис. 243) весьма разнообразны. В мелкосерийном производстве особое значение приобретает использование одного и того же штампа со сменными пуансонами и матрицами для штамповки различных деталей. Подвижная часть такого штампа (рис. 244) состоит из пуансона 2, укрепленного в верхней плите при помощи кольца 3, состоящего из двух половинок; обоймы 4, притягиваемой к верхней плите четырьмя болтами. Верхнюю плиту закрепляют к ползуну пресса с помощью хвостовика 1, скоб и четырех болтов с квадратными головками, входящими в Т-образные пазы на ползуне пресса. Крепление матрицы 5 к нижней плите 7 конструктивно не отличается от крепления пуансона. Про-

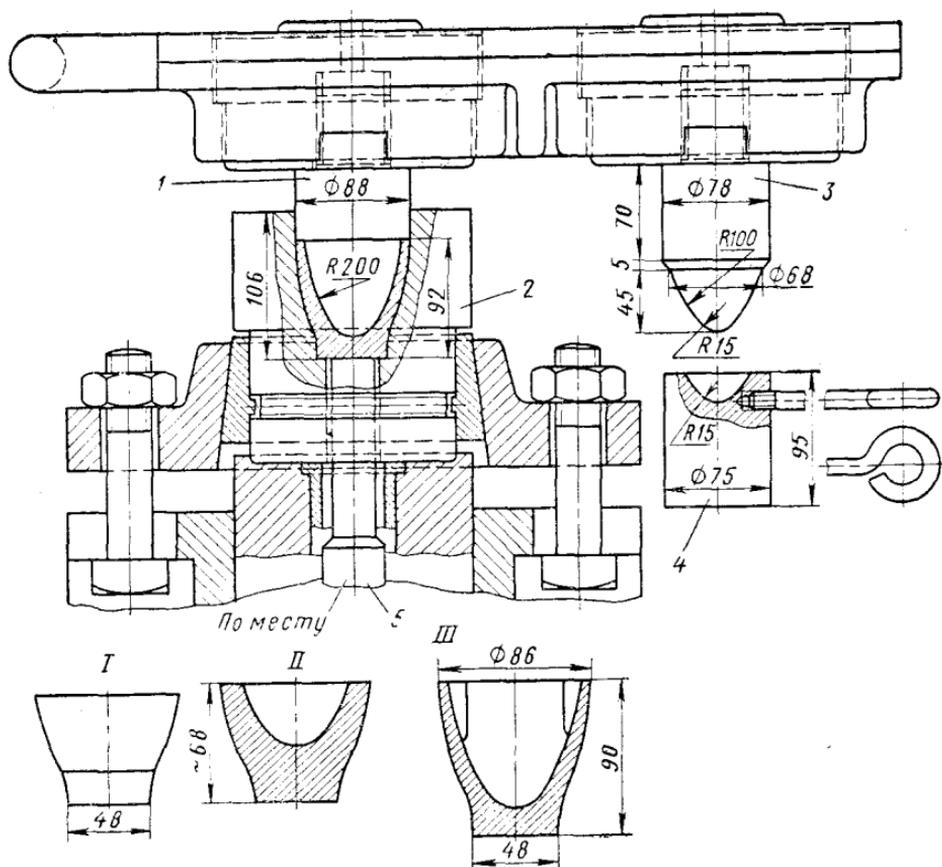


Рис. 245. Штамп и заготовка для колпачка

кладка 6 служит для предохранения от выработки, которая получается в подкладной плите в процессе работы штампа. Для смены прокладок выбивкой из плиты в последней специально предусматривают четыре отверстия. Для прохода выталкивателя при удалении готовой поковки в подкладной плите и прокладке предусматривают отверстия под выталкиватель. Для лучшего направления пуансона входную часть матриц делают конусной под углом $1^{\circ}30'$ и с радиусом закругления не менее 8—10 мм. При работе с выталкивателем в ручье предусматривают штамповочный уклон до 1° .

При штамповке стали и других сплавов с высокой температурой горячей обработки давлением в подкладных плитах (см. рис. 244) предусматривают каналы для водяного охлаждения. При штамповке магниевых и других сплавов, обрабатываемых при сравнительно низких температурах, в штампах устанавливают подогреватели постоянного действия, например проволочные электронагреватели, работающие на напряжении 60 В от трансформатора.

Рассмотрим штамп для поволоков типа колпачков, чашек и стаканчиков. Горячую заготовку размером $50 \times 50 \times 60$ мм укладывают в матрицу 2 (рис. 245); затем на нее накладывают трамбовку 4 для I перехода и с помощью пуансона 3 (I и II переходов) вдавливают заготовку в матрицу. Предварительно прошивают тем же пуансоном, но без трамбовки. Затем, передвинув салазки, в которых укреплены оба пуансона, до положения, показанного на рисунке, пуансоном I III перехода выполняют окончательную штамповку и удаляют готовую поковку с помощью выталкивателя 5.

ШТАМПОВКА НА ГОРИЗОНТАЛЬНО-КОВОЧНЫХ МАШИНАХ

§ 1. ОСОБЕННОСТИ ШТАМПОВКИ

Горизонтально-ковочные машины представляют собой горизонтальные кривошипные горячештамповочные прессы усилиями 1—31,5 МН (100—3150 тс)*. Кроме главного ползуна они снабжены зажимным ползуном, движущимся перпендикулярно главному и развивающим усилие, равное 0,4—0,6 усилия главного ползуна. Размерный ряд, основные параметры и характеристика штамповочного пространства машин отечественного производства с вертикальным разъемом матриц стандартизованы (ГОСТ 7023—70).

Штамп машины (рис. 246) состоит из правой (неподвижной) многоручьевой матрицы 8, левой (подвижной) матрицы 9 и пуансонов, расположенных в ряд по вертикали. При типовом креплении хвостовики пуансонов крышками 16 укрепляют в соответствующих гнездах пуансонодержателя 5. Правую матрицу крепят в гнезде станины 14, левую — в гнезде зажимного ползуна 15, пуансонодержатель — в гнезде главного ползуна 11. У пуансонодержателя и матриц сверху имеются отверстия под рым, за который привязывают их тросом к крюку мостового крана при установке на машину. Обе матрицы ставят на шпонки 10 и зажимают сверху болтами на клеммах 7. Общая закрытая длина штампового пространства A_p регулируется перемещением пуансонодержателя вперед—назад при подъеме-опускании клина 12. Пуансонодержатель поджимается к клину 12 винтом 2 в планке 1, укрепляемой в пазе 13 главного ползуна, и зажимается сверху винтом 3 на планке 4. При установке штампов оси пуансонов должны располагаться в плоскости разъема матриц. Соосность пуансонов с ручьями в матрицах обеспечивается при необходимости прокладками из листового железа, устанавливаемыми под матрицы и с боков матриц. В качестве исходной заготовки применяют главным образом прутковый металл круглого профиля и режут трубы. Случаи применения квадратного и других некруглых профилей весьма редки. Исходный металл предварительно нарезают на более короткие прутки или на штучные заготовки. Прутки используют для последовательной штамповки нескольких поковок. В этом случае

* Впервые эти машины появились во второй половине XIX в. за рубежом в качестве болтоковочных и по традиции фирм до последнего времени их размеры определяют не по усилию, а по максимальному диаметру прутка мягкой стали в дюймах, который может быть высажен на данной машине.

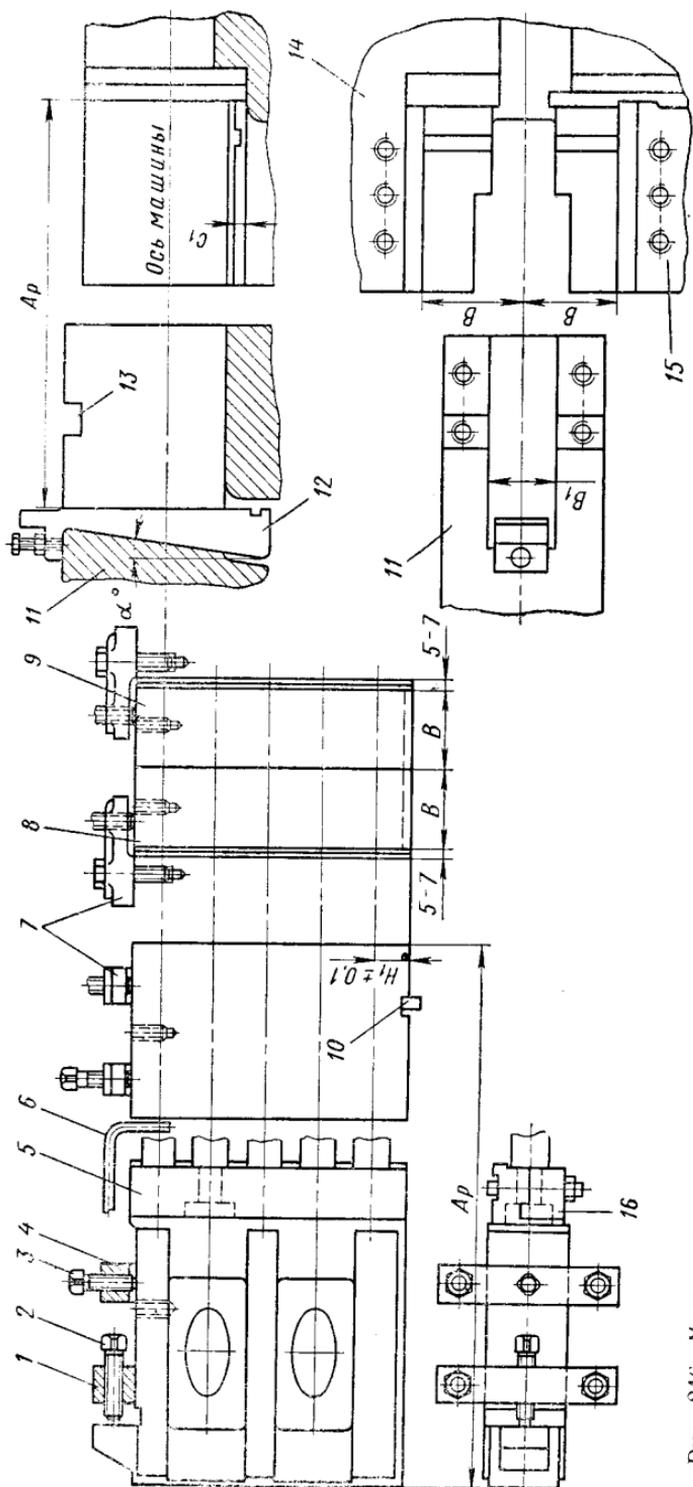


Рис. 246. Место крепления и основные части штампа горизонтально-ковочной машины

отделение готовой поковки от прутка выполняется при завершающем переходе штамповки.

В исходном положении главный ползун и пуансоны находятся в крайнем заднем положении, зажимной ползун — в левом положении, матрицы раскрыты. Передний конец обрабатываемого прутка закладывают в первый ручей правой матрицы и продвигают вперед до переднего упора б, который устанавливают против первого ручья. Упор смонтирован на станине машины, регулируется и простейшим механизмом связан с главным ползуном так, что при ходе ползуна к матрицам конец упора отходит в сторону и тем самым освобождает путь для пуансона первого ручья.

При включении машины на одиночный рабочий ход зажимной ползун движется вправо и зажимает в ручье между матрицами обрабатываемый пруток раньше, чем пуансон коснется конца этого прутка. Затем, откинув упор, подходит главный ползун, пуансон деформирует незажатый матрицами конец обрабатываемого прутка; после того, как главный ползун с пуансонами отойдет назад на некоторое расстояние, упор возвращается в исходное положение, а зажимной ползун отходит влево и освобождает обработанную заготовку. Тогда ее вручную или с помощью подъемника перекладывают в следующий ручей правой матрицы и цикл повторяется.

При штамповке из штучных заготовок, вместо переднего упора можно использовать задний упор, устраиваемый у правой матрицы или укрепляемый на станине машины со стороны рабочего места. Тогда при укладке заготовки в ручей правой матрицы заготовку продвигают назад до упора.

Наличие двух разъемов в штампе (между двумя матрицами и между сомкнутыми матрицами и пуансонами) создает наилучшие условия для выполнения всевозможных высадочных работ и позволяет изготавливать поковки, как правило, без штамповочных уклонов, с глубокими отверстиями, а при штамповке от прутка также с прошитыми насквозь отверстиями и без отходов металла при просечке. Установка исходной заготовки в ручей по регулируемому упору позволяет при наладке штампа уточнить объем деформируемой части заготовки. Ручьи применяют открытые и закрытые. Регулируя упор, можно существенно влиять на степень заполнения ручья и величину заусенца, вытекающего в разъем при штамповке, особенно при штамповке из проката повышенной точности и еще в большей мере при использовании холоднокатаного и калиброванного металла. Благодаря этому большинство поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах в закрытых ручьях, а также поковки, имеющие форму тел вращения, штампуемые в открытых ручьях, получают без заусенца или с небольшим заусенцем.

Классификация поковок. Поковки, изготавливаемые на горизонтально-ковочных машинах, обычно имеют форму тел вращения с прямой осью, направленной по оси исходного прутка. По форме они могут быть отнесены к двум основным группам: 1) к поковкам типа стержня сплошного сечения с одним или несколькими утолщениями, причем в стержневой части площадь поперечного сечения должна

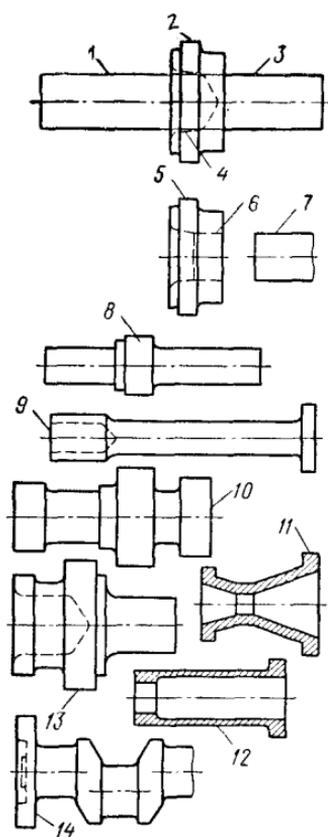


Рис. 247. Типовые поковки, штампуемые на горизонтально-ковочной машине

Утолщение 8 может быть получено в средней части поковки. Возможна штамповка поволоков 9 и 10 с несколькими утолщениями. По несколько утолщений могут иметь поковки 13 с глухим или 11 со сквозным отверстием. Тонкостенные и относительно длинные поковки 12 со сквозным отверстием целесообразнее штамповать из труб.

Всякое отклонение от формы тел вращения приводит к образованию заусенца на разъеме и к принятию дополнительных мер по предупреждению или уменьшению этого заусенца, что весьма усложняет процесс штамповки. В связи с этим поковки, форма которых существенно отличается от форм тел вращения, на горизонтально-ковочных машинах обычно не штампуют. Если же какая-либо часть такой поковки (например, фланец 14 на конце коленчатого вала) имеет форму, для получения которой наиболее рациональной является штамповка на горизонтально-ковочной машине, но такую поковку рекомендуется получать методом комбинирования штамповки на этой машине с обработкой предварительно на других кузнечных машинах (см. стр. 244 и рис. 213).

быть постоянной, а утолщения, если они располагаются на концах поковки, могут быть полыми со стороны концов; 2) к поковкам со сквозным отверстием; более детальная классификация приведена в справочнике [6].

При штамповке деформируемая часть прутка 1 (рис. 247) размещается в ручье и может быть подвергнута осадке, прошивке и более сложной деформации. Зажатая матрицами часть при этом остается недеформированной. Благодаря этому можно в одном или последовательно в нескольких ручьях штамповать поковку в виде стержня 3 с утолщением 2 на одном его конце, причем в утолщении может быть прошито со стороны пуансона глухое отверстие 4.

В утолщенной части можно просечь сквозное отверстие 6. При просечке недеформируемая часть исходного прутка не зажимается, и просечка обычно совмещается с отделением поковки 5 от прутка 7. Таким образом, штамповка поволоков со сквозным отверстием является как бы продолжением штамповки поволоков, имеющих вид стержня с утолщением.

Поволки со сквозным отверстием рационально штамповать по несколько штук последовательно из одного прутка. При штамповке поволоков типа стержня с утолщениями удобнее штучная заготовка.

Направляющие обоих ползунов горизонтально-ковочной машины конструктивно выполнены так же, как и у кривошипных горячештамповочных прессов, и являются столь же надежными. Однако открытая сверху станина не обеспечивает машине такой жесткости, какую имеют вертикальные горячештамповочные прессы. Поэтому поковки, изготавливаемые на горизонтально-ковочных машинах, по величине припусков и допусков ближе к молотовым поковкам, чем к изготавливаемым на кривошипных горячештамповочных прессах. Число ходов в минуту у горизонтально-ковочной машины на 40—50% меньше, чем у этих прессов. Однако ввиду того, что вспомогательное время, затрачиваемое штамповщиком на ручные приемы, при штамповке на горизонтально-ковочных машинах обычно значительно меньше, чем при штамповке на молотах и прессах, машина является не менее производительной.

В последнее время наряду с машинами обычного устройства начали выпускать машины не с вертикальным, а с горизонтальным разъемом матриц и соответственно с верхним расположением зажимного ползуна. Неподвижная матрица при этом располагается снизу, а заготовки из ручья в ручей передаются слева направо или наоборот. Это значительно облегчает работу вручную и дает возможность более широко применить устройства по автоматизации штамповки. Недостаток горизонтального разъема заключается в необходимости принудительного удаления окалина из ручьев нижней матрицы, тогда как при вертикальном раземе окалина не скапливается в ручьях и только иногда приходится предусматривать в матрицах канавки для облегчения ссыпания окалины при раскрытии матриц.

К недостаткам горизонтально-ковочных машин относятся следующие:

- 1) ограниченное число форм поковок, штампуемых на них;
- 2) необходимость применения в качестве исходного материала проката, как правило, повышенной точности, а иногда калиброванного (см. гл. I, § 3), так как машина работает враспор; при колебаниях объема, из-за допуска на размеры сечения прутков проката обычной точности, штамповка в закрытых и открытых ручьях является невозможной или практически нерациональной;

- 3) применение экономичного и производительного метода штамповки поковок от прутка главным образом при изготовлении поковок со сквозным отверстием; при этом у каждого прутка получается большой концевой отход в связи с тем, что при штамповке последней поковки не только необходим конец для удержания заготовки в клещах, но также и для зажатия ее между матрицами. Если концевые отходы нельзя почему-либо рационально использовать для штамповки других поковок, то их можно сваривать по несколько штук между собой встык (обычно в трех точках) и использовать для штамповки той же поковки, но с удалением в отход тех поковок, на которые имеются места сварки. Иногда применяют прутки, укороченные на длину концевого отхода, с приваркой к ним одних и тех же концов, используемых по 4—6 раз и более, пока в результате многократных нагревов они не обгорят настолько, что не смогут удерживаться в матрицах при зажиме.

§ 2. КОНСТРУИРОВАНИЕ ПОКОВКИ

При составлении чертежа поковки, штампуемой на горизонтально-ковочной машине, разъем между матрицами устанавливают в плоскости ее осевого сечения $A-A$, а разъем между пуансоном и матрицей — в плоскости наибольшего поперечного сечения $B-B$ (рис. 248, *а*). Если наиболее утолщенная часть поковки представляет собой цилиндр, фланец или другую фигуру постоянного поперечного сечения, то при установлении разъема учитывают следующее.

Прежде всего, во избежание или для уменьшения заусенца желательно, чтобы разъем был установлен у той кромки ручья, которая заполняется металлом в самую последнюю очередь. Расположение наиболее утолщенной части ручья целиком в матрице (рис. 248, *б* и *в*) освобождает поковку в этой части от штамповочных уклонов, но не исключает возможности сдвига ее фигуры в плоскости разъема матриц при относительном их смещении. Ручей при этом может быть закрытым (рис. 248, *б*) или открытым (рис. 248, *в*). Если в открытом ручье штампуют с образованием заусенца, то последний легко обрывается в обрезном ручье обычно того же штампа. Штамповка в пуансоне (рис. 248, *г*) исключает возможность сдвига фигуры при указанном выше относительном смещении матриц; поковка при этом нуждается в штамповочных уклонах со стороны пуансона, ручей делают, как правило, открытым, но штамповка в нем должна быть без образования заусенца из-за невозможности центрирования поковки с таким заусенцем в обрезной матрице. Если одну часть утолщения на поковке разместить в пуансоне, а другую — в матрице (рис. 248, *д*), то ручей получится открытым, причем с неизбежным образованием заусенца при штамповке. Заусенец получается тем больше, чем дальше расположен разъем от кромки ручья, заполняемой металлом в самую последнюю очередь. При этом часть утолщения на поковке, отформованная в матрице при обрезке заусенца, служит базой для центрирования поковки в матрице, а штамповочный уклон на другой части утолщения, отформованной в пуансоне, способствует отделению заусенца от поковки после его обрезки.

Припуски и допуски поволоков, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах, определяют по ГОСТ 7505—74 или по соответ-

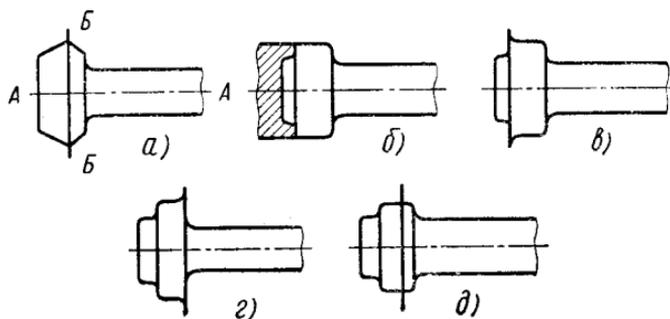


Рис. 248. Примеры отформованных утолщений

ствующим нормам, т. е. с учетом в основном тех же факторов, что и при штамповке на молотах и прессах.

Штамповочные уклоны на участках поковки, формируемых в полости пуансона, назначают: наружные $15'—1^\circ$; внутренние $30'—2^\circ$. Для участков, формируемых в матрице, наружные уклоны не предусматривают, а внутренние составляют $1—5^\circ$. Наружные радиусы закруглений принимают примерно равными величине припуска на механическую обработку, внутренние — в 1,5—2 раза большими. Кромки по контуру обрезки заусенца и на выходе просечного пуансона получаются острыми.

При отделении поволоки от прутка ножами, укрепленными в матрицах, плоскость среза обычно получается перпендикулярной к оси поковки. Отклонения от прямого угла иногда достигают $4—6^\circ$. Допустимая при этом косина торца увеличивает с одного его края припуск и должна быть оговорена в чертеже. Кроме того, необходимо бывает оговорить допустимую величину смятия поковки отрезными ножами. Прочие правила конструирования поволоки и составления их чертежей являются общими с принятыми для поволоки, штампуемых другими способами (см. гл. V, § 4 и гл. VI, § 2).

Составляя чертеж поковки, штампуемой на горизонтально-ковочной машине, желательно придать ей такую форму, которую можно получить, используя лишь наиболее часто применяемые на этих машинах переходы штамповки при наименьшем их числе и при минимальных отходах металла.

§ 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ. ПЕРЕХОДЫ ШТАМПОВКИ

Переходы штамповки на горизонтально-ковочных машинах существенно отличаются от применяемых на молотах и прессах. При многоручьевой штамповке на горизонтально-ковочных машинах наиболее часто производят набор, формовку, прошивку и пробивку.

Набор выполняют для увеличения толщины деформируемой части заготовки, когда поперечное сечение исходной заготовки является недостаточным для того, чтобы сразу приступить к ее формовке и прошивке. Набор осуществляют высадкой за один или несколько переходов, которые являются заготовительными. Штамповочными переходами являются формовка или прошивка утолщенной части поковки (или заготовки). Формовка придает наружному контуру утолщенной части поковки фасонную форму и осуществляется главным образом высадкой. Прошивка обычно сочетается с высадкой. Часто формовку и прошивку производят одновременно. При невозможности выполнить формовку или прошивку за один переход их выполняют за несколько штамповочных переходов, т. е. за один или несколько предварительных и один окончательный переход. Пробивку сквозных отверстий в поковках, как правило, совмещают с отделением этих поволоки от прутка.

Кроме указанных переходов, при штамповке на горизонтально-ковочных машинах довольно часто осуществляют обрезку заусенца и отрезку негодного под штамповку конца прутка, образуемого

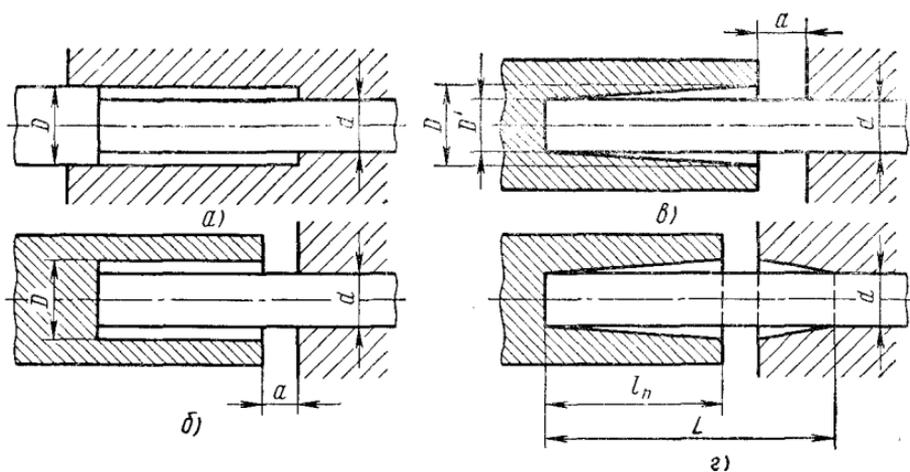


Рис. 249. Схемы ручьев для наборных переходов

в известных случаях при просечке. Реже производят пережим прутка на меньшее сечение, гибку, штамповку выдавливанием, протяжку через кольцо и другие переходы.

Набор. Чтобы высадка не сопровождалась продольным изгибом, предельное отношение длины высаживаемой части исходной заготовки к ее диаметру, как и при свободной осадке, должно составлять не более 2,5—3,0 (см. гл. IV, § 1). Однако неперпендикулярность торца к оси заготовки, ее возможная кривизна, а в отдельных случаях неблагоприятная форма пуансона и ряд других факторов вынуждают принимать это отношение обычно в пределах 2,0—2,5, а иногда даже около 1,5. При этом металл течет в радиальном направлении достаточно равномерно и обеспечивает удовлетворительное заполнение полости ручья произвольно большого диаметра. Если же необходимо высадить участок с отношением L/d (рис. 249), превышающим эти предельные значения, то высадку неизбежно сопровождает продольный изгиб. При этом деформируемый материал уводит в сторону, полость ручья заполняется неравномерно и с образованием глубоких складок (зажимов) в теле заготовки. Избежать зажимы возможно лишь в том случае, если зазоры $D-d$ и величина осадки a будут малых размеров. Используя это, высадку производят постепенно (за несколько наборных переходов) до тех пор, пока полученное в результате набора соотношение размеров высаженной части не позволит отштамповать требуемую форму высадкой за один следующий (например, формовочный) переход.

Применение предельно допустимых значений $D-d$ и a обеспечивает выполнение набора за наименьшее число переходов, что, в свою очередь, повышает производительность штамповки и удешевляет штамп.

Наборные переходы могут быть выполнены: в цилиндрических ручьях матриц (рис. 249, а), в пуансонах с цилиндрической полостью при небольшом штамповочном уклоне (рис. 249, б) или в пуансонах с конической полостью (рис. 249, в).

Пуансоны с конической полостью предпочтительнее пуансонов с цилиндрической полостью не только из-за лучшего центрирования конца высаживаемой заготовки, но и потому, что набор в них может быть осуществлен за наименьшее число переходов. Кроме того, при наборе в них легче всего избежать образования заусенца на разъеме, тогда как при наборе в матрицах заусенец практически неизбежен.

При определении размеров наборных ручьев часто руководствуются следующими практическими данными: при посадке в цилиндр (рис. 249, а, б), если $D \leq 1,5d$, то $a \leq d$; если $D \leq 1,25d$, то $a \leq 1,5d$; при посадке в конус (рис. 249, в), если $D \leq 1,5d$, то $a \leq 2d$, если $D \leq 1,25d$, то $a \leq 3d$; при этом для второго и последующих переходов за величину d при посадке цилиндра в цилиндрической матрице принимают диаметр, полученный в предыдущем переходе, а при посадке с конуса на конус — средний диаметр усеченного конуса, полученного в предыдущем переходе.

Эти правила посадки впервые были опубликованы американским инженером Фростом и впоследствии уточнены другими авторами. А. Д. Томленов показал, что можно избежать отрицательных последствий продольного изгиба, если учесть наибольший допустимый эксцентриситет действующей силы. Приняв следующие обозначения: $\frac{L}{d} = \gamma$, $\frac{a}{d} = k$, $\frac{D}{d} = \alpha$, $\frac{D'}{d} = \beta$, он теоретически обосновал, что $k \leq 1,2 + 0,2\gamma$, но не более 3, и

$$\alpha = 1,73 \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma - k} - \left(\frac{\beta}{2}\right)^2} - \frac{\beta}{2}.$$

При расчете размеров конических наборных переходов удобнее использовать эмпирические формулы, например составленные А. Р. Краузе. При этом рассчитывать рекомендуется по следующей схеме.

Объем V деформируемой части заготовки определяется по размерам высаживаемой части поковки с учетом половины верхних отклонений этих размеров, а также с учетом объема кольцевого заусенца (при окончательной формовке в открытом ручье) или торцового заусенца (при окончательной формовке в закрытом ручье).

Длина L высаживаемой части горячей заготовки

$$L = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}},$$

где d — номинальный диаметр горячей исходной заготовки.

Необходимость в наборных переходах определяется по соотношению между допустимым (ψ_d) и фактическим (ψ) отношениями длины высаживаемой части к ее диаметру, при этом $\psi_d = 2 + 0,01d$, но не более 3*;

$$\psi = \frac{L}{d}.$$

* При неперпендикулярном торце исходной заготовки к ее оси и при неплоском (фигурном) пуансоне $\psi_d = (1 + 1,5) + 0,01d$, но не более 1,5—2,5.

Если $\psi < \psi_d$, то высадка практически возможна для любой требуемой формы за один ход, т. е. без предварительного набора. Если $\psi > \psi_d$, то необходим предварительный набор.

Число $n_{пр}$ предварительных конических наборных переходов определяется по эмпирической формуле

$$n_{пр} = \frac{D_{ср}\psi - L}{(0,042\psi + m)D_{ср}} - 1,$$

где $D_{ср}$ — средний диаметр высаживаемой части поковки,

$$D_{ср} = 1,13 \sqrt{\frac{V}{L_n}};$$

L_n — длина высаженной части поковки; m — число, характеризующее устойчивость процесса высадки, принимается в пределах 0,69—0,79.

В практике штамповки при $m > 0,79$ наблюдается потеря устойчивости, возможно образование складок и зажимов, а также одно-стороннего заусенца на заготовке; при $m < 0,69$ имеет место излишний практически неоправдываемый запас устойчивости.

При дробном значении числа $n_{пр}$ следует округлять до целого в меньшую сторону.

Диаметр D'_n меньшего основания конуса рекомендуется определять по формуле

$$D'_n = D'_{n-1} [1 + (0,03 + 0,05)n],$$

где n — порядковый номер перехода. Меньшие значения коэффициента (0,03) обеспечивают минимальный практически допустимый зазор между заготовкой и конической полостью ручья у ее меньшего основания, что, в свою очередь, повышает устойчивость процесса. К большим значениям коэффициента (0,05) рекомендуется прибегать лишь в тех случаях, когда желательно в результате набора получить высаженную часть заготовки с минимальной конусностью (например, при высадке головок торцовых ключей или других цилиндрических головок со сравнительно большим отношением их длины к диаметру) и когда это дает возможность устранить дополнительный формовочный переход.

Диаметр D_n большего основания конуса определяется по эмпирической формуле

$$D_n = \frac{2L}{\psi - (0,042\psi + m)n} = D'_n, \text{ но не менее } 1,25D'_{n-1}.$$

При расчете второго и последующих переходов за диаметр D'_{n-1} принимается средний диаметр конуса, полученного в предыдущем переходе.

Длина конуса определяется из геометрического расчета его объема:

$$l_n = \frac{3,82uV}{D_n^2 + (D'_n)^2 + D_n d_n},$$

где u — коэффициент запаса объема полости ручья, гарантирующего исключение образования заусенца при наборе (значения u даны в справочнике [6]).

В связи с тем, что форма и размеры заготовки после всякого предшествующего перехода должны обеспечить ее размещение в матрице последующего ручья (например, формовочного), иногда приходится при проектировании наборных переходов отступать от обычной их формы. Например, вместо набора в пуансонах с конической полостью (рис. 249, в) набирать частично в пуансоне и частично в матрице (рис. 249, г). Тогда глубина l_n полости в пуансоне должна быть больше половины длины высаживаемой части ($\frac{L}{2}$) для того, чтобы в начальный момент посадки при продольном изгибе заготовка на участке наибольшего прогиба опиралась о стенку пуансона и металл заготовки не смог бы частично выйти в разъем между пуансоном и матрицей в виде одностороннего заусенца.

Формовка. Формовку каждого из концентричных утолщений заготовки сплошного сечения осуществляют, как правило, за один переход. Только при штамповке поковок очень сложной формы и, в частности, при многоступенчатости или большой эксцентрисичности и значительных отклонениях их формы от форм тел вращения (рис. 250) формовку утолщений сплошного сечения выполняют за два и большее число переходов.

Многoperеходная формовка значительно упрощается, когда формуемую фигуру отштамповывают последовательно по элементам

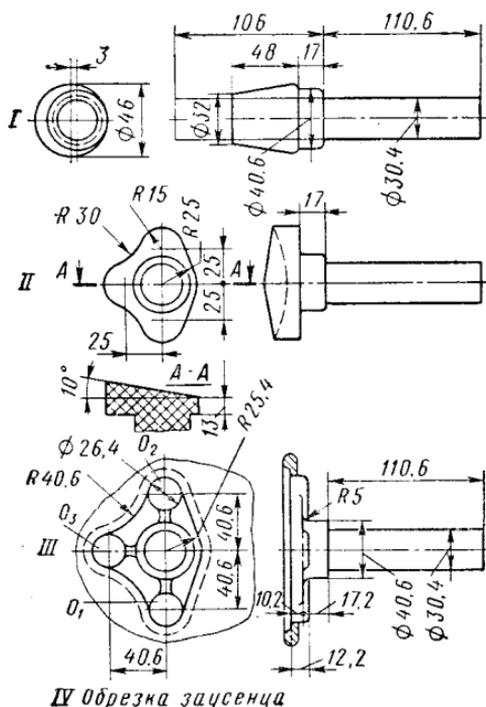
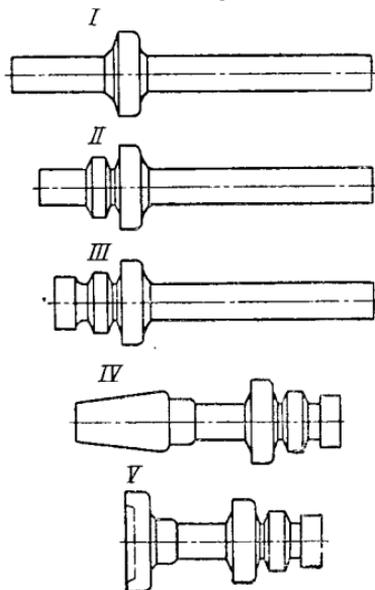


Рис. 250. Переходы при штамповке поковки валика со сложным фланцем

Рис. 251. Переходы при штамповке поковки блока шестерен



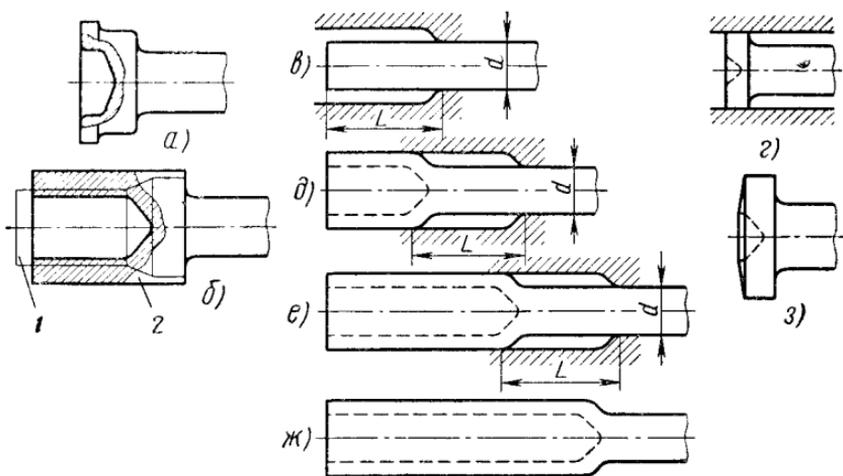


Рис. 252. Эскизы прошиваемых заготовок

(начиная, например, с элементов, имеющих меньшую толщину) с приданием им сразу окончательной формы и размеров с тем, чтобы они не деформировались в последующих ручьях. Кроме того, при многопереходной формовке необходимо, чтобы в каждом ручье (кроме окончательного) заготовка получала такую форму и размеры, какие обеспечивали бы ее свободное размещение и надежное центрирование в матрице следующего ручья, и чтобы во всех ручьях (кроме окончательного) не могло образоваться заусенец по разьему между пуансоном и матрицами. Такой заусенец непременно оказывается заштампованным в тело поковки в следующем ручье и поковка становится негодной. Поэтому формовка в каждом ручье (кроме окончательного) должна производиться с гарантийным незаполнением полости у кромки ручья. Для этого в каждом ручье следует устанавливать разъем только у той кромки, которая заполняется металлом в самую последнюю очередь.

При образовании утолщений в средней части заготовок передний конец последних слегка осаживают в пуансоне с глубокой цилиндрической полостью и штамповочным уклоном в 1° . Если поковка имеет несколько утолщений, то в обычных (нескользких) матрицах все эти утолщения получают последовательно (рис. 251). В скользких матрицах можно одновременно получить утолщенную часть на одном конце заготовки и несколько утолщений по ее длине. (Конструкция скользких матриц будет рассмотрена ниже, см. рис. 266). Утолщения на обоих концах заготовки высаживают только последовательно. При одновременном зажатии матрицами нескольких утолщений на обращенных друг к другу поверхностях поковки предусматривают внутренний штамповочный уклон до $3-5^\circ$.

Прошивка. Прошивку с образованием сравнительно неглубокого отверстия (рис. 252, а) успешно сочетают с формовкой при довольно значительной высадке. Для этого нужно только, чтобы соотношение размеров деформируемой части заготовки обеспечивало достаточную устойчивость ее против продольного изгиба.

Прошивка глубоких отверстий при значительной высадке протекает менее удовлетворительно, потому что при этом даже небольшое несовпадение оси прошивного пуансона с осью заготовки приводит к неравномерной раздаче металла в радиальном направлении, пуансон уводит в сторону, поковка получается эксцентричной с односторонним незаполнением формы. Однако эти дефекты проявляются тем меньше, чем короче длина деформируемой части заготовки. Поэтому глубокие отверстия следует получать, сочетая прошивку лишь с незначительной высадкой, т. е. главным образом за счет раздачи металла в радиальном направлении. При этом высадку применяют лишь для того, чтобы гарантировать от течения металла, встречного прошивному пуансону, при закрытой прошивке на прессах (см. гл. VI, § 1). В противном случае (т. е. при встречном пуансоне течении металла) значительно возрастают усилия, необходимые для прошивки, и весьма значительно снижается стойкость прошивных пуансонов.

Наилучшими условиями для глубокой прошивки являются те, при которых длина деформируемой части заготовки l (рис. 252, б) перед прошивкой немного больше, чем после ее (2), а площади всех ее сплошных поперечных сечений перед прошивкой несколько меньше площадей соответствующих кольцевых сечений, образуемых в результате прошивки. Для этого предшествующие прошивке переходы (наборные и предварительные формовочные) необходимо проектировать так, чтобы придать заготовке такую форму и размеры, которые обеспечили бы получение готовой поковки путем прошивки за счет раздачи металла в радиальном направлении в сочетании с незначительной высадкой.

Во избежание продольного изгиба деформируемой части отношение ее длины к диаметру при прошивке должно быть, как и при высадке, не более 2,0—2,5. При этом конец прошиваемой заготовки лучше не оставлять свободным, как на рис. 252, в, а высадив предварительно на этом конце фланец диаметром по размеру матрицы прошивного ручья, центрировать заготовку этим фланцем в матрице (рис. 255, з). Желательно также, чтобы на торце заготовки предварительно была отформована неглубокая наметка отверстия для центрирования прошивного пуансона.

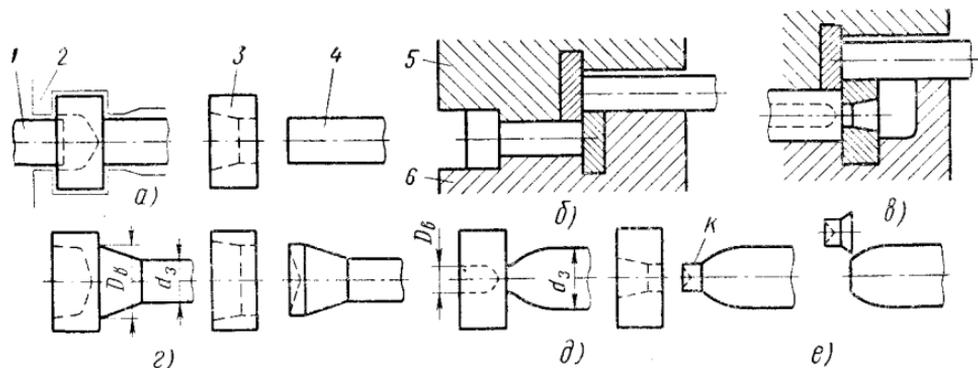


Рис. 253. Схемы пробивного ручья и варианты пробивки

Длина участка заготовки между фланцем и зажатой матрицами частью прутка во избежание продольного изгиба этого участка при прошивке не должна превышать его толщины более чем в 2—2,5 раза. В связи с этим прошивать более глубокие отверстия следует постепенно по частям за несколько переходов (рис. 252, *д—ж*), принимая в каждом переходе такое же соотношение размеров L и d прошиваемой части, какое допускается при прошивке за один переход.

Если на прошитом конце поковки должен быть получен фланец, выступ или другое какое-либо утолщение, то во избежание нежелательной деформации этого утолщения при его перемещении вдоль оси заготовки при прошивке, последнюю следует производить только за счет раздачи металла в радиальном направлении, т. е. без высадки. В этом случае длина прошиваемой части заготовки должна быть равна ее длине после прошивки, а площади всех ее сплошных поперечных сечений перед прошивкой должны быть равны площадям соответствующих кольцевых сечений, образуемых при прошивке.

Если прошитая поковка должна иметь фланец или несколько фланцев, расположенных на ее концах или в средней части, то эти фланцы следует отформовать до прошивки и, учитывая раздачу при прошивке, выполнить их диаметрами меньше окончательных из расчета равенства площади круга непрошеного фланца и площади кольца прошитого фланца.

С учетом неизбежной утяжки металла с краев прошиваемого отверстия надо создать в этом месте запас металла, для чего у прошиваемой заготовки вместо плоского торца следует предусмотреть конусообразный торец (рис. 252, *з*), превращающийся в плоский в результате утяжки при прошивке.

Прошивные пуансоны выполняют с углом заострения 60, 90 или 120°, скругленным радиусом, равным 0,2—0,3 диаметра пуансона. Примерно таким же радиусом скругляется и конец самого пуансона. Далее стбель пуансона делают со штамповочным уклоном 30'—2° в зависимости от глубины прошиваемой полости и толщины стенок поковки. Чем тоньше стенки, тем быстрее остывает поковка и тем больший требуется уклон. При прошивке плоским пуансоном с недостаточно скругленными кромками желательно, чтобы диаметр пуансона был не более 0,6—0,7 наружного диаметра прошитой поковки. В противном случае, вместо открытой прошивки, происходит процесс, протекающий в две стадии: 1) высадка до полного заполнения полости ручья под пуансоном и 2) закрытая прошивка. Последняя, как указано выше, нежелательна, потому что требует больших усилий и снижает стойкость прошивных пуансонов.

Пробивка. Сквозные отверстия в поковках получают пробивкой в пробивочных ручьях пуансоном и матрицей с острыми кромками. Обычно заготовку подвергают пробивке после предварительной прошивки. При пробивке одновременно происходит отделение поковки 3 (рис. 253, *а*) от прутка 4, который выталкивается на рабочего. При обратном ходе главного ползуна поковка сдерживается

с пробивного пуансона 1 заплечиками 2, предусмотренными для этого в матрице пробивного ручья, а после раскрытия матриц готовая поковка падает и скатывается в приямок, находящийся под машинной справа.

При штамповке от прутка непрошиваемых насквозь поковок готовые поковки отделяются от него ножами в отрезных ручьях (ножи укреплены в матрицах 5 и 6), т. е. без участия главного ползуна машины (рис. 253, б). Только при изготовлении поковок со сквозным отверстием, диаметр которого намного меньше диаметра исходного прутка, последний переход выполняется за один ход машины в совмещенном отрезном — пробивном ручье, где от прутка отрезают ножами матриц, после чего поковка зажимается между матрицами и подвергается пробивке (рис. 253, в).

Прочие переходы. К числу неосновных переходов штамповки относятся прежде всего обрезка заусенца и отрезка кончика прутка после пробивки, сведения о которых приведены далее, а также гибка. Уменьшение сплошных поперечных сечений заготовок выполняют на машинах крайне редко. Для этого необходима местная вытяжка или пережим прутка матрицами (о пережиге под пробивку см. ниже), выдавливание конца заготовки через малое отверстие между матрицами или в пуансоне или вальцовка конца заготовки с вращающимися матрицами.

Поковки, не имеющие формы тел вращения, штампуют на горизонтально-ковочных машинах, как правило только в тех случаях, когда основная часть применяемых при этом переходов штамповки является обычной для этих машин. Однако для получения окончательной формы таких поковок иногда требуется применение не всегда удобных для горизонтально-ковочных машин переходов, например гибки матрицами с участием или без участия пуансона, разгонки или формовки матрицами без образования или с образованием заусенца, обрезки этого заусенца, прошивки и пробивки отверстий матрицами без участия пуансона и т. п. Поэтому в большинстве случаев при изготовлении подобных изделий рациональнее расчленять процесс на две операции: высадку заготовки на горизонтально-ковочной машине и завершающую штамповку ее на другом, более пригодном для этой цели оборудовании.

Тонкостенные поковки, когда отношение внутреннего диаметра к наружному $D_{в}/D_{н}$ больше или равно 0,75, получают из простых заготовок протяжкой их через кольцо (рис. 237, б) или прямым выдавливанием (рис. 199, б) в специальных ручьях штампа на той же горизонтально-ковочной машине.

При проектировании переходов штамповки различных поковок следует учитывать, что форма и размеры заготовки, полученные в любом ручье штампа, должны быть такими, чтобы обеспечивалось размещение и центрирование заготовки в ручье следующего перехода и что передний упор машины используют только при первом переходе, а заготовку во второй и последующие ручьи надо укладывать до ее упора каким-либо утолщением, полученным в предыдущем переходе, в соответствующую стенку следующего ручья.

Учитывая это, предпочтительнее использовать задний упор, поскольку его можно применять не только при первом, но и при последующих наборных, формовочных и прошивных переходах.

Штамповка поковок из трубных заготовок

На горизонтально-ковочных машинах успешно выполняют одно-ручьевую и многоручьевую штамповку поковок из трубных заготовок: высадку на их концах фланцев и утолщений различных видов, обжим и заковку концов и т. п.

Высадкой можно получить утолщение на конце трубной заготовки путем уменьшения ее внутреннего диаметра при сохранении наружного диаметра или путем увеличения ее наружного диаметра при уменьшении, сохранении или увеличении внутреннего диаметра. Возможно одновременное уменьшение наружного и внутреннего диаметров при сохранении толщины стенки заготовки, т. е. обжим конца трубной заготовки. Возможно и одновременное увеличение наружного и внутреннего диаметров при сохранении толщины стенки заготовки, т. е. раздача конца трубной заготовки. При штамповке из труб необходимы: более надежный зажим заготовки матрицами, опора внутренних поверхностей трубной заготовки на пуансон или на оправку и строгое соблюдение практически установленных правил высадки трубных заготовок.

При высадке за счет уменьшения внутреннего диаметра, когда заготовка по наружному диаметру опирается на стенки матрицы, стенки трубной заготовки весьма устойчивы против продольного изгиба, что позволяет производить очень большой набор металла за один переход с более или менее равномерным заполнением полости ручья. При высадке за счет увеличения наружного диаметра стенки трубной заготовки достаточно устойчивы против продольного изгиба только в том случае, если длина высаживаемой части превышает толщину стенки заготовки не более чем в 2,5—3 раза. При бóльшей длине высадка с увеличением наружного диаметра начинается с бочкообразного выпучивания трубы и может закончиться образованием поперечного зажима на внутренней поверхности поковки. Во избежание этого рекомендуется наружный диаметр увеличивать постепенно за несколько переходов или вначале произвести за один переход набор наружного количества металла путем уменьшения внутреннего диаметра при сохранении наружного диаметра исходной заготовки, а затем подвергнуть высаженную часть постепенной раздаче до требуемых размеров с соответственным утонением стенок, утолщенных при наборе.

Определение необходимого усилия

Машину подбирают по усилиям, необходимым для штамповки, с учетом возможности размещения всех ручьев в одном штампе. Необходимое для штамповки усилие определяют точно так, как при подборе кривошипных горячештамповочных прессов (см. гл. VI, § 2).

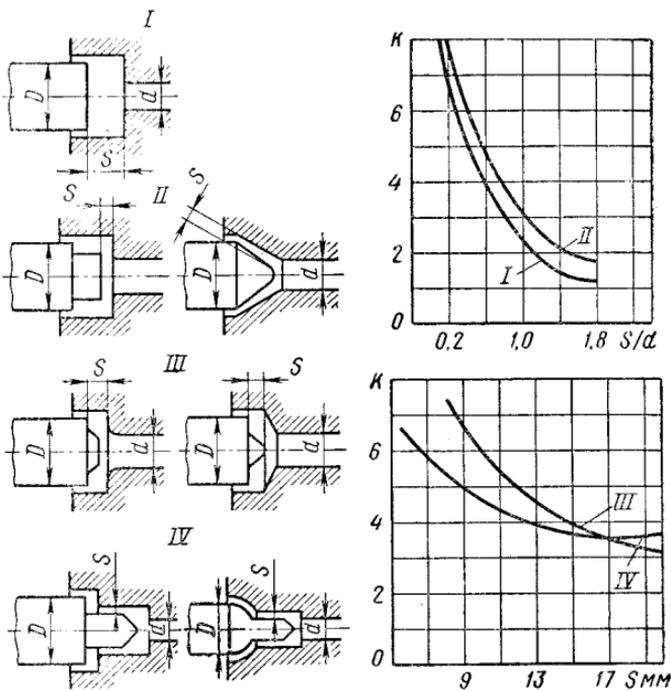


Рис. 254. График значений K при расчете усилий высадки (по данным П. П. Еднерала)

Иногда удобнее воспользоваться эмпирической формулой, в которой усилие деформации

$$P = K\sigma_b F,$$

где F — площадь проекции поковки на плоскость, перпендикулярную к направлению движения главного ползуна; σ_b — предел прочности штампуемого металла при температуре штамповки; K — опытный коэффициент, учитывающий форму и размеры элементов поковки, определяемый для случаев I—IV соответствующими графиками (рис. 254); для наборных переходов $K = 1$.

При пробивных, отрезных и обрезных переходах

$$P = 1,4\sigma_b S,$$

где S — площадь среза.

Вид и размеры заготовки

Штамповку заготовок типа стержня сплошного сечения с одним или несколькими утолщениями производят, как правило, из материала диаметром, равным диаметру наименьшего поперечного сечения поковки, который в большинстве случаев является диаметром стержневой недеформируемой части поковки. Эти поковки изготовляют большей частью из заготовок на одну поковку и только наиболее мелкие из них штампуют от прутка с отрезкой ножами, укрепленными в матрицах (рис. 253, б). Длину штучной исходной заго-

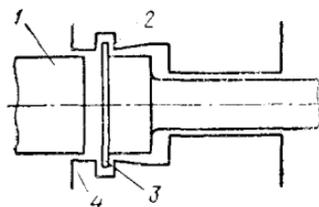


Рис. 255. Схема обрезающего ручья

товки определяют делением объема поковки с учетом угара и заусенца (при штамповке с заусенцем) на площадь поперечного сечения исходного прутка. При штамповке штучных заготовок с передним упором высаживаемая часть имеет сравнительно точный объем, и заусенец, как правило, не образуется. При этом все отклонения по длине исходной заготовки переносятся на ее задний конец. Поэтому в результате штамповки

допуск на общую длину поковки получается больше допуска на длину исходной заготовки. При штамповке с задним упором все отклонения по длине исходной заготовки переносятся на ее передний конец, и общая длина поковки может быть получена с меньшим отклонением, чем длина исходной заготовки, но при этом объем высаживаемой части колеблется в более значительных пределах, чем при штамповке с передним упором, и поэтому неизбежно образуется заусенец, средние размеры которого примерно следующие: толщина $h_3 = 0,01D - 0,6$ мм; ширина $b_3 = 0,04D - 4$ мм (D — диаметр контура обрезки заусенца в мм).

Обрезка заусенца. Заусенец обычно обрезают в обрезающем ручье (рис. 255) того же штампа пуансоном 1 и матрицей 2. При обрезке поковка выталкивается на рабочего, а затем при обратном ходе главного ползуна заусенец 3 сдергивается с пуансона заплечиками 4, предусмотренными для этого в матрицах, и после раскрытия последних падает в приямок. При штамповке от прутка заусенец обрезают перед отделением готовой поковки от прутка.

Поковки со сквозным отверстием штампуют только от прутка и с передним упором. Когда прошивка выполняется исключительно за счет раздачи металла в стороны, площадь сплошного поперечного сечения прошиваемой заготовки равна площади кольцевого сечения прошитой поковки, откуда диаметр заготовки

$$d_3^2 = D_n^2 - D_b^2,$$

где D_n и D_b — соответственно наружный и внутренний диаметры прошитой поковки.

Но так как прошивка часто сочетается с незначительной высадкой, то диаметр d_3 принимают немного меньшего размера. Желательно, чтобы он был равен диаметру прошиваемого отверстия (см. рис. 253, а). Тогда пробивка не требует никакой дополнительной подготовки, конец прутка после отделения от него поковки получается таким, как у исходной заготовки, и штампуют из него следующую поковку от того же упора.

У тонкостенных поволоков требуемый диаметр d_3 получается меньше диаметра прошиваемого отверстия D_b . В таких случаях (см. рис. 253, б) в месте перехода от поковки к прутку высаживают технологический конус. Диаметр большего основания конуса делают равным диаметру пробиваемого отверстия. Этот конус при пробивке выталкивается за одно целое с прутком. Штамповку второй и после-

дующих поковок выполюняют из заготовки с утолщенным концом, причем длина высаживаемой части получается меньше, чем для первой поковки. Передний упор устанавливают под утолщенным концом. Первую от прутка поковку штампуют без упора для того, чтобы получить для второй поковки утолщенный под упор конец. Первая же поковка получается незаполненной и идет в отход.

Наоборот, при штамповке толстостенных поковок потребуется большое число наборных переходов, если принять, что диаметр исходной заготовки равен диаметру просекаемого отверстия. Поэтому рационально увеличить диаметр исходной заготовки до определяемого из уравнения $d_3^2 = D_n^2 - D_в^2$. При этом, чтобы обеспечить отделение поковки от прутка при пробивке, необходимо пережать пруток на диаметр пробиваемого отверстия (рис. 253, д). Пережим прутка не нуждается в устройстве отдельных ручьев и выполняется матрицами одновременно с другими переходами перед пробивкой. При правильной конструкции пережимной части ручья можно за два перехода (круг — овал и овал — круг) уменьшить диаметр исходной заготовки на 40 и даже на 45%, за три перехода (круг — овал, овал—овал и овал—круг) на 50—55%*. Однако в результате пережима более чем на 15—20% конец прутка, выталкиваемого при пробивке, получает форму, не пригодную для высадки из него следующей поковки, так как неизбежный резкий переход *K* на заготовке (см. рис. 253, д) приводит к образованию зажимов в поковке. Отсюда вытекает необходимость отрезки кончика прутка матрицы в отдельном обрезном ручье так, чтобы оставшийся после этой отрезки конец заготовки (рис. 253, е) мог быть использован для штамповки следующей поковки.

Избежать получающегося при этом отхода металла можно лишь применением прутков диаметром, превышающим диаметр пробиваемого отверстия не более чем на 15—20%. Однако это рационально только в тех случаях, когда применение прутка большего диаметра не приводит к увеличению общего числа переходов.

При штамповке поковок со сквозным отверстием в объем высаживаемой части входят, с учетом объема на угар, объемы поковки и пробиваемой части, а также объем конической переходной части заготовки, если отверстие пробивается пуансоном, диаметр которого больше диаметра исходного прутка (рис. 253, з). Если высадке подвергается конец исходной прутковой заготовки, то длину высаживаемой части определяют делением ее объема на площадь поперечного сечения исходного прутка. Если высаживаемый конец заготовки имеет более сложную форму, как например, после пробивки (рис. 253, г—е), то длину высаживаемой части определяют из условия равенства соответствующих объемов заготовки до и после штамповки. Объем металла, расходуемого на одну поковку, штампующую от прутка, определяют как сумму объемов металла поковки и отходов,

* Форму и размеры прутка на участке пережима, которые получают после каждого из этих переходов, следует определять по форме и размерам пережимной части соответствующих ручьев (см. ниже § 4).

в число которых входят отход на угар и концевой отход, поделенный на число поковок, штампуемых из одного прутка, а также могут входить отходы на заусенец и на отрезаемый после пробивки кончик заготовки (рис. 253, *е*), а также отход на первую поковку, необходимый для получения первичного утолщенного конца (рис. 253, *з*), поделенный на число поковок, штампуемых из одного прутка.

Данные о величине концевых отходов, определяемых длиной зажимной части ручья, приведены в § 5.

§ 4. КОНСТРУИРОВАНИЕ ШТАМПОВ

В соответствии с принятыми переходами штамповки в штампах могут быть наборные, формовочные, прошивные, пробивные, обрезные, отрезные и другие ручьи.

Каждый наборный, формовочный и прошивной ручей состоит из двух основных частей: рабочей части, форма которой соответствует форме, какую необходимо придать заготовке, и зажимной части, предназначенной для удержания заготовки. Если при штамповке поковок со сквозным отверстием исходный пруток подвергают пережиму, то пережимную часть ручья размещают между его рабочей и зажимной частями.

Как указывалось, рабочая часть ручья может быть расположена целиком в пуансоне, целиком в матрицах или частично в пуансоне и частично в матрицах. Соосность полостей ручья, располагаемых в пуансоне и матрицах, обеспечивается направлением пуансона матрицами, для чего в последних растачивают участки, направляющие пуансон. При штамповке в закрытом ручье (рис. 256, *а*) диаметр такого направляющего участка определяется размером формируемой заготовки; при штамповке в открытом ручье (рис. 256, *б*) его устанавливают с учетом размеров заусенца. В последнем случае, а также при наборе в пуансоне (рис. 256, *в*) на направляющих участках матриц выполняют канавку 1 для сброса окалины. У самого дна глубоких полостей в наборных пуансонах засверливают отверстия для выхода воздуха.

Зазоры между пуансоном и матрицей. Эти зазоры по диаметрам устанавливают в зависимости от размера машины: при формовке фигуры частично в пуансоне и частично в матрице — 0,15—0,3 мм на сторону, при формовке только в матрице без образования заусенца — 0,3—0,6 мм на сторону, при формовке целиком в матрице с образованием заусенца или целиком

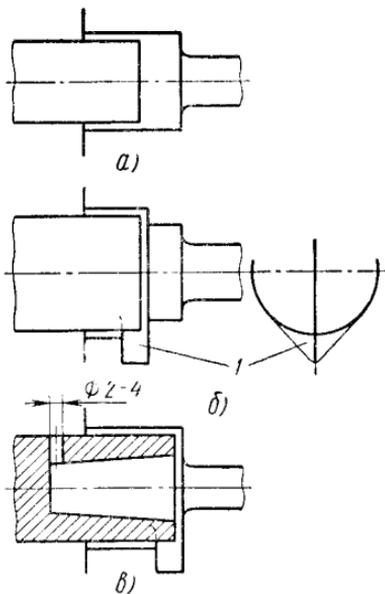


Рис. 256. Направление пуансона матрицами

в пуансоне с образованием заусенца, а также и при наборе в пуансоне — 0,6—1,2 мм на сторону. При этом длину направляющих участков в матрице устанавливают такой, чтобы к моменту, когда пуансон, имеющий наибольшую величину рабочего хода, вступит в соприкосновение с обрабатываемым металлом, все прочие пуансоны вошли бы в направляющие участки не менее чем на 5—8 мм.

Профиль зажимной части ручья. Этот профиль (рис. 257, а), обеспечивающий наибольшее сжатие прутка при смыкании матриц, но без образования заусенца между матрицами, строят по следующим размерам:

$$d = d_x + \Delta; \quad \Delta \approx 0,01d_x + 0,12 \text{ мм и } r \approx 0,05d_x + 0,65 \text{ мм,}$$

где d_x — номинальный диаметр холодной исходной заготовки, мм.

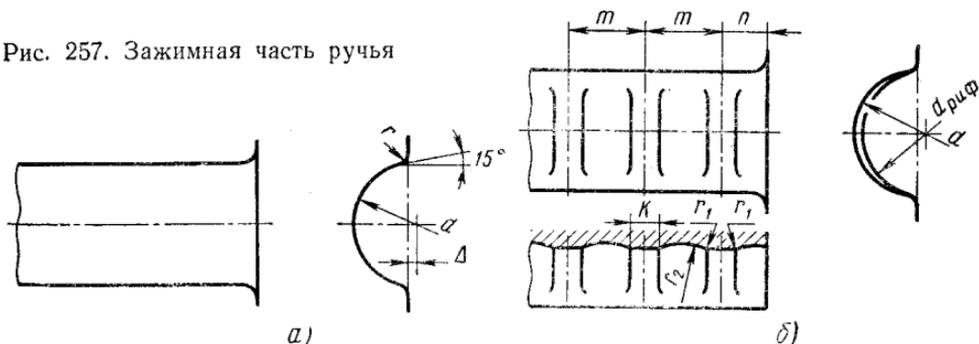
Применяемые для лучшего удержания прутка пояски (риффы), выступающие над поверхностью зажимной части ручья (рис. 257, б), строят по следующим дополнительным размерам:

$$d_{\text{риф}} \approx 0,98d_x - 0,6 \text{ мм; } m \approx 0,35d_x + 11 \text{ мм; } K \approx r_1 \approx 0,25m;$$

r_2 подбирают графически.
В многоручьевых штампах эти пояски располагают в шахматном порядке, т. е. при расположении первого пояска от края первого ручья на расстоянии n ; это расстояние во втором ручье берут равным $n + \frac{m}{2}$, в третьем ручье — опять n и т. д.

Для уменьшения концевых отходов, а также уменьшения размера матриц наименьшую, но в то же время достаточную для удержания прутка длину зажимной части ручья принимают следующей: при гладкой ее поверхности (рис. 257, а) $l = 2d + 65$ мм; также при гладкой поверхности, но с пережимом прутка под пробивку, и при рифленой поверхности (рис. 257, б), но без пережима под просечку $l = 1,5d + 60$ мм; при рифленой поверхности с пережимом под пробивку $l = 1,2d + 55$ мм. Длину зажимной части ручья можно также уменьшить, применяя задние упоры (рис. 258) различной конструкции, в том числе: упор I в правую матрицу; упор II в планку, перевернутую к правой матрице; упор III — в обе матрицы; упорскобу IV; упор V реечный; упор VI клещевой для полых поковок; упор VII клещевой обычный (для поковок сплошного поперечного сечения) и др. Наименьшая длина зажимной части ручья ($l < d$)

Рис. 257. Зажимная часть ручья



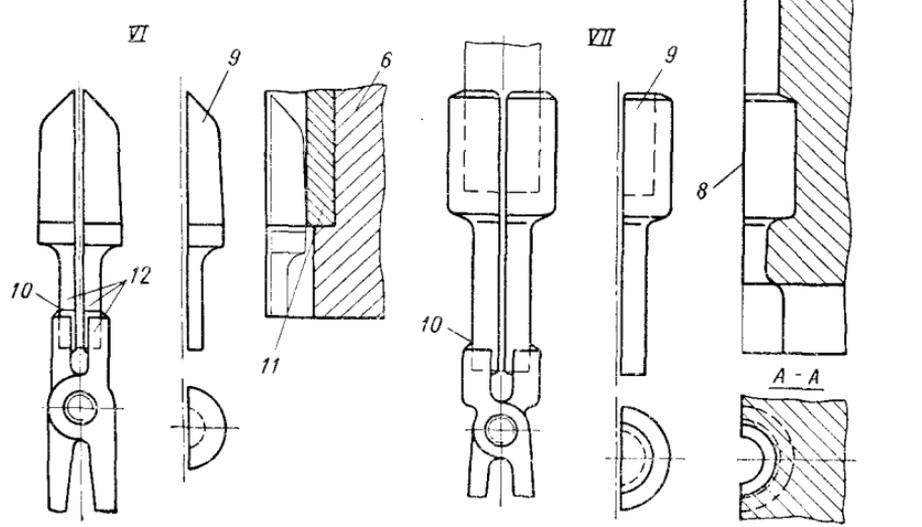
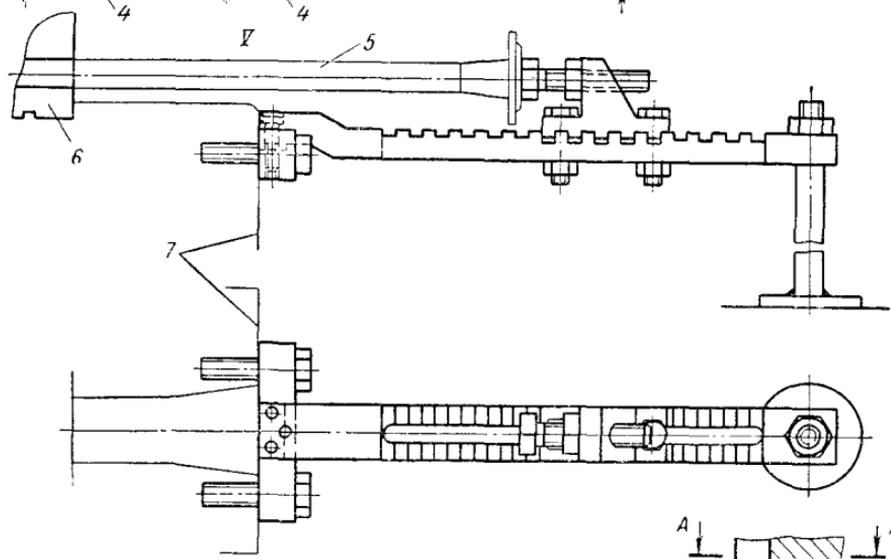
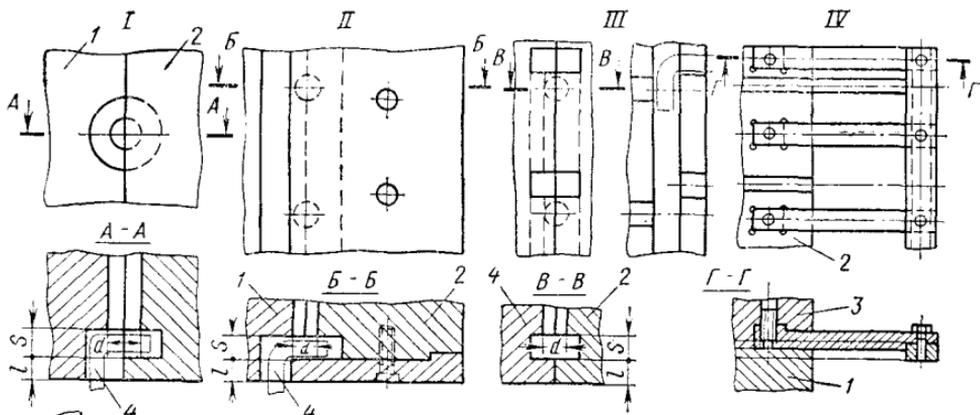


Рис. 258. Задние упоры:

1 — левая матрица; 2 — правая матрица; 3 — упор-рамка; 4 — поперечные клещи с отогнутыми круглыми губками; 5 — поковка; 6 — штамп; 7 — станина; 8 — деталь при длинном штампе; 9 — губки точеных клещей; 10 — приварить и зачистить; 11 — задний упор в штампе; 12 — клещи-оправка (для 1 и 11 l не менее 25 мм, $S = D$, но не менее 30; для 11 l не менее 30, $S = d$, но не менее 40)

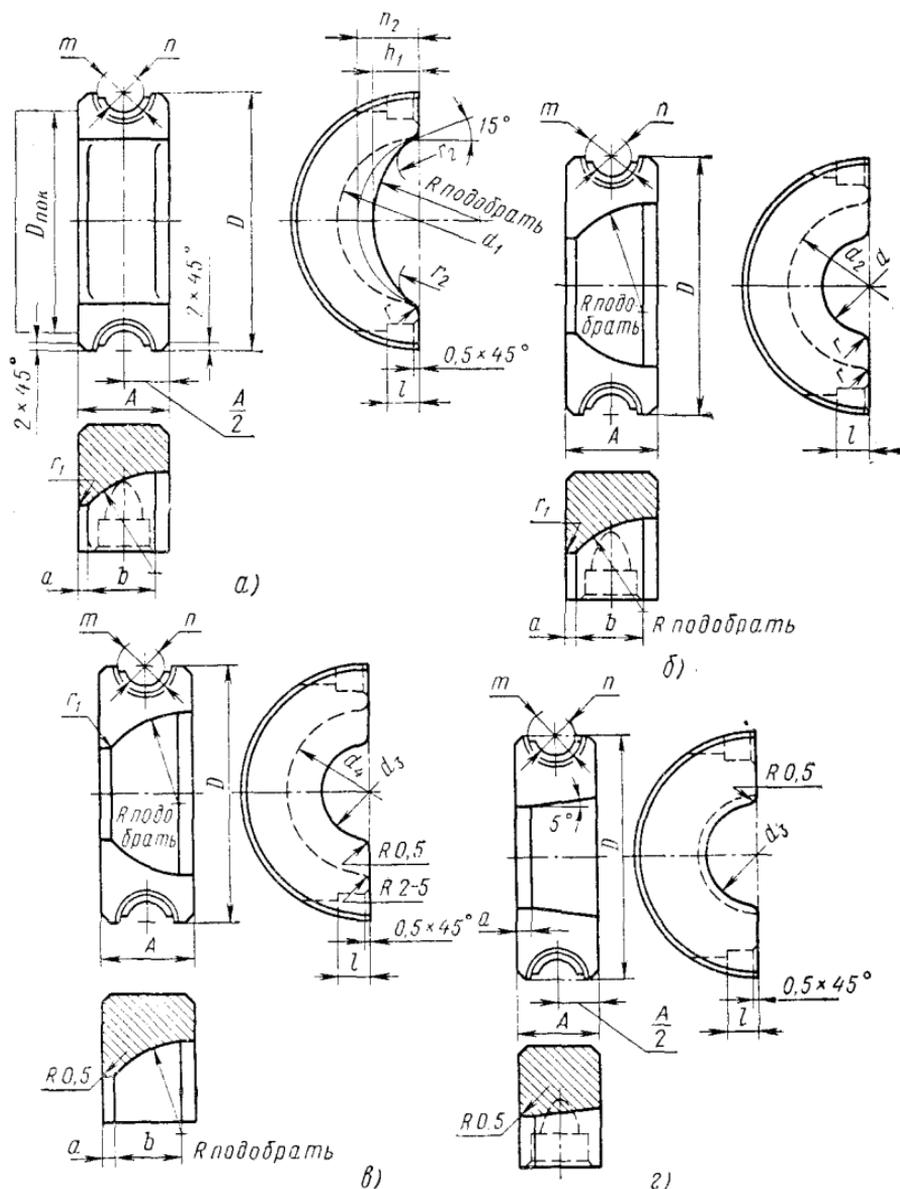


Рис. 259. Вставки:

a — для пережима на овал; b — для пережима на круг; $в$ — под пробивку после пережима $г$ — под пробивку без пережима

обеспечивается клещевыми упорами, при которых точеные клещевые губки точных размеров зажимаются вместе с заготовкой между матрицами в специальных гнездах.

Рабочие части пробивного и обрезного ручьев. Рабочие части этих ручьев, а также **пережимная часть** в наборных, формовочных и прошивных ручьях как наиболее изнашиваемые выполняют в матрицах на сменных вставках (рис. 259). Чтобы при пережиме и последующей пробивке не получилось заусенца, размеры рабочей части вставок устанавливают с учетом диаметра отверстия d_0 , пробиваемого после пережима.

Если исходный пруток пережимают на овал перед последующим пережимом на круг, то $h_1 = \frac{d_0}{2} - 0,3$ мм; если перед последующим пережимом на овал, то $h_2 = \frac{d_1 + d_0}{4}$; при пережиме с овала на овал

$h_1 = \frac{d_0}{2} - 0,3$ мм (рис. 259, а); при пережиме с овала на круг $d_2 = d_0 - 0,5$ мм (рис. 259, б). У пробивной части $d_3 = 1,01d_0 + 0,1$ мм; $d_4 = 1,02d_1 + 1$ мм (рис. 259, в).

Прочие размеры вставок в мм (рис. 259) с изменением диаметра исходного прутка в пределах 20—140 мм соответственно изменяются в следующих пределах: $a = 3 \div 6$; $b = 15 \div 60$; $r = 1,5 \div 4$; $r_1 = 1,5 \div 3$; $r_2 = 4 \div 24$; $A = 25 \div 75$; $D = 60 \div 190$; $m = 19 \div 37$; $n = 13 \div 25$; $l = 10 \div 19$, причем если пробивку производят без предварительного пережима (рис. 259, в), $a = 4—8$ мм, а далее выполняют уклон 5° . Точно такими же делают ручьи во вставках для обрезки заусенца, причем диаметр режущей кромки принимают здесь по диаметру горячей поковки с учетом половины верхнего отклонения на этот ее размер.

В пробивном ручье заготовку центрируют по гнезду, сделанному для нее в матрицах. Это гнездо растачивают по размерам горячей поковки с учетом верхних отклонений на все ее размеры. Кроме того, при штамповке с заусенцем в пробивном ручье растачивают канавку по размерам заусенца с зазорами по 1—2 мм на сторону по длине ручья и по 8—10 мм на диаметр. Точно такую же канавку предусматривают в обрезном ручье перед рабочей частью ручья, расположенной на вставке. В обрезном ручье заготовку центрируют режущей кромкой на вставке. Поэтому фигура ручья перед канавкой для заусенца может быть сделана по поковке с зазорами по 1—2 мм на сторону. Сзади обрезной вставки растачивают гнездо с размерами, достаточными для размещения поковки между матрицами во время сдвига ее при обрезке и после обрезки. При штамповке без заусенца (на случай вытекания металла навстречу формовочному пуансону в зазор между ним и матрицей) соответствующий размер гнезда под поковку в пробивном ручье должен быть увеличен на 10—15 мм.

Диаметр режущей части пробивного пуансона делают по размеру пробиваемого отверстия. Длина этой части пуансона только на 15—20 мм больше толщины пробиваемого слоя. Остальная часть стебля пуансона имеет диаметр на 2—3 мм меньше диаметра его режущей

части. Диаметр обрезающего пуансона выполняют по диаметру режущей кромки на обрезной вставке матрицы с зазором 0,3—1,0 мм на сторону в зависимости от формы поковки и расположения линии разреза (см. выше § 1). У заплечиков, играющих роль съёмников поковок или заусенца с пуансонов, отверстия в матрицах под пуансоны делают по диаметру последних с зазором 0,6—1,2 мм на сторону в зависимости от размера машины.

Ножи. Для отрезки матрицами поковок от прутка (см. рис. 253, б) и кончиков заготовки после пробивки (рис. 253, г) применяют ножи также в виде сменных вставок.

Матрицы. Их редко изготавливают цельными. Помимо рабочих, пробивных, обрезных и отрезных частей ручьев, целесообразно выполнять на сменных вставках не только пережимные, но также и другие наиболее изнашиваемые части формовочных ручьев, а при массовом производстве поковок, например колец шарикоподшипников, рационально каждый ручей целиком выполнять в виде набора вставок в блоках. Блоки не соприкасаются непосредственно с обрабатываемым металлом, а служат в таком случае только для крепления этих вставок. При серийном производстве, наоборот, некоторые вставки (например, у формовочных ручьев) в новые блоки матриц обычно не устанавливают, а изготавливают вставки и гнезда для них только при возобновлении штампов. Вставки целесообразно изготавливать в виде полуколец и закреплять в матрицах винтами, но не со стороны разреза, а пропустив винты сквозь блок, крепить их гайками с обратной разреза стороны (рис. 260). Это освобождает от изготовления резьбы в самом блоке и отдаляет резьбовое соединение от наиболее нагреваемых частей штампа.

Пуансоны. Их также целесообразно изготавливать составными (рис. 261). Крепление пуансонов в пуансонодержателях крышками

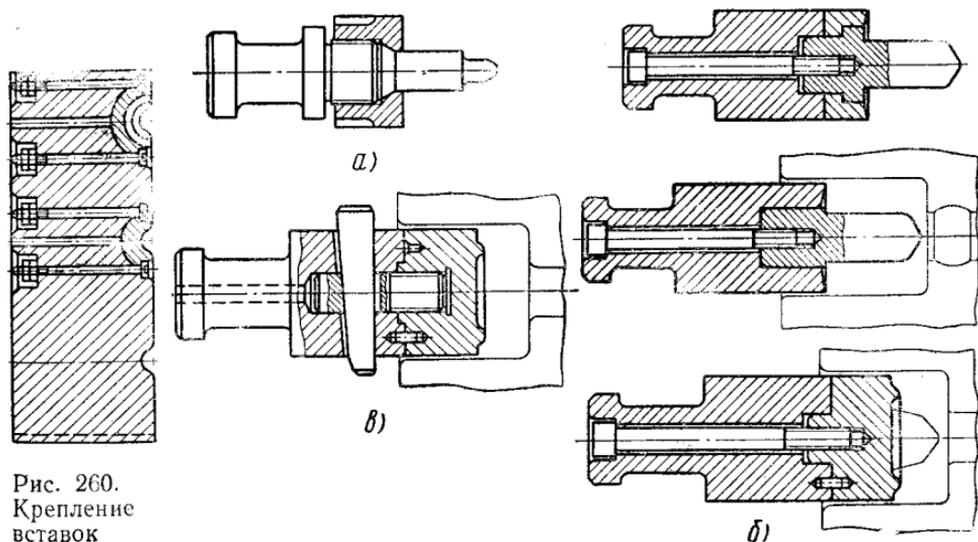


Рис. 260.
Крепление
вставок

Рис. 261. Сборные пуансоны:
а — с креплением гайкой; б — винтом; в — чеккой

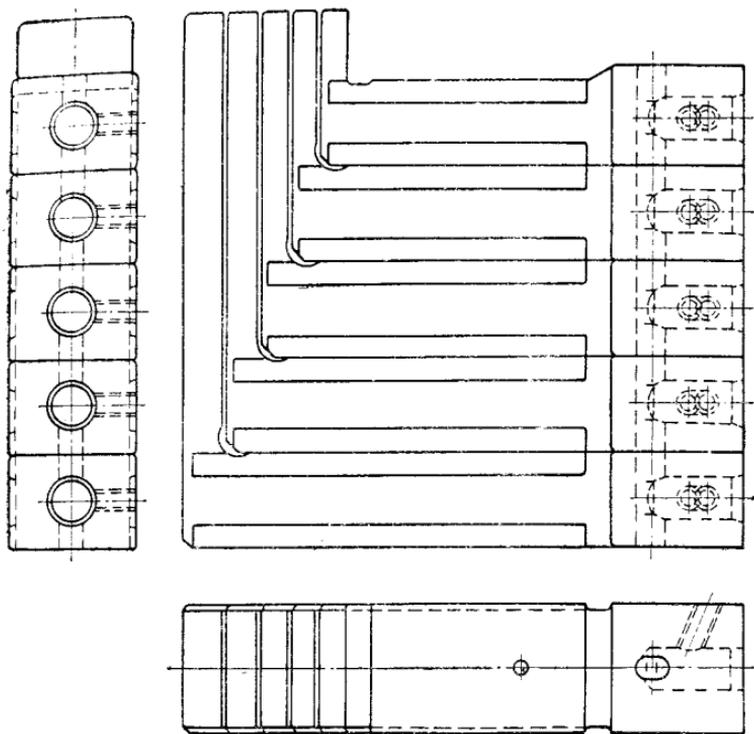


Рис. 262. Составной пуансонодержатель

(см. рис. 246, 5 и 16) в условиях серийного производства — наиболее удобно и надежно. Применение составных пуансонодержателей (рис. 262) вместо цельных (см. рис. 246, 16) позволяет регулировать длину штампового пространства для каждого ручья независимо от других ручьев, однако это удобно только в мелкосерийном производстве и при наладке новых процессов, пока не уточнена требуемая длина штампового пространства для каждого ручья с учетом зазоров в соединениях и упругих деформаций деталей машины. Определить эти деформации заранее трудно потому, что они не одинаковы при штамповке в разных ручьях.

При размещении ручьев в блоке матриц надлежит учитывать следующее: 1) чтобы не изготавливать специальных пуансонодержателей, расстояние между ручьями надо подобрать из характеристик имеющихся пуансонодержателей; 2) ручьи желательно располагать подряд в порядке переходов штамповки; 3) передавать заготовки из ручья в ручей вручную удобнее сверху вниз; 4) направление передачи заготовок с помощью подъемника определяется его устройством; 5) располагать ручьи один над другим желательно так, чтобы при переносе заготовки из ручья в ручей не пришлось перемещать ее вперед или назад; 6) наиболее нагруженный ручей желательно располагать на уровне главного вала машины; 7) устройство станины у машин таково, что наиболее точные размеры поковок получают в низкорасположенных ручьях.

При обычном способе крепления штампов придерживаются следующего порядка их установки: 1) опустив в нижнее положение регулировочный клин в гнезде главного ползуна, с помощью крана устанавливают в это гнездо пуансонодержатель, предварительно закрепив в нем крышками хвостовики пуансонов; 2) укрепляют пуансонодержатель прижимной и упорной планками и регулировочным клином так, чтобы при последующей наладке штампа можно было, ослабив крепление, переместить пуансонодержатель вперед или назад; 3) при заднем положении главного ползуна устанавливают с помощью крана правую матрицу на шпонку в соответствующее гнездо в станине; 4) короткими перемещениями ползуна (или проворачивая маховик вручную) устанавливают ползун в положение, при котором пуансоны начинают входить в матрицу и, сдвигая ее, устанавливают между ней и пуансонами равномерные зазоры по диаметрам пуансонов; 5) короткими перемещениями ползуна устанавливают его в крайнее переднее положение, затем подобрав соответствующей толщины прокладку из листовой стали, помещают ее между всей боковой поверхностью матрицы и станиной; 6) ослабив крепление пуансонодержателя и перемещая его вдоль гнезда, устанавливают требуемые по чертежу штампа зазоры между пуансонами и матрицей по длине ручьев (с учетом люфтов и упругих деформаций системы машина — штамп) и еще раз укрепляют пуансонодержатель в гнезде ползуна; 7) переведя главный ползун в заднее положение, устанавливают с помощью крана левую матрицу на шпонку в соответствующее гнездо в зажимном ползуне, а между боковой поверхностью матрицы и зажимным ползуном устанавливают прокладку из листовой стали точно такой же толщины, как и прокладка, установленная ранее у боковой поверхности правой матрицы; 8) короткими перемещениями ползуна устанавливают пуансоны и обе матрицы в сомкнутое положение и, убедившись в отсутствии зазора между матрицами, зажимным ползуном и станиной, а также проверив щупами равномерность зазоров между пуансонами и матрицами по диаметрам пуансонов, закрепляют обе матрицы клеммами сверху; 9) сперва при коротких перемещениях ползуна, а затем при полных холостых ходах машины убеждаются в том, что пуансоны и матрицы прочно укреплены и что пуансоны свободно входят в матрицы; 10) устанавливают упор (при работе с передним или со съемными задними упорами), производят пробную штамповку и отлаживают окончательно положение упора и пуансонодержателя. Обнаруженный при штамповке поперечный сдвиг матриц ликвидируют установкой прокладок под одну из матриц. В случае продольного сдвига устанавливают прокладку между одной из матриц и соответственно грудной плитой станины или грудной плитой зажимного ползуна, заменив при этом шпонку под матрицей.

Штампы на горизонтально-ковочных машинах работают в менее тяжелых условиях, чем штампы на молотах и прессах. С учетом этого

Марки стали и примерные нормы твердости деталей штампов горизонтально-ковочных машин

Наименование деталей	Марка стали	Твердость по Бринелю
Блоки матриц без вставок	7Х3, 5ХНМ	321—444
Вставки зажимные, пережимные, формовочные	7Х3, 8Х3, 5ХНТ, 5ХНМ	363—415
Вставки обрезные, пробивные, прошивные	7Х3, 8Х3, 5ХНМ, 4Х5В2ФС	388—444
Вставки для штамповки труднодеформируемых сплавов	4Х5В2ФС, 3Х2В8Ф	415—477
Пуансоны наборные мелкие и средние	7Х3	363—415 рабочей части 321—363 опорной части
Пуансоны наборные крупные	5ХНТ	352—388 рабочей части 321—363 опорной части
Пуансоны прошивные	4Х5В2ФС, 3Х2В8Ф	363—415 рабочей части 302—341 опорной части

для их деталей применяют иные марки штамповой стали и другие нормы твердости (табл. 11). При этом твердость пуансонов со стороны хвостовиков немного меньше указанной в таблице твердости их рабочих частей.

Вставки и пуансоны рекомендуется подвергать азотированию на глубину 0,22—0,3 мм (HV 750—1000) или электроискровому упрочнению поверхности.

Для охлаждения штампа во время штамповки подводят воду сверху по нескольким трубкам и направляют тонкими струями в наиболее нагреваемые ручки матриц и на пуансоны, когда штамп находится в раскрытом состоянии.

Стойкость цельноблочных матриц, определяемая износом наиболее нагруженного формовочного ручья, независимо от того, выполнен ли он в блоке или на вставке, колеблется в зависимости от формы штампуемой поковки в следующих пределах: 8000—12 000 поковок на машинах усилием до 2,5 МН (250 тс), 5000—8000 поковок на машинах усилием 4—8 МН (400—800 тс) и 4000—7000 поковок на машинах большего усилия. При этом на машинах усилием 2,5 МН (250 тс) при расположении основной части фигуры в пуансоне стойкость матриц 15 000—18 000 поковок. Стойкость рабочих частей пуансонов зависит прежде всего от их назначения. У прошивных и пробивных пуансонов она составляет не менее 1500, у наборных — не более 10 000, у формовочных 2000—9000 поковок.

Матрицы изготовляют из кованных кубников.

После сверления в них подъемных отверстий кубики попарно строгают со всех шести сторон, затем подвергают полной разметке и иногда предварительной обработке в ручьях сквозной строжкой. Обработку ручьев выполняют на горизонтальных расточных или вертикально-фрезерных станках сначала черновую, далее чистовую

ступенями, начиная с большего диаметра со стороны пуансона и заканчивая изготовлением гнезд под вставки. Затем следуют слесарная и термообработка, контрольное шлифование или скоростное фрезерование короблений и сборка матриц с окончательной отделкой ручьев. Вставки изготовляют из поковок, имеющих форму цилиндра или полумиллиндра, на токарных и фрезерных станках. Пуансоны обрабатывают почти полностью на токарных станках из кованных или литых заготовок. Точность и чистоту поверхностей деталей штампов горизонтально-ковочных машин оговаривают в технических условиях на их изготовление и возобновление.

Все пуансоны и детали делают взаимозаменяемыми. Кубик каждой матрицы может быть использован под ручьи с обеих боковых сторон. При возобновлении матриц ремонтируют гнезда под вставки и заменяют вставки. По мере необходимости ручьи восстанавливают с наплавкой. Ширину каждой матрицы разрешается уменьшить, например, для машин усилием 1,6—4 МН (160—400 тс) на 5 мм, для машин усилием свыше 12,5 МН (1250 тс) — на 12 мм. При необходимости дальнейшего уменьшения ширины к каждой матрице с обратной разъему стороны привертывают или приваривают плиту для восстановления первоначальной ширины матрицы.

§ 6. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА И ПРИМЕРЫ ШТАМПОВКИ

Нагрев заготовок под штамповку на горизонтально-ковочных машинах осуществляют преимущественно в щелевых и очковых печах или в индукционных нагревателях периодического действия. Так как зажимной ползун машины расположен слева, то рабочее место штамповщика находится намного ближе к правому краю машины, чем к левому. Поэтому нагревательные устройства, как правило, располагают справа от машины. При этом печи удобнее устанавливать по фронту с машиной (рис. 263, а) или с матрицами ее штампа (рис. 263, б). Многоместные индукционные нагреватели располагают так же (рис. 263, в) или с разворотом на 90° (рис. 263, г). Последний вариант удобнее, когда нагрев и штамповку выполняет один человек. Мелкие и средние заготовки подают вручную или на транспортерах (рис. 263, а), тяжелые — преимущественно крюками на подвесных монорельсах (рис. 263, б) или с помощью однобалочных кранов. На пламенных печах со стороны машины монтируют окалиноломы или скребки того же назначения. В приямок справа от машины мостовым краном устанавливают ящик под поковки, штампуемые от прутка, а также для заусенца. Однако значительно удобнее удалять поковки и заусенец из приямка в тару, устанавливаемую на полу цеха, непрерывно скребковыми транспортерами.

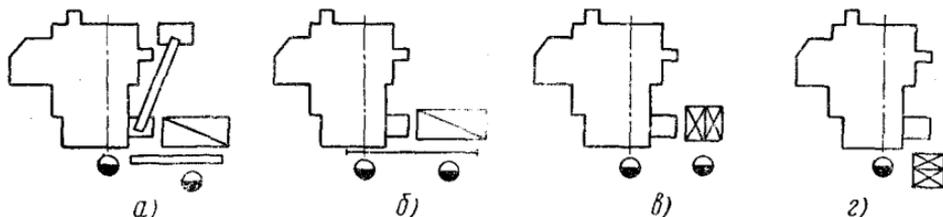


Рис. 263. Расположение оборудования на участке горизонтально-ковочной машины

Передача заготовок из ручья в ручей вручную, особенно на машинах усилиями свыше 8 МН (800 тс) очень тяжела. Поэтому ее надо осуществлять механическими подъемниками с пневматическим, электропневматическим или пневмогидравлическим приводом. Такие подъемники обычно подвешивают над машиной или устанавливают под полом. Подъемники могут быть изготовлены или отрегулированы во время наладки на любые расстояния между ручьями и имеют педальное или кнопочное управление. Грузоподъемность машин усилением 30 МН (3000 тс) 0,5 т, скорость подъема 0,4 м/с.

В ряде случаев работа на горизонтально-ковочных машинах может быть автоматизирована.

Реальная возможность автоматизации горизонтально-ковочных машин появилась лишь после внедрения индукционного нагрева и более совершенных средств автоматизации пламенных печей. Наиболее эффективной является автоматическая штамповка поковок от прутка с нагревом исходного прутка в индукторе, расположенном в непосредственной близости от матриц штампа и с перемещением самого индуктора с прутком при передаче заготовок из ручья в ручей.

Ниже приведен расчет наборных переходов для штамповки клапана и несколько чертежей штампов различных конструкций.

Клапан автомобильного двигателя штампуют из прутка диаметром 10 мм* (рис. 264). Расчетные размеры наборных переходов, необходимых для его штамповки приведены на рис. 264, а.

С учетом половины верхнего отклонения на размеры по ГОСТ 7505—74 и заусенца объемом 330 мм³ объем деформируемой части горячей поковки клапана $V = 10\,570$ мм³:

$$L = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{10\,570}{\frac{3,14 \cdot 10,1^2}{4}} = 132 \text{ мм};$$

$$\psi = \frac{L}{d} = \frac{132}{10,1} = 13; \quad \psi_d = 2 + 0,01d = 2 + 0,01 \cdot 10,1 = 2,1;$$

$$\psi > \psi_d; \quad D_{\text{ср}} = 1,13 \sqrt{\frac{V}{L_{\text{п}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{10\,570}{16,2}} = 28,8 \text{ мм}.$$

Чтобы обеспечить устойчивый процесс, задаемся $m = 0,69$:

$$n_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{ср}} \psi - L}{(0,042 \psi + m) D_{\text{ср}}} - 1 = \frac{28,8 \cdot 13 - 132}{(0,042 \cdot 13 + 0,69) 28,8} - 1 = 5,8.$$

Принимаем $n_{\text{пр}} = 5$.

Определяем размеры 1-го перехода:

$$d_n = d_{n-1} [1 + (0,03 + 0,05) n]$$

* После освоения штамповки клапанов выдавливанием (рис. 224, 225) высадкой изготовляют только выхлопные клапаны, штампуемые из предварительно сваренных встык двух прутков из разных материалов. Такой клапан имеет тарелку из жаропрочной и стемель из конструкционной стали, а его сварной шов штампуют в месте перехода от стемеля к тарелке.

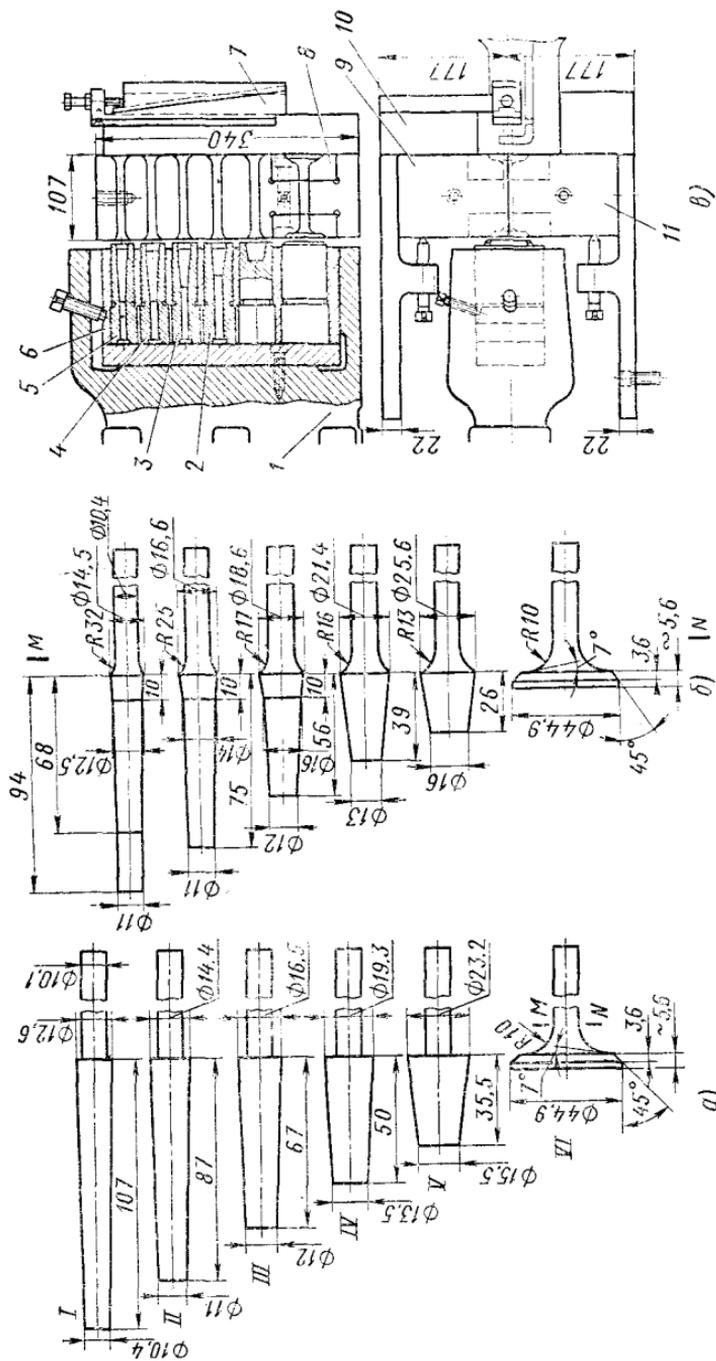


Рис. 264. Размеры наборных переходов при штамповке клапана:

а — расчетные; *б* — фактические; *в* — штамп для клапана

или при меньших значениях коэффициентов

$$d_1 = d_{n-1} (1 + 0,03n) = 10,1 \cdot 1,03 = 10,4 \text{ мм};$$

$$D_1 = \frac{2L}{\psi - (0,042\psi + m)n} - d_1 = \frac{2 \cdot 132}{13 - (0,042 \cdot 13 + 0,69)1} - 10,4 = \frac{264}{13 - 1,24 \cdot 1} - 10,4 = 12 \text{ мм. Однако } 12 < 1,25d = 1,25 \cdot 10,1 = 12,6 \text{ мм; принимаем } D_1 = 12,6 \text{ мм.}$$

Значения u выбираем по таблице [6]:

$$l_1 = \frac{3,82uV}{D_1^2 + d_1^2 + Dd} = \frac{3,82 \cdot 1,06 \cdot 10\,570}{12,6^2 + 10,4^2 + 12,6 \cdot 10,4} = 107 \text{ мм.}$$

Определяем размеры 2-го перехода:

$$d_2 = 10,4 (1 + 0,03 \cdot 2) = 11 \text{ мм};$$

$$D_2 = \frac{264}{13 - 1,24 \cdot 2} - 11 = 14,1 \text{ мм. Однако } 14,1 < 1,25 \frac{10,4 + 12,6}{2} = 14,4; \text{ принимаем } D_2 = 14,4;$$

$$l_2 = \frac{3,82 \cdot 1,04 \cdot 10\,570}{14,4^2 + 11^2 + 14,4 \cdot 11} = 87 \text{ мм.}$$

Определяем размеры 3-го перехода:

$$d_3 = 11 (1 + 0,03 \cdot 3) = 12 \text{ мм};$$

$$D_3 = \frac{264}{13 - 1,24 \cdot 3} - 12 = 16,5 \text{ мм, отметим, что } 16,5 > 12,5 \times \times \frac{11 + 14,4}{2} = 15,9;$$

$$l_3 = \frac{3,82 \cdot 1,02 \cdot 10\,570}{16,5^2 + 12^2 + 16,5 \cdot 12} = 67 \text{ мм.}$$

Определим размеры 4-го перехода:

$$d_4 = 12 (1 + 0,03 \cdot 4) = 13,5 \text{ мм};$$

$$D_4 = \frac{264}{13 - 1,24 \cdot 4} - 13,5 = 19,3, \text{ отметим, что } 19,3 > 1,25 \frac{12 + 16,5}{2} = 17,7 \text{ мм};$$

$$l_4 = \frac{3,82 \cdot 1,01 \cdot 10\,570}{19,3^2 + 13,5^2 + 19,3 \cdot 13,5} = 50 \text{ мм.}$$

Определим размеры 5-го перехода:

$$d_5 = 13,5 (1 + 0,03 \cdot 5) = 15,5 \text{ мм};$$

$$D_5 = \frac{264}{13 - 1,24 \cdot 5} - 15,5 = 23,2 \text{ мм, отметим, что } 23,2 >$$

$$> 1,25 \frac{13,5 + 19,3}{2} = 20,5;$$

$$l_5 = \frac{3,82 \cdot 1 \cdot 10\,570}{23,2^2 + 15,5^2 + 23,2 \cdot 15,5} = 35,5 \text{ мм.}$$

Отметим, что

$$d_{\text{ср. 5}} = \frac{15,5 + 23,2}{2} = 19,4 \text{ мм}; \quad \Psi_5 = \frac{35,5}{19,4} = 1,8;$$

$$\Psi_{\text{д 5}} = 2 + 0,01d_{\text{ср. 5}} = 2 + 0,01 \cdot 19,4 = 2,19; \quad \Psi_5 < \Psi_{\text{д 5}}.$$

Это подтверждает, что более пяти наборных переходов не требуется и 6-й переход при штамповке клапанов может быть окончательным формовочным переходом.

Наличие радиуса $R 10$ и конуса 7° на участке сочленения тарелки клапана с его стержнем вынуждает плоскость разреза у наборных переходов установить на расстоянии примерно 11 мм от границы между деформируемой и недеформируемой частями заготовки (от плоскости $M-N$, рис. 264, б) в сторону деформируемой части. При этом необходимо примерно на эту же величину уменьшить длину наборных конусов (относительно расчетной длины $l_{\text{п}}$) и подобрать соответствующие радиусы сочленения так, чтобы дуги этих радиусов проходили через окружности больших оснований набираемых конусов, а центры дуг находились в плоскости границы между деформируемой и недеформируемой частями заготовки.

В первых трех переходах (рис. 264, б) наклон образующих конуса к оси заготовки менее 2° . Такая незначительная конусность не может исключить появления одно-стороннего заусенца на разъеме. Поэтому у этих переходов у разъема на участке длиной 10 мм предусматривается увеличенная конусность.

По принятым на заводе техническим условиям на поставку металла для клапанов диаметр d исходной заготовки может быть до 10,4 мм (горячий размер до 10,65 мм). Это обязывает для свободного прохода конца заготовки до дна полости в пуансоне 1-го перехода увеличить диаметр d_1 меньшего основания полости до 11 мм, а для сохранения объема V_1 и длины полости заменить ее глубинную часть на цилиндрическую.

Указанные выше специфические для поковок клапана требования обязывают внести соответствующие изменения в размеры заготовки по переходам. Однако при этом основные параметры заготовки по переходам существенным изменениям не подвергаются, а объем заготовки (с учетом коэффициента u) остается строго соответствующим расчетному. В результате заготовки по переходам принимает вид, показанный на рис. 264, б.

После штамповки поковку клапана подвергают горячей калибровке на кривошипном горячештамповочном прессе, термообработке, обрезке заусенца, образующегося при калибровке, и правке на обычном резбонакатном станке гладкими плашками. По потребным усилиям для штамповки может быть использована машина усилием 1 МН (100 тс), но шесть ручьев размещаются по высоте только на машине усилием 1,6—2,0 МН (160—200 тс). Пуансоны 2—5 выполнены в виде втулок, закрытых с донной стороны пробками. Все шесть пуансонов вставляют в обойму 6, укрепляемую в специальном пуансонодержателе 1. Каждую из матриц 9 и 11 по мере износа используют не только с обеих боковых сторон, но также и с тыльной стороны. Фигурная часть формовочного ручья расположена на сменных прямоугольных вставках 8. В первых пяти ручьях штампуют с задним упором 7, регулируемым клином. Задний упор смонтирован на машине у грудной плиты 10. При формовке не исключено некоторое проскальзывание металла сквозь зажимную часть ручья. Чтобы при этом не прогнулся стержень клапана, формовку выполняют без заднего упора.

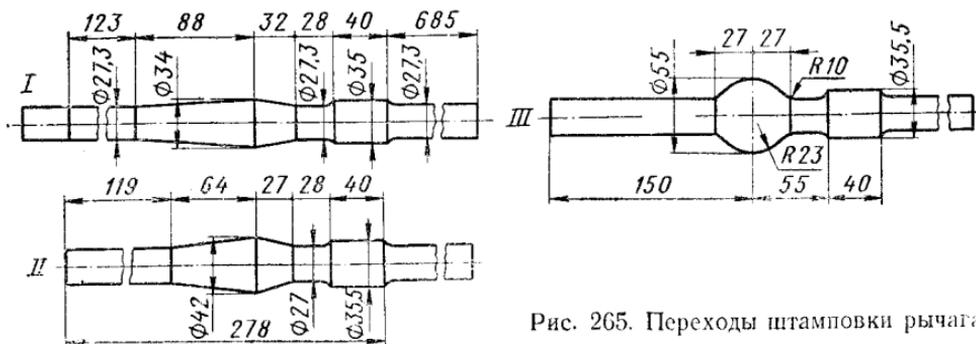


Рис. 265. Переходы штамповки рычага

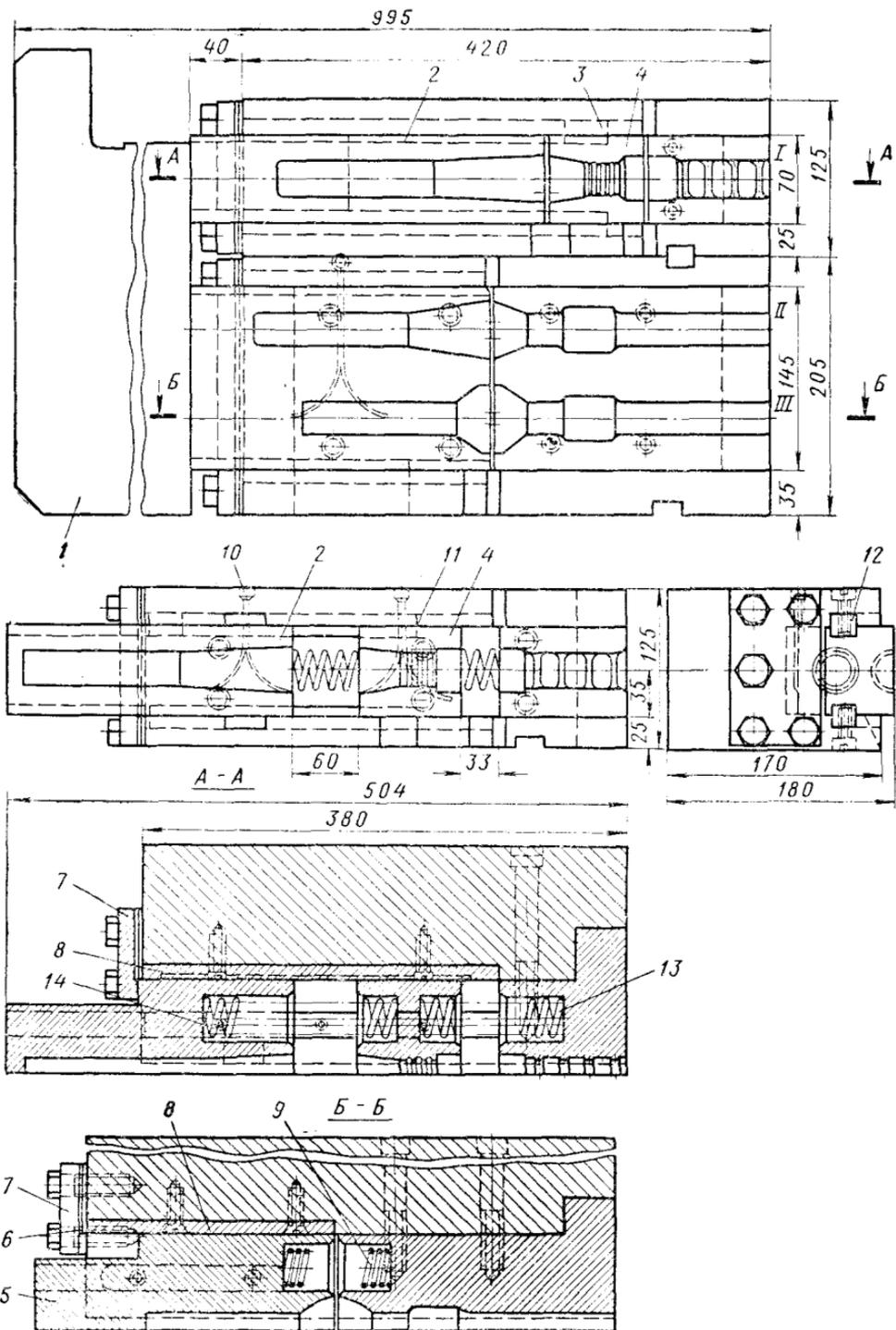


Рис. 266. Штамп для рычага

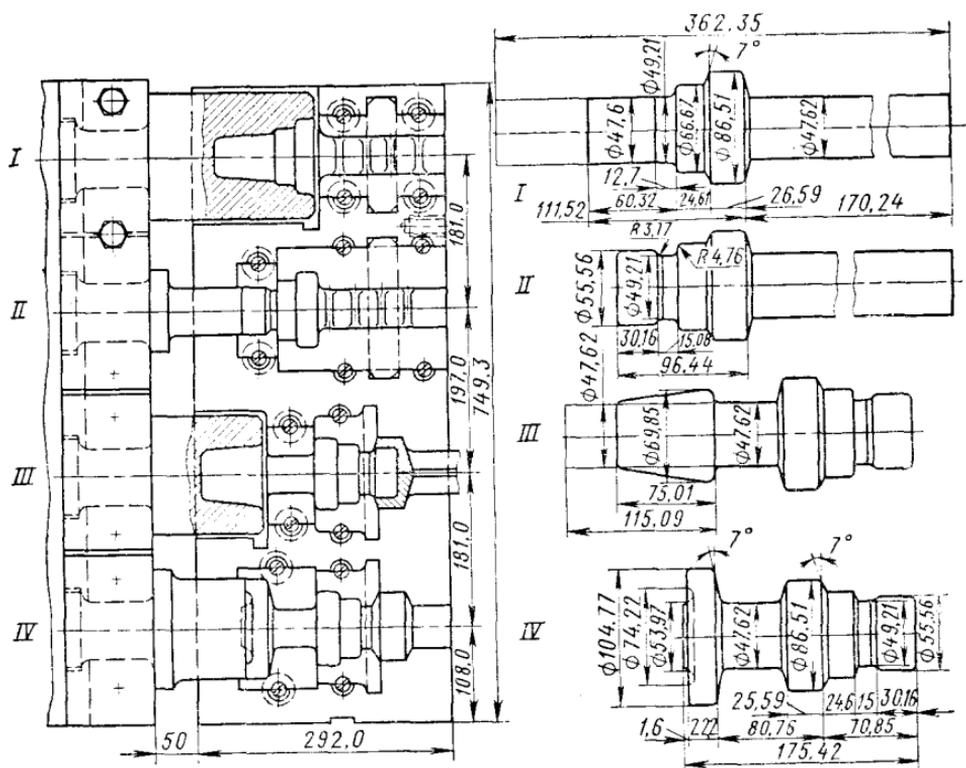


Рис. 267. Штамп для блока шестерен

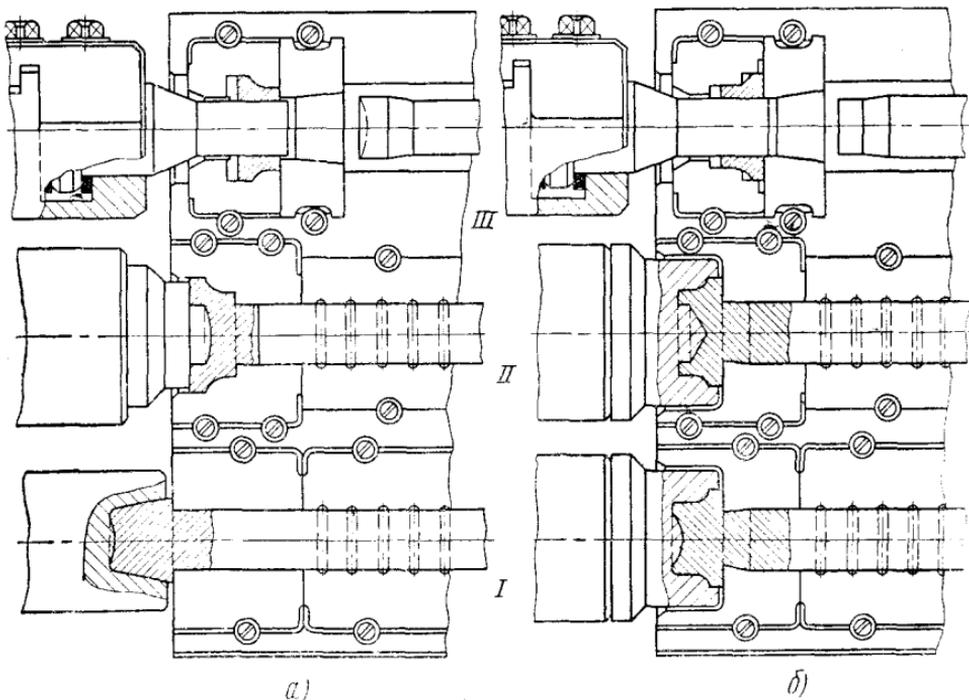


Рис. 268. Штампы для кольца подшипника

При ручной передаче клапаны обычно штампуют с непрерывно включенной муфтой машины. Клапан штампуют за шесть ходов. Седьмой ход (холостой) используется на откидывание готовой поковки и взятие следующей заготовки. При этом на машинах, имеющих 60 ходов в минуту, удается штамповать до 500 клапанов в час.

Заготовка рычага под дальнейшую штамповку его на молоте имеет два утолщения (рис. 265). Малое утолщение получают в первом переходе, большое — за три перехода; причем первый его набор производится одновременно с высадкой малого утолщения. Все переходы выполняют в скользящих матрицах 2, 4 и 5 (рис. 266). Пружины 13 и 14 перемещают матрицы 2 и 5 по плитам 8 и шпонкам 12 к ограничителям 7, а пружина 9 отжимает матрицу 4 выступами 3 к торцам 11. Между матрицами у первого ручья образуются зазоры 60 и 33 мм, у второго и третьего ручьев — по 33 мм, регулируемые прокладками 6. Смазка на трущиеся поверхности подается через масленки 10. В первый ручей заготовку устанавливают по упору в дно ручья правой матрицы 2. Во втором и третьем ручьях она фиксируется по малому утолщению. Высадку выполняют при сжатии пружин пуансонодержателем 1. Для надежной работы штампа пружины выбирают с большим запасом усилия. Для разжатия скользящих матриц используют пневматические устройства.

Поковку блока шестерен (рис. 267) штампуют с одного нагрева из заготовки на одну поковку за четыре перехода. В первом ручье ее устанавливают по переднему упору, после второго перехода перевертывают и отштампованным концом берут в точеные клещи.

Кольцо подшипника можно штамповать с формовкой в матрицах (рис. 268) или с формовкой в пуансоне (рис. 268, б). В последнем случае поковку получают более точной формы, проще устройство матриц, легче наладка штампа и, несмотря на некоторое увеличение диаметра исходного прутка, зажимная часть ручья может быть короче. Другие кольца подшипников штампуют также в три или чаще в два перехода (формовка и пробивка), причем можно изготавливать до 20—25 шт. крупных колец с одного нагрева в пламенной печи. Однако получающаяся при этом разница температур штамповки для первого и последнего колец снижает качество поковок.

ХОЛОДНАЯ ОБЪЕМНАЯ
ШТАМПОВКА§ 1. ОСОБЕННОСТИ ХОЛОДНОЙ ВЫСАДКИ
НА КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ ХОЛОДНОВЫСАДОЧНЫХ АВТОМАТАХ

Наиболее распространенной операцией холодной объемной штамповки является высадка.

Холодной высадкой изготовляют крепежные детали (болты, винты, гайки, заклепки, гвозди и т. д.), шарики, ролики и мелкие кольца подшипников, толкачи и тарелки клапанов, соединительные пальцы, колесные спицы, специальные гайки, колпачковые масленки и много других сравнительно мелких массовых деталей. Холодную высадку производят главным образом на горизонтальных кузнечно-прессовых автоматах. При этом размеры штампованных деталей соответствуют 3 и 4-му классам точности, а их поверхности — 6, 7 и даже 8-му классам шероховатости, так что ни в какой дополнительной механической обработке они обычно не нуждаются. Иначе говоря, холодная высадка обеспечивает получение штампованных деталей, как правило, в готовом виде. Практически размеры штампованных деталей получаются с точностью от 0,03—0,05 до 0,15—0,2 мм в зависимости от их номинала, а также от изготавливаемого их количества, степени износа и наладки штампа.

Правила высадки, расчет и выбор наборных и других переходов при холодной высадке по существу являются такими же, как при горячей штамповке (см. гл. VII, § 3). Однако ограниченный запас пластичности металла в холодном состоянии значительно снижает допустимые степени деформации даже у высокопластичных сплавов и полностью исключает возможность холодной высадки малопластичных сплавов.

Холодной высадке подвергают углеродистую сталь, содержащую до 0,45% С, легированную сталь многих марок, дуралюмин, латунь, красную медь, монель и другие сплавы, проявляющие в холодном состоянии достаточно большой запас пластичности. О способности металлов подвергаться холодной высадке судят по предельной (до появления трещин) степени деформации при свободной осадке образцов, которая при комнатной температуре составляет, например, 50% у стали 60Г, 55% у стали ШХ15, 75% у стали 10, 73—74% у стали 35 и 40Х, 87% у стали 08 и 10 (при 0,03% Si) и у стали 30ХГСА, 95% у меди и т. д. Способность стали подвергаться холодной высадке повышается с увеличением содержания в ней молибдена и ванадия и даже вольфрама (но только до 0,15—0,25%) и значительно снижается с повышением в ней содержания углерода и особенно кремния, а также серы и фосфора. Повышение содержания

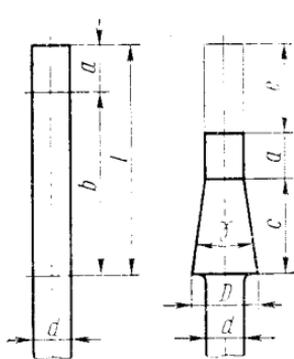


Рис. 269. Заготовка исходная и после высадки в пуансоне с конической полостью

углерода с 0,45% до 1,1% снижает требуемую степень осадки с 70 до 30%. К резкому снижению способности деформироваться в холодном состоянии приводит загрязненность сплавов неметаллическими включениями (даже при незначительном их количестве).

Некоторое повышение пластичности при холодной высадке достигается тем, что требуемая деформация осуществляется не сразу, а распределяется на несколько переходов штамповки или выполняется за несколько операций (с повторной штамповкой). При этом суммарная деформация равномерно распределяется по переходам и операциям, а металл разупрочняется термическими отжигами, осуществляемыми перед штамповкой и по мере надобности между отдельными операциями штамповки, причем для отжига используют печи безокислительного нагрева. Кроме того, применение в технологии холодной высадки процессов прямого и обратного выдавливания (закрытой прошивки), выполняемых в качестве самостоятельных переходов штамповки или в сочетании с высадкой и другими переходами или операциями, также существенно повышает пластичность обрабатываемого материала в связи с благоприятной при этом схемой напряженного состояния металла. Создается возможность получения деталей более сложной формы. Последнему способствует также возможность получения при холодной высадке деталей без штамповочных уклонов.

Металл для холодной высадки должен быть калиброванный и иметь чистую блестящую поверхность. Все более широко применяют фосфатирование поверхности металла с последующей смазкой его перед штамповкой. Подготовленный к штамповке металл поставляется в прутках длиной до 6—7 м или в бунтах с наружным диаметром до 1 м и массой 40—80 кг и более. Для различных прессов-автоматов в соответствии с их назначением используют проволоку и калиброванные прутки диаметром 0,6—38 мм с предельными отклонениями 0,025—0,15 мм. Реже применяют металл прямоугольного, квадратного, шестигранного и других профилей.

Набор металла для формовки утолщенной части изделия при отношении длины высаживаемой части к ее диаметру не более 2,5 (практически при отношении равном 2,1—2,3) может быть выполнен за один переход, при отношении не более 4,5 — за два перехода и при отношении не более 8 — за три перехода штамповки или, как принято говорить, при холодной высадке соответственно за один, два и три удара. Набор более чем за два перехода в практике холодной высадки производят очень редко. При двухпереходной штамповке наиболее широко в качестве первого перехода применяют набор в конической полости пуансона (рис. 269), причем цилиндрический

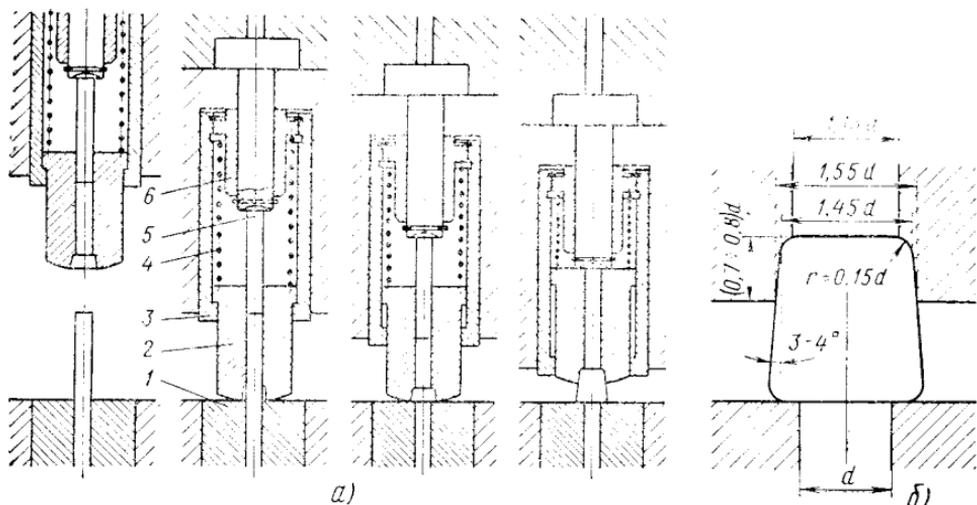


Рис. 270. Подпружиненный пуансон:

a — схема действия; *b* — рабочая полость и заготовка, полученная этим пуансоном; 1 — матрица; 2 — пуансон; 3 — пуансонодержатель; 4 — пружина; 5 — высадочный стержень; 6 — направляющая втулка

конец заготовки остается недеформированным. При этом $\frac{L}{d} \leq 4,5$; $\frac{b}{d} \leq 2,6$; $e = L - (a + c) = b - c$; $c = \frac{D-d}{2 \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}$.

Во избежание образования поперечной складки при высадке во втором переходе угол γ конуса в первом переходе должен быть не более 20° . Отметим, что при $\frac{b}{d} \leq 2,6$ объем конической части пуансона $V_c = \frac{\pi d^2}{4} b \leq 2,4d^3$.

Применяя подпружиненные пуансоны (рис. 270, *a*), можно за один переход высадить конец заготовки при $\frac{L}{d} \approx 4,5$ и при менее жестком допуске на диаметр исходного прутка, чем при наборе в обычных пуансонах. При этом большая часть длины высаживаемого конца в начальный момент находится в цилиндрической полости в пуансоне. Диаметр этой полости делают несколько больше диаметра обрабатываемого прутка. Высаживают стержнем, скользящим внутри пуансона. По мере заполнения рабочей полости пуансон, преодолевая усилие пружины, постепенно отходит. Форма и размеры головки, получаемой в результате набора в подпружиненном пуансоне, указаны на рис. 270, *b*.

Полученные набором утолщения подвергают формовке, прошивке и другим операциям, причем размеры поперечного сечения исходной заготовки иногда уменьшают редуцированием¹ или калибруют

¹ В технологии холодной штамповки редуцированием называют процесс проталкивания заготовки через матрицу с отверстием несколько меньшим, чем размеры проталкиваемой части заготовки; при этом, в отличие от выдавливания, заготовка поступает в отверстие матрицы не из замкнутой полости и часть заготовки, неподвергаемая редуцированию, остается недеформированной.

путем прямого выдавливания металла заготовки через отверстие в матрице.

В связи с пониженной пластичностью металла в холодном состоянии прошивку применяют не открытую (как при штамповке на горизонтально-ковочных машинах), а только закрытую. Таким образом, отверстие в утолщенной части штампуемых деталей со стороны пуансона получают при холодной высадке, как правило, обратным выдавливанием.

У крепежных деталей резьбу 2 и 3-го классов точности получают накаткой после предварительного редуцирования, соответствующей части стержня. Диаметр стержня под накатывание резьбы (после редуцирования)

$$d = \sqrt{\frac{d_0^2 + d_1^2}{2}},$$

где d_0 и d_1 — наружный и внутренний диаметры резьбы.

При изготовлении обычных болтов широкое применение находит метод так называемого двойного редуцирования, при котором диаметр исходного прутка принимают на 10—15%, а иногда и на 18% больше диаметра болта и всю стержневую часть болта получают при первом редуцировании. Благодаря этому отношение длины высаживаемой части под головку болта к диаметру нередуцированной части прутка уменьшается. Это позволяет выполнить набор для обычной головки болта за один переход вместо двух.

Наилучшие результаты редуцирования получают после цинкового фосфатирования исходного прутка с последующим его омыливанием. При этих условиях редуцированием за один проход можно уменьшить диаметр заготовки не более чем на 13—16%. В противном случае наблюдается осаживание нередуцируемой части заготовки. Уменьшение диаметра на 40—50% достигается редуцированием за три-четыре перехода, и как правило, без отжига.

Для выполнения соответствующих операций используют различные кузнечно-прессовые автоматы. На высадочных кузнечно-прессовых автоматах, кроме высадки, производят отрезку штучной заготовки от прутка или проволоки, формовку, прошивку и сквозную пробивку, а также редуцирование, выдавливание, гибку. Обрезные кузнечно-прессовые автоматы предназначены для обрезки высаженной ранее головки по требуемому контуру а также калибровки стержня и редуцирования его под накатку резьбы. На вырубных автоматах штампуют гайки и подобные изделия из полосы вырубкой, пробивкой, обжатием фасок, калибровкой граней и т. д.

Для получения готовых изделий иногда необходимо последовательное выполнение операций на различных автоматах. При изготовлении болтов, например, используют высадочный, обрезной и резьбонакатной автоматы, не связанные между собой или объединенные в автоматизированную или автоматическую линию. Кроме того, все операции могут быть выполнены на одном комбинированном автомате.

§ 2. ТИПОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ШТАМПОВКИ НА КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ ХОЛОДНОВЫСАДОЧНЫХ АВТОМАТАХ

В отличие от горизонтально-ковочных машин у большинства холодновысадочных автоматов ось подачи заготовки не совпадает с осью штамповки. На одноударных холодновысадочных автоматах с цельной матрицей 4 (рис. 271, а; см. ГОСТ 12933—67) проволока или пруток 2 подается прерывисто вращающимися желобчатыми роликами 1 через отверстие отрезной матрицы 7 до упора 8. При движении ножа 10 штучная заготовка отрезается от прутка и специальным захватом переносится на ось штамповки. При движении пуансона 5 к матрице 4 заготовка заталкивается в нее до упора в выталкиватель 3, после чего высаживается головка изделия. При обратном ходе пуансона выталкиватель 8 выбрасывает высаженное изделие из матрицы.

На двухударных автоматах (рис. 271, б) после отхода пуансона 5 назад на его место на линию штамповки выдвигается пуансон 12 второго перехода, а выталкиватель вступает в действие только после окончания второго перехода штамповки. Аналогично работают трехударные автоматы (рис. 271, в), у которых на салазках главного пол-

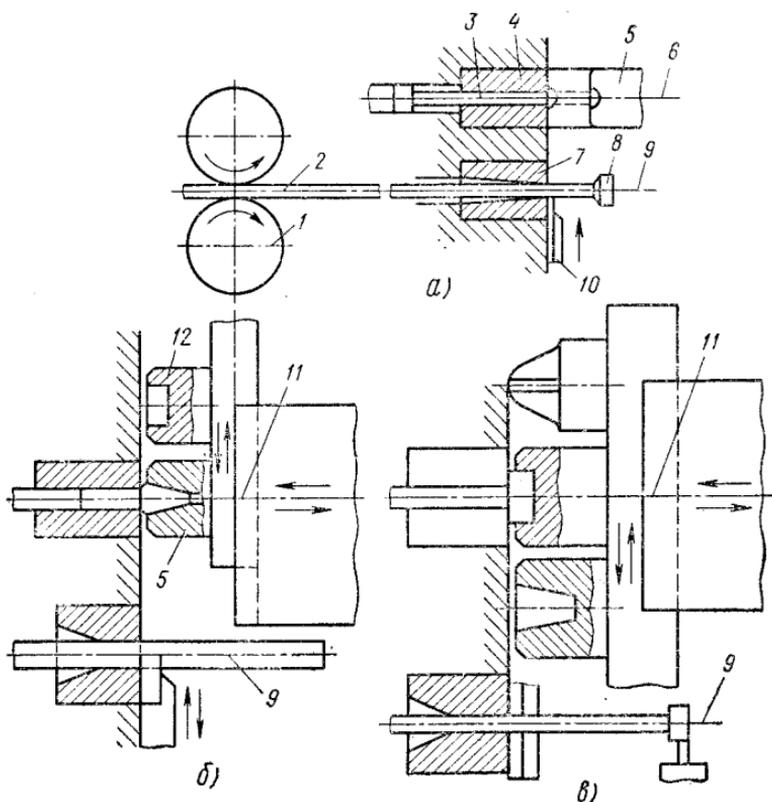


Рис. 271. Схема высадки на холодновысадочном автомате с цельной матрицей

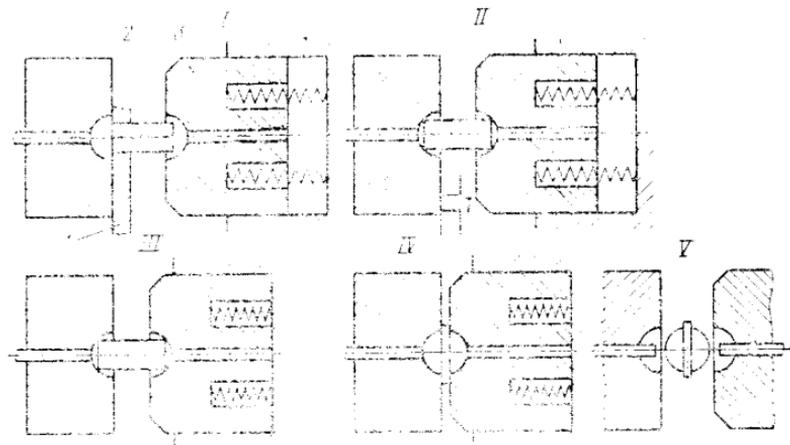


Рис. 272. Штамповка шарика пружиным пуансоном

зуна установлено по три пуансона. На рис. 271 показаны следующие линии: 6 — высадки, 9 — подачи; 11 — штамповки.

При штамповке шариков и роликов подшипников и других изделий небольшой длины заготовки удерживаются с помощью пружин под пуансоном или специальными пальцами.

В первом случае (рис. 272) после перенесения на ось штамповки отрезанной заготовки, удерживаемой ножом 1 и крючком 2, к ней подходит пуансон 3 (I), который вначале загоняет заготовку в матрицу, а затем прижимает ее к матрице пружиной. В этот период нож отходит назад, а крючок перескакивает через заготовку (II). Затем начинается процесс штамповки (III), который заканчивается при крайнем переднем положении ползуна (IV). При обратном ходе пуансона происходит двустороннее выталкивание готового изделия (V).

Во втором случае заготовка, перенесенная на ось штамповки (рис. 273, I), удерживается ножом 1 и крючком 2 и загоняется в матрицу выступом специального рычага 3. Затем заготовка схватывается пальцами 4, что позволяет ножу и крючку отойти назад на ось подачи (II и III). При этом выступ рычага-заталкивателя 3 отходит вправо настолько чтобы козырек 5, препятствующий повороту заготовки при ее отрезке, не задел за заготовку. Далее подходит пуансон 6 и сразу же после его соприкосновения с заготовкой пальцы 4 быстро расходятся, позволяя выполнить штамповку (IV и V).

Аналогично действуют механизмы для одновременного переноса заготовок из ручья в ручей в многопозиционных автоматах (рис. 274), рассчитанных на четыре или пять одновременно выполняемых переходов с выдачей по одному готовому изделию за каждый двойной ход главного ползуна. На этих автоматах, кроме высадочных работ, также успешно выполняются штамповку от прутка изделий со сквозным отверстием, например гаек (рис. 275). Также высока производительность у двухударных автоматов с двумя линиями подачи (рис. 276) и тремя пуансонами, средний из которых поочередно ис-

пользуется на обних линиях. У этих автоматов оси подачи совпадают с осями штамповки, а готовые изделия от проволоки отрезают после высадки и очередной подачи.

Обычно на холодновысадочных автоматах с разъемной матрицей 1 (рис. 277, см. ГОСТ 13931—68) после подачи исходного прутка 3 сквозь отверстие отрезной втулки 4 и разожженных матриц 5 до упора 6 шпунтовая заготовка зажимается матрицами и переносится на ось штамповки. При этом она отрезается от прутка. Затем незажатый матрицами ее конец обрабатывается одним, двумя или тремя пуансонами в зависимости от устройства автомата. После этого матрица сдвигается обратно на линию подачи и разжимается, а готовое изделие выталкивается торцом исходного прутка при очередной его подаче (на рис. 277 1 — линия подачи; 2 — линия высадки).

Редуцирование стержня для подготовки его под накатку резьбы часто совмещают с обрезкой граней высаженной головки по контуру шестигранника. Обрезные автоматы со шпунтовой подачей заготовок к матрицам имеют бункерную загрузку. Изделие 2 (рис. 278) обрезают подвижной матрицей 1 после заталкивания стержня в матрицу 4 и редуцирования его через суженую часть отверстия в этой матрице. Обрезанная заготовка выталкивателем 5 выбрасывается сквозь матрицу 2 через отверстие в ползуне автомата (3 — фильтр; 6 — заусенец).

Существуют также различные способы безотходной штамповки болтов, в том числе: с высадкой фасонной головки болта в матрице, с формовкой головки обжимками на болтоковочной машине и, наконец, путем редуцирования шестигранного или другого исходного прутка, имеющего профиль по размерам головки.

На вырубных автоматах полоса исходного материала подается прерывисто вращающимися роликами в направлении, перпендикулярном к оси штамповки. При изготовлении шестигранных гаек

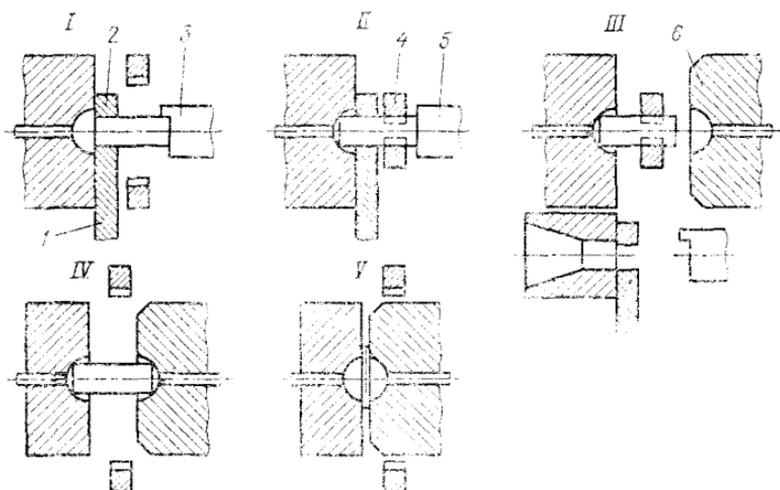


Рис. 273. Штамповка шарика пуансоном без пружин

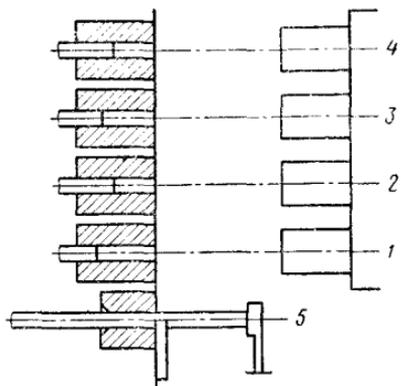


Рис. 274. Схема штампов многопозиционного холодновысадочного автомата:

1-4 — линии штамповки; 5 — линия подачи

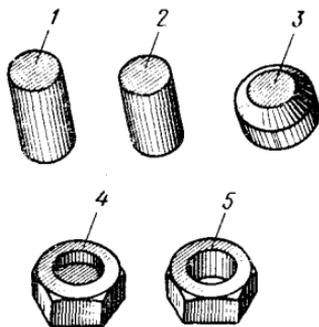


Рис. 275. Переходы штамповки гайки:

1 — после отрезки; 2 — калибровки и образования небольших фасок; 3 — осадки бочонка; 4 — формовки и 5 — пробивки

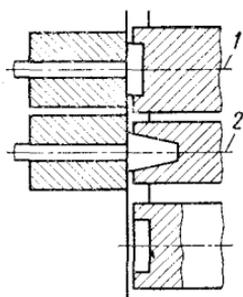


Рис. 276. Схема штампов двухпозиционного холодновысадочного автомата с двумя линиями подачи:

1 и 2 — линии подачи и штамповки

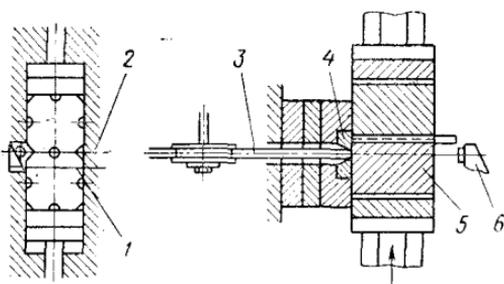


Рис. 277. Схема штампов однопозиционного холодновысадочного автомата с разъемной матрицей

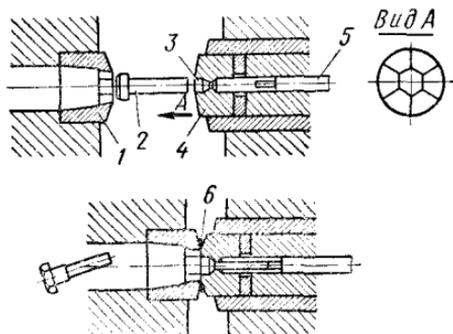


Рис. 278. Схема обрезки граней головки болта и выдавливания его стержня под накатку резьбы

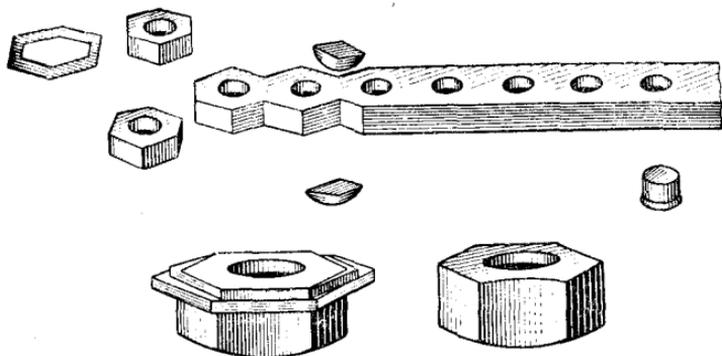


Рис. 279. Технология изготовления гайки из полосы на вырубном автомате

(рис. 279) в полосе сначала пробивают отверстие, затем через несколько ходов подачи срезают две пары граней гайки и наконец ее отрезают от полосы, обжимают фаски и зачищают грани путем среза припуска металла по контуру при проталкивании гайки сквозь матрицу с режущими кромками.

§ 3. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ШТАМПОВКИ НА КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ АВТОМАТАХ

Кузнечно-прессовые автоматы подбирают с учетом размеров изделий, потребного числа переходов штамповки, типа матриц (цельные или разъемные) и вида исходного материала. В характеристиках существующих автоматов указаны размеры изделий, которые можно на них штамповать. Основные параметры отечественных автоматов стандартизованы. Характеристики изделий, штампуемых на стандартных холодновысадочных автоматах, указаны в справочнике [14]. На обрезных автоматах по ГОСТ 5626—70 обрезают головки изделий, имеющих стержень диаметром 4—20 мм. На резьбонакатных автоматах с плоскими плашками по ГОСТ 6283—67 накатывают резьбы диаметром 2,5—24 мм при длине стержня изделия соответственно до 25—200 мм. На проволочно-гвоздильных автоматах штампуют гвозди диаметром 0,7—6 мм при длине 6—200 мм. Специализированные шариковысадочные автоматы предназначены для штамповки шариков диаметром 6—25 мм, холодновысадочные четырехпозиционные гаечные автоматы по ГОСТ 6414—68 — для гаек до М20. Более подробные сведения приведены в справочнике [14].

При расчете усилий холодной высадки часто прибегают к эмпирическим формулам, в которых, в частности, вместо площади проекции высаживаемого изделия на плоскость, перпендикулярную направлению движения главного ползуна, учитывают обычно диаметр исходного материала и используют ряд опытных коэффициентов, учитывающих: форму высаживаемой головки, штампуемость материала и т. д. Допустимое усилие при высадке на отечественных одноударных автоматах определяют из условий высадки изделия с полукруг-

дой головкой диаметром $1,8d$ и высотой $0,6d$; при высадке на двухударных автоматах — из условий высадки изделия с цилиндрической головкой диаметром $2d$ и высотой $0,75d$ (d — диаметр стержня изделия в мм из стали с пределом прочности 600 Н/мм^2 (60 кгс/мм^2)). Проверив выбранный автомат по усилию высадки, производят по мере надобности поверочные расчеты усилий подачи, реза, выталкивания и т. д. При многопереходном редуцировании требуемое усилие вследствие упрочнения материала возрастает от перехода к переходу на 15 — 25% . Усилие выталкивания заготовок из матриц составляет 15 — 25% от номинального усилия редуцирования.

Увеличение размеров штампуемых изделий против указанных связано с необходимостью повышения усилия штамповки и чрезмерной громоздкостью требуемых кузнечно-прессовых автоматов. Снижения необходимого усилия можно достичь применением нагрева под штамповку. Однако в этом случае штампуют с нагревом только до 600 — 800°C (полугорячая штамповка), чтобы не испортить поверхность заготовок и изделий.

При полугорячей высадке точность размеров и шероховатость поверхности снижаются.

Кроме высадочных пуансонов, цельных или разъемных высадочных матриц, подающих роликов и направляющих втулок, в комплект штампа холодновысадочного автомата (в соответствии с устройством автомата) входят также или отрезная матрица, или отрезной нож и выталкивающий палец. При конструировании штампов все габаритные размеры этих деталей (за исключением размеров их рабочих частей) берут из характеристики автомата. Радиусы канавок у подающих роликов и у режущей кромки отрезного ножа определяют по наибольшему диаметру обрабатываемого материала с прибавлением верхнего отклонения на неточность изготовления этих канавок. Диаметр рабочего отверстия отрезной матрицы принимают примерно на $0,6\%$ больше наибольшего диаметра обрабатываемого материала. Диаметр входного отверстия отрезной матрицы принимают примерно на 20% больше диаметра обрабатываемого материала. При этом переход от входного отверстия к рабочему отверстию делают коническим с углом 20 — 30° при вершине конуса. Диаметр рабочего отверстия цельной высадочной матрицы делают по диаметру стержня высаживаемого изделия. Отверстие для редуцирования стержня выполняют (рис. 278) с коническим входом (с углом 10 — 12° при вершине конуса), цилиндрической рабочей ленточкой шириной $0,8$ — 2 мм и коническим выходом (с углом 24 — 30° при вершине конуса). Процесс редуцирования протекает более устойчиво, если перед входом в матрицу заготовка проходит через цилиндрический направляющий контейнер с посадкой в нем A/X или A/X_3 . Для уменьшения переходного конического участка на изделии входной угол в матрице может быть увеличен с 10 до 25 — 30° , однако при этом усилие на редуцирование возрастает на 30 — 50% . Дальнейшее увеличение входного угла приводит к осаживанию нередуцируемой части заготовки. Величина искривления редуцированной части заготовки уменьшается с увеличением диаметра заготовки, не зависит от других факторов

и может быть немного снижена только при устраниии выходного конуса в матрице, т. е. при замене его плоской ступенькой.

Чтобы иметь в разъемных высадочных матрицах достаточно плотное зажатие обрабатываемого материала и в то же время избежать образования заусенца по разьему, диаметр зажимной части матрицы следует выполнять по наибольшему диаметру обрабатываемого материала или чуть меньше. Размеры утолщенной части окончательного ручья в пуансоне и матрицах делают по соответствующим размерам высаживаемого изделия. Минимальный зазор между торцами пуансона и матрицы назначают равным 0,2 мм. При двухпереходной штамповке во избежание образования заусенца между пуансоном и матрицей при наборе объем утолщенной части наборного ручья делают с запасом примерно на 8% больше объема высаживаемой части изделия. При определении размеров заготовки по переходам руководствуются рекомендациями, изложенными выше (см. § 1).

Штампы для кузнечно-прессовых автоматов изготовляют преимущественно из сталей У8—У10А, ШХ15, Х12М и 35ХГСА со вставками, сделанными из твердых сплавов типа ВК10 и ВК15, для наиболее изнашиваемых частей матриц. Вставки запрессовывают в корпус матрицы. Стойкость матриц можно повысить также хромированием рабочих отверстий и применением струйной закалки до RC 62 и выше. Стойкость инструмента резко колеблется в зависимости от его назначения, а также от размеров и материала штампуемых изделий и составляет: у отрезных матриц 10 000—600 000, высадочных 5000—50 000 и обрезных 22 000—150 000; у пуансонов наборных 35 000—400 000, формовочных 32 000—480 000 и обрезных 3500—28 000 шт. изделий.

Производительность самых тяжелых современных автоматов составляет 35—50, самых легких около 400—500 и более (до 800) изделий в минуту. При соответствующих такой производительности скоростях деформации высадка сопровождается интенсивным выделением теплоты. Охлаждение штампов совмещается со смазкой и осуществляется обильной струйной подачей в ручей мыльной эмульсии или других смазывающих и охлаждающих жидкостей.

§ 4. ХОЛОДНАЯ ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА НА ПРЕССАХ

Разнообразные мелкие изделия сложной формы вместо обработки на металлорежущих станках успешно изготовляют холодной объемной штамповкой. Штамную главным образом на чеканочных прессах (см. гл. XI, § 5). Процесс расчленяется на достаточно большое число операций: вырубку заготовки из полосы или отрезку ее от прутка, осадку или осадку с выдавливанием, формовку или несколько формовок, в том числе с выдавливанием, обрезку заусенца, калибровку по контуру и калибровку в плане (объемную и плоскостную). При этом к пластичности исходного материала предъявляют еще более высокие требования, чем при холодной высадке. Исходные заготовки перед штамповкой подвергают безокислительному отжигу на HB 187—200 (не более). Кроме того, отжиг для снятия наклепа

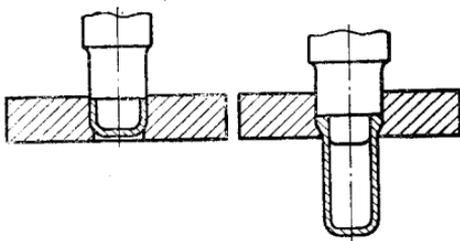
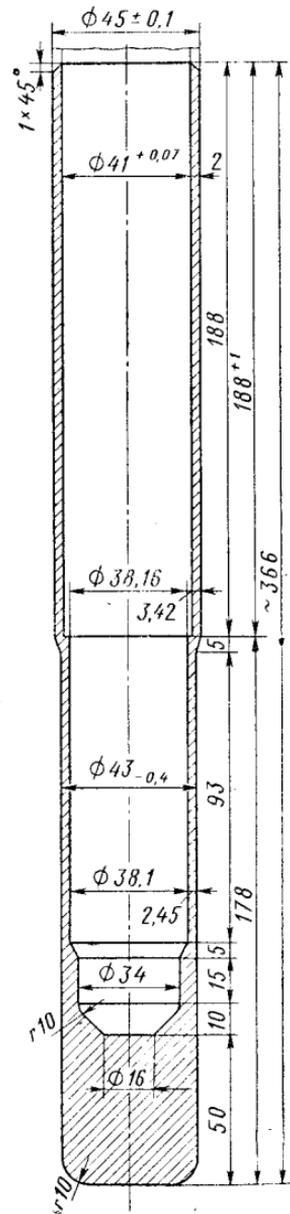


Рис. 280. Схема прямого выдавливания гильзы из стаканчика

Рис. 281. Направляющая труба телескопической вилки →



применяют обычно после каждой штамповочной операции. После каждого отжига поверхность заготовки тщательно очищают. Штамную в открытых и закрытых ручьях при обильной смазке. Давление на рабочие поверхности штампов достигает $2,0\text{--}2,15 \text{ кН/мм}^2$ ($200\text{--}215 \text{ кгс/мм}^2$). Штампы изготовляют сборными со сменными ручьевыми вставками, выталкивателями, направляющими колонками и втулками. Для предохранения матриц от разрушения применяют бандажные и многобандажные конструкции с натягом. При этом стойкость ручьевых ставок составляет $3000\text{--}12\,000$ шт. В результате изделия получаются с допусками на размеры в пределах $0,02\text{--}0,05 \text{ мм}$ и шероховатостью поверхности по 6—8-му классам.

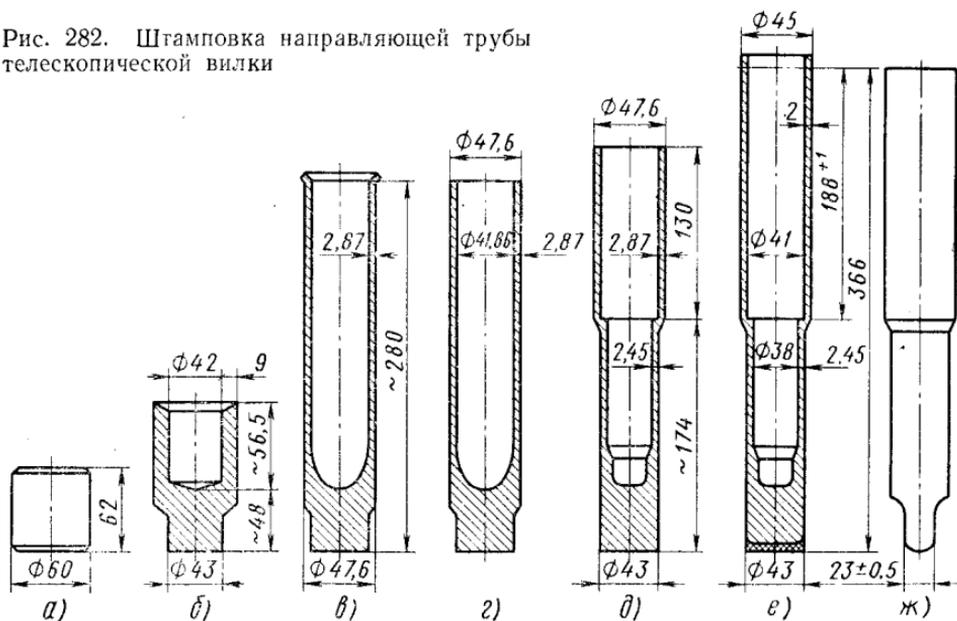
Все большее распространение находит холодное выдавливание изделий типа цилиндра, стакана, гильзы, баллона, корпуса игольчатого подшипника и т. п. В зависимости от формы изделий применяют обычно один из трех методов: 1) обратное выдавливание заготовки-шайбы, укладываемой на дно закрытой матрицы; 2) прямое выдавливание цилиндрической или фасонной заготовки (см. рис. 199, б) 3) прямое выдавливание полой заготовки (рис. 280), полученной вытяжкой или гибкой из листового металла. При любом методе заготовка должна иметь точные объем и размеры. Ее поверхность после предварительного отжига подвергают специальной обработке (очистке, обезжириванию, фосфатированию и нанесению смазки). Для штамповки, кроме чеканочных, применяют различные кривошипные и гидравлические прессы с достаточным усилием, с соответствующей величиной хода и при достаточной жесткости, а также специализированные машины, в том числе автоматы. Габаритные размеры изделий, штампуемых холодным выдавливанием, непре-

равно увеличиваются. Внедрение холодной объемной штамповки выдавливанием при изготовлении массовых изделий дает исключительно большую экономию металла и высвобождает огромный парк металло-режущих станков.

Чтобы получать подобные детали сложной формы, необходимо выдавливание сочетать и чередовать с другими методами штамповки. Например, направляющую трубу телескопической вилки (рис. 281) из стали штампуют за пять операций. Заготовки (рис. 282, а) режут на пилах и после отжига, травления и фосфатирования подвергают комбинированному выдавливанию (рис. 282, б). При этом нижняя часть подвергается прямому, верхняя — обратному выдавливанию. Затем вся заготовка после вторичного отжига, травления и фосфатирования проходит прямое выдавливание (рис. 282, в), затем у нее подрезают торец (рис. 282, г). После третьего отжига, травления и фосфатирования нижнюю часть почти готовой детали протягивают через кольцо (рис. 282, д), а верхнюю — калибруют также протяжкой через кольцо (рис. 282, е). После подрезки торца до окончательного размера нижнюю часть свободно обжимают на плоских бойках до размера $23 \pm 0,5$ (рис. 282, ж). Норма расхода материала 1630 г. Почти все отходы получаются при разделке прутка на заготовки (масса заготовки 1370 г). Отходы при штамповке составляют менее 1%.

Процессы холодной объемной штамповки изучены еще недостаточно. Научно обоснованных методов расчета переходов штамповки пока нет. При проектировании подобных процессов число необходимых штамповочных операций устанавливают с учетом допустимых степеней утонения стенок и уменьшения площадей поперечных сечений за каждую операцию. Опытные нормы допустимых степеней деформации при холодной осадке, прямом и обратном выдавливании,

Рис. 282. Штамповка направляющей трубы телескопической вилки



протяжке и калибровке через кольца приведены в справочнике [14]. Число необходимых отжигов устанавливается также опытным путем.

Своеобразный способ холодной объемной штамповки нашел применение в производстве медицинского инструмента. После обычной горячей штамповки отделочная обработка поверхности медицинского инструмента является исключительно трудоемкой, поскольку из-за его сложной формы часто нельзя применять станочное оборудование. Тогда исходные заготовки в виде тел вращения с соответствующим долевым контуром изготавливают из прутка на токарном станке или редуцированием. Затем ее укладывают плашмя и обжимают на плоских или фасонных бойках или же в ручьях но без образования заусенца, и таким образом получают окончательную форму и размеры всего изделия или большей его части. При применении для этого штампов с ограничителями используют не только чеканочные прессы, но также кривошипные и гидравлические с работой враспор.

Глава IX

ШТАМПОВКА НА МАШИНАХ УЗКОГО НАЗНАЧЕНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ

§ 1. РАБОТА НА ГИБОЧНЫХ МАШИНАХ

Способы гибки и конструирование деталей, получаемых гибкой

Особенности процесса и оборудование. Для гибочных работ могут быть использованы любые молоты и прессы. Однако сочетание технологических требований, предъявляемых при гибке (большие размеры штампового пространства, большой рабочий ход и относительно небольшие усилия, необходимые для гибки), делают более рациональным использование в этих целях специализированных кривошипных горизонтально-гибочных машин — бульдозеров, особенно при гибке крупногабаритных, но относительно легких изделий.

К нагреву под гибку прибегают только при обработке малопластичных металлов или с относительно малым радиусом изгиба, при недостаточном усилии гибочных машин или при сочетании гибки со значительными изменениями профиля изгибаемой заготовки, с пробивкой, резкой и некоторыми другими операциями. Углеродистые конструкционные стали рекомендуется нагревать до $920\text{—}950^\circ\text{C}$. Для гибки наиболее широко применяют машины обычных конструкций усилиями $0,5\text{—}5,0\text{ МН}$ ($50\text{—}500\text{ тс}$) и быстроходные усилиями $0,1\text{—}0,2\text{ МН}$ ($10\text{—}20\text{ тс}$).

Конструкция изделий. При гибке в штампах заготовка в местах изгиба искажается, как при свободной гибке (см. гл. IV, § 5). Однако в отличие отковки профиль после гибки обычно не исправляют. Вместе с тем изделия, изготовляемые гибкой, почти не подвергают последующей механической обработке. Поэтому для облегчения процесса гибки желательно при составлении чертежа изделия сделать все необходимое, чтобы по возможности избежать гибки на ребро; обеспечить внутренние радиусы изделия в местах изгиба по возможности наибольшими; незначительные отклонения размеров в результате искажения профиля в местах изгиба не учитывать и в чертеже не указывать; допуски на поперечные размеры при холодной гибке проставлять те, какие обеспечивают данный процесс гибки из исходной заготовки, а при горячей гибке, учитывая окалину, увеличить нижнее отклонение, сообразуясь со способом нагрева; учитывая возможность большого пружинения и колебаний при усадке излишне не уменьшать допуски на углы и габаритные размеры изделия, чтобы не вводить дополнительных правочных операций.

Классификация изделий. По форме, определяющей выбор переходов гибки, изделия разбивают на три группы (рис. 283). К I и II группам относятся изделия, изогнутые в одной плоскости. В I груп-

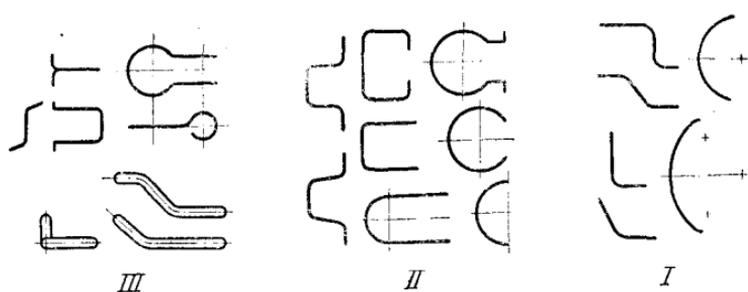


Рис. 283. Типовые контуры трех групп изделий, изготавливаемых гибкой

пу входят изделия, изогнутые по дуге не более 180° , а также изогнутые под углом в одном или двух местах, причем каждый из углов изгиба не должен превышать 90° . В I группу не входят изделия типа скоб с параллельными концами, которые относятся ко II группе, включающей также изделия, изогнутые по дуге 180° и более, а также изогнутые в трех и более местах, включая изделия полузамкнутого и замкнутого контуров. К III группе относятся изделия, требующие гибки в двух и более плоскостях.

Штампы. Для гибки применяют одноручьевые и многоручьевые штампы. Гибку изделий I группы производят за один переход в простых одноручьевых штампах; гибку изделий II группы — за один переход в сложном штампе или за несколько переходов. Изделия III группы ввиду сложности одноручьевых штампов для них изгибают за несколько переходов в многоручьевых штампах.

Разработка технологического процесса

Задача правильного расчленения процесса на переходы сводится к разработке варианта, при котором, применяя простые штампы (как для изделий I группы), можно было бы получить готовую деталь за минимальное число переходов. Переходы разрабатывают в порядке, обратном технологическому процессу. При рассмотрении формы готового изделия необходимо отыскать наиболее простую промежуточную форму, из которой можно было бы получить готовую деталь путем гибки не более чем в двух углах или по дуге, причем каждый из этих углов не должен превышать 90° , а дуга должна быть не более 180° . Получив таким образом требуемую промежуточную форму заготовки, следует, предъявляя к ней эти требования, подобрать следующую промежуточную форму и так до тех пор, пока не будет получена прямая заготовка. Правильное решение этой задачи обеспечит минимальное число переходов и выявит промежуточные формы заготовки по переходам.

Длину исходной заготовки и размеры ее участков, какие необходимо подсчитывать для определения промежуточных форм при многоручьевой гибке, определяют разверткой изделия по нейтральной линии изгиба, положение которой в процессе пластической гибки

смещается от линии, соединяющей центры тяжести площадей поперечных сечений заготовок, в сторону внутреннего радиуса гибки. Величина смещения зависит от формы сечения и отношения внутреннего радиуса R к толщине s изгибаемого профиля. На практике положение нейтральной линии по отношению к внутренней поверхности в зоне изгиба учитывают коэффициентом x , зависящим только от отношения R/s (рис. 284).

Длина исходной заготовки $L = \sum l + \sum \frac{\pi \alpha}{180^\circ} \rho$ (первая сумма есть суммарная длина прямолинейных участков, вторая — суммарная длина дуг, взятых по нейтральным линиям на изогнутых участках изделия, причем радиусы нейтральных линий $\rho = R + xs$).

Однако результаты расчета получаются неточными и требуют практического уточнения при наладке штампов, для чего установочные упоры выполняют регулируемыи.

Анализ технологических процессов гибки подробно изложен в работах Е. Н. Мошнина и др. Усилия гибки значительно возрастают, если процесс заканчивать обжатием согнутой заготовки с целью правки. Необходимость правки вызывается уводом отдельных частей заготовки во время гибки. Чтобы уменьшить потребное усилие, желательно гибку оканчивать до обжатия, а еще лучше — до момента соприкосновения между пуансоном и матрицей через заготовку. Для этого следует предусмотреть в штампе прижим, который не только фиксирует положение заготовки при укладке ее в штамп, но и препятствует уводу ее частей во время гибки. До момента соприкосновения пуансона с матрицей через заготовку усилие гибки

$$P = kf\sigma_b,$$

где σ_b — предел прочности обрабатываемого материала при температуре окончания гибки; f — площадь поперечного сечения заготовки, мм²; k — опытный коэффициент, определяемый по соответствующим таблицам с учетом вида и температуры гибки, материала изделия и размеров l , R и r (рис. 285). При гибке с упором пуансона в матрицы через заготовку усилие

$$P = f\sigma_b \left(\cos \frac{\alpha}{2} + \mu \sin \frac{\alpha}{2} \right) + Q,$$

где α — угол изгиба; μ — коэффициент контактного трения между заготовкой и матрицей (при горячей гибке $\mu = 0,5$, при холодной

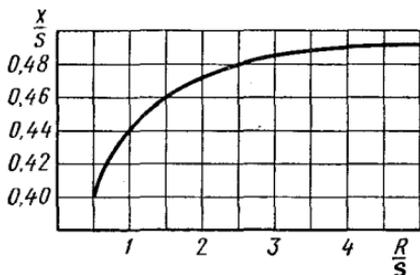


Рис. 284. Коэффициент смещения нейтральной линии при гибке (по Е. Н. Мошнину)

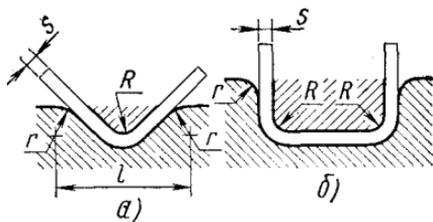


Рис. 285. Размеры заготовки к расчету усилий гибки

гибке $\mu = 0,4 \div 0,5$ и снижается до $0,1—0,15$ с повышением шероховатости поверхности заготовки и применением смазки); Q — усилие прижима, которое составляет $(0,1 \div 0,5) P$ и зависит от соотношения размеров изделия и угла изгиба.

На практике часто используют упрощенные формулы, по которым при холодной гибке по дуге или на угол (рис. 285, а) без последующего обжатия потребное усилие

$$P = 1,1 \frac{Bs^2\sigma_B}{l};$$

с обжатием для правки

$$P = 1,1 \frac{Bs^2\sigma_B}{l} + Fp \sqrt{s};$$

при такой же, но горячей гибке с полным обжатием

$$P = \left[1,1 \frac{Bs^2}{l} + \left(1,5 + 0,15 \frac{\sqrt{F}}{s} \right) F \right] \sigma_B;$$

при холодной гибке в двух углах (рис. 285, б) без последующего обжатия

$$P = 0,7 \frac{Bs^2\sigma_B}{R+s};$$

с обжатием для правки

$$P = 0,7 \frac{Bs^2\sigma_B}{R+s} + Fp \sqrt{s};$$

при такой же, но горячей гибке с полным обжатием

$$P = \left[0,7 \frac{Bs^2}{R+s} + \left(1,5 + 0,15 \frac{\sqrt{F}}{s} \right) F \right] \sigma_B,$$

B — ширина изгибаемого изделия, мм; s , l и R — см. на рис. 285; F — площадь проекции части изделия, зажатой между пуансоном и матрицей, на плоскость, перпендикулярную движению ползуна машины, мм²; p — удельное давление правки при гибке в Н/мм², значения которого даны в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

Площадь проекции, мм ²	Характер правки		
	Легкая	Средняя	Полная
До 10 000	10	30	50
10 000—20 000	7	20	35
20 000—50 000	5	15	25
Свыше 50 000	4	12	20

Конструирование гибочных ручьев и конструкции гибочных штампов

Гибочный ручей не должен обжимать всю обрабатываемую деталь. Концы обрабатываемой детали, не подвергающиеся деформации, могут выходить за габаритные размеры ручья. В этом случае кромка ручья с той стороны, с какой входит в него изгибаемая заготовка, должна быть закруглена по радиусу, равному толщине изгибаемой детали. Продольные размеры ручья выполняют по чертежу перехода, а при горячей гибке стальных изделий учитывают также усадку 0,8—1,2% в зависимости от температуры окончания гибки, принимаемой соответственно от 650—700 до 800—850° С. Так как изогнутая заготовка обычно плотно облегает каждый угол пуансона (или матрицы), входящий в нее при гибке, радиусы закругления этих углов должны быть выполнены также по чертежу перехода. Соответственные им внутренние радиусы закругления в матрице (или в пуансоне) должны быть уменьшены против указанных в чертеже изделия с тем, чтобы изгибаемая деталь здесь не обжималась и между ней и поверхностью ручья оставались зазоры до 1,5—2 мм. Это облегчает ее обжатие в других местах.

Чтобы свободные концы изделия не отклонялись от плоскости изгиба, рекомендуется ограничить ручей сверху и снизу дополнительными выступами в виде полок в тех местах, где пуансон или матрица непрерывно от начала до окончания гибки соприкасаются с заготовкой.

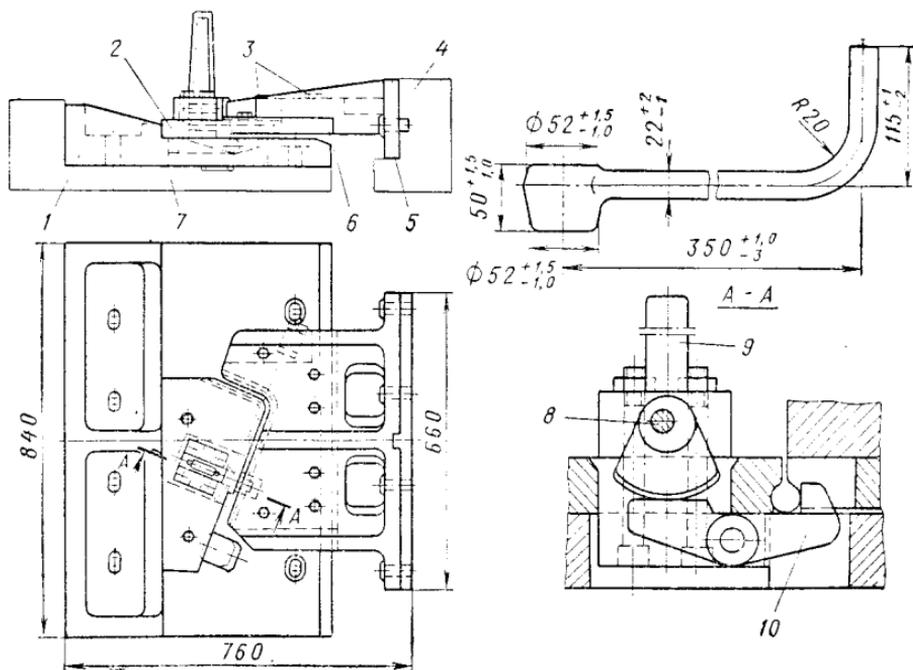


Рис. 286. Гибочный штамп для рукоятки

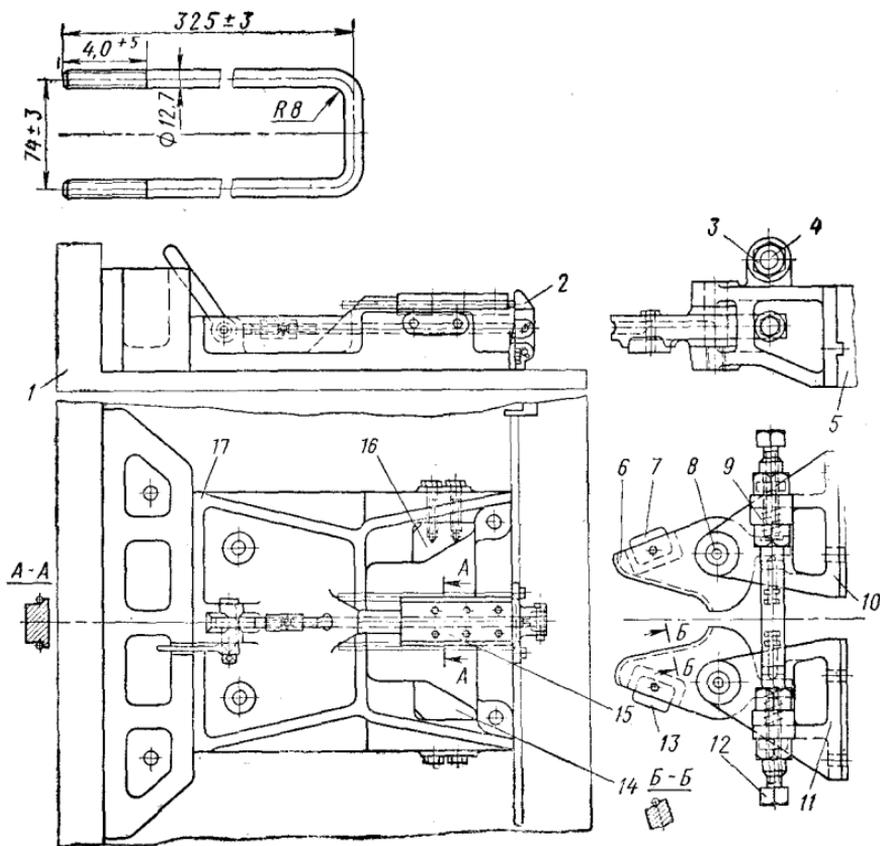


Рис. 287. Сложный гибочный штамп для хомута

Полки на пуансоне (или матрице) следует предусматривать также во избежание образования складок при гибке полосы на ребро, а также гибке углового железа, швеллера и двутавра.

Тогда гофр, образующийся при гибке на ребро, не выходит за пределы допуска, что устраняет или значительно облегчает последующую правку изделий. Изделия при этом застревают в гибочных штампах. Поэтому эти полки, имея жесткое крепление, в то же время должны легко откидываться при удалении изогнутых изделий.

В неподвижной части штампа предусматривают опоры для заготовки, необходимые при укладке ее в ручей. Укладывают заготовку по упору, расстояние до которого ориентировочно подсчитывают при расчете длины заготовки. Положение правильно уложенной заготовки должно, за редким исключением, фиксироваться откидным прижимом. Такой прижим рекомендуется приводить в действие с помощью эксцентрика, рычагом вручную. Желательно, чтобы прижим откидывался автоматически. Поэтому хорошо работают прижимы от пневматических цилиндров, трехходовой кран управления которых легко может быть связан с ходом ползуна машины,

Вследствие упругих деформаций станины и деталей кривошипно-шатунного механизма машины, а также зазоров в сочленениях этих деталей, фактическая длина штампового пространства машины больше указанной в ее характеристике. Так как эти отклонения зависят от усилий штамповки, которые в различных переходах различны, то в конструкции многоручьевых штампов следует предусматривать возможность независимой настройки для каждого перехода.

Пуансоны и матрицы для горячей гибки изготавливают из стали типа 8ХЗ или 5ХГС с *HV* 352—388. Наиболее изнашиваемые вставки для них изготавливают из стали 4Х8В2 или 6ХВ2С с *HV* 368—415; пуансоны и матрицы для холодной гибки простые — из стали У10, ШХ15 или 8ХЗ с *RC* 56—60, сложные — из сталей Х12М, Х12Ф1 или 5ХВ2С, а вставки для них — из стали У10А или ШХ15 с той же твердостью.

Конструкции гибочных штампов разнообразны. Приведенные ниже конструкции дают лишь общее представление об устройстве некоторых из них.

Матрица 6 (рис. 286) болтами 3 закреплена снизу к державке 5. На тыловой стороне державки имеется горизонтальный шлицевой выступ, входящий в узкую часть Т-образного паза в ползуне 4 горизонтально-гибочной машины. Пуансон 2 укреплен на плите 1, которая крепится на столе 7 машины. Заготовку укладывают на плиту 1, продвигают по ней до упора и при повороте рычага 9 с помощью эксцентрика 8 прижимают рычагом 10 к пуансону. Для освобождения готовой после гибки поковки требуют повернуть рычаг 9 в обратную сторону.

На рис. 287 матрицы 6 и 12 с помощью осей 8 укреплены в державках 10 и 11, закрепленных в ползуне 5 машины, и связаны между собой шпилькой 4 с четырьмя гайками 3. На неподвижной плите 17, опирающейся на стол 1 машины, укреплены пуансоном 15, механизм зажима заготовки при укладке 2 и сухари 14 и 16, скользя по которым в конце рабочего хода вкладыши 13 и 7 принуждают матрицы повернуться вокруг оси 8 и обжать заготовку по контуру пуансона. При обратном ходе ползуна пружины 9 возвращают матрицы в исходное положение.

§ 2. ПРОКАТКА

В прокатном производстве изготовление специального профильного и периодического проката в качестве заготовок под штамповку непосредственно под механическую обработку и сборку целесообразно только партиями, размеры которых должны быть не ниже минимума, устанавливаемого в каждом отдельном случае. Этот минимум определяется не только требованием окупаемости прокатных валков и другой специальной оснастки, но и всей организацией производства в прокатных цехах металлургического завода. Поэтому, когда объем заказа ниже этого минимума, производство таких видов проката организуют в машиностроении — в кузнечных цехах.

Для изготовления профильного проката используют мелкие специализированные станы продольной прокатки преимущественно двухвалковые (рис. 288, а). Периодический прокат изготавливают на специализированных станах продольной и поперечной прокатки.

Для продольной прокатки периодического проката кроме двухвалковых применяют также станы непрерывной прокатки, имеющие по две или по три пары валков (рис. 288, б). Эти валки размещаются в стане попарно соответственно в двух или трех параллельных пло-

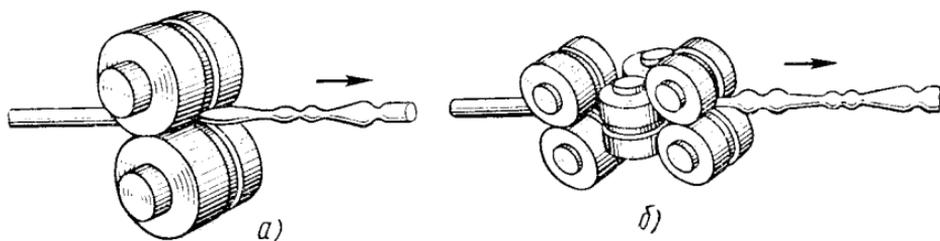


Рис. 288. Схемы станов для продольной непрерывной прокатки периодического проката

скостях, перпендикулярных направлению проката. При этом оси валков у каждой последующей пары расположены по отношению к осям предыдущей пары под прямым углом. Прокатке подвергают штанги или короткие штучные заготовки. В последнем случае стан снабжен механизмом для последовательного заталкивания заготовки в каждую пару валков. На валках нарезают кольцевые ручьи, геометрическая развертка которых соответствует форме обработанного в них проката.

Периодический прокат, полученный продольной прокаткой, в местах постоянного поперечного сечения (овального, прямоугольного, двутаврового и др.), а также при незначительных изменениях этого сечения по длине желательно изготовлять по размерам готовой поковки (или готовой детали). Тогда при последующей его штамповке деформируют не всю заготовку, а только отдельные ее части. Например, при штамповке балки передней оси автомобиля или трактора из периодического проката обрабатывают только концы балки, а среднюю часть, имеющую обычно двутавровое сечение, оставляют такой, какой она получилась при прокатке, или подвергают только незначительной гибке.

Чем сложнее форма поперечного сечения проката, тем больше требуется проходов при продольной прокатке. При недостаточном числе проходов (при упрощенной калибровке) на прокате образуется боковой заусенец, подлежащий обрезке.

При соответствующем устройстве ручьев продольной прокаткой за один проход можно получать расположенные в линию поштучно или попарно — валетом простейшие заготовки, объединенные по всей длине проката общим заусенцем, подлежащим обрезке. Этот метод прокатки применим, например, при производстве корпусов разводных ключей (рис. 289), звеньев цепей, хозяйственных ножей, столовых ножей, некоторых медицинских инструментов и т. д. и является, пожалуй, наиболее производительным способом их изготовления. Однако потери металла в заусенец получаются при этом обычно большими, чем при штамповке этих изделий на молотах и прессах. Применить в таком случае непрерывную прокатку в два и более проходов, чтобы уменьшить заусенец или изготовлять заготовки более сложной формы, пока еще не удавалось из-за неустойчивости размера периода проката по длине и вытекающей отсюда



Рис. 289. Продольная прокатка заготовок разводных ключей

невозможности правильной заправки обрабатываемого прутка в ручьи второй и последующих пар валков.

Для получения периодического проката поперечной прокаткой используют двух- (рис. 290) и трехвалковые станы с неизменяемым и трехвалковые станы с изменяемым во время прокатки расстоянием между осями валков (рис. 291). Благодаря косому (непараллельному) расположению осей валков обрабатываемая заготовка на всех этих станах получает винтообразное движение.

На станах с неизменным расстоянием между осями валков процесс непрерывного изменения формы заготовки производится путем ввинчивания ее в пространство, образованное между вращающимися валками, на поверхности которых сделаны ручьи по винтовой линии. При каждом обороте валков определенная порция металла исходной цилиндрической заготовки, объем которой равен объему прокатываемого изделия, захватывается винтовым калибром и, непрерывно деформируясь, превращается в относительно короткое тело вращения заданной формы. В последнем витке калибров реборды на валках могут быть сделаны с таким расчетом, чтобы происходило полное отделение изделия от остальной части заготовки.

При поперечной прокатке на двухвалковом стане создается та же схема напряженного состояния, как при вытяжке круглой заготовки на плоских бойках. Поэтому при прокате в винтовых калибрах на станах с постоянным расстоянием между осями валков неизбежно образование рыхлот в сердцевине заготовки (особенно в местах, неподвергаемых большим обжатиям)*. Если такой прокат в дальнейшем не подвергают штамповке, то следует учитывать, что в отдельных случаях рыхлоты в сердцевине детали по условиям эксплуатации могут не иметь значения, в других случаях они совершенно недопустимы. Образуясь в процессе прокатки лишь на отдельных участках прутка, они обычно не получают контакта

* На использовании этого построен процесс прошивки заготовок при производстве бесшовных гладких труб.

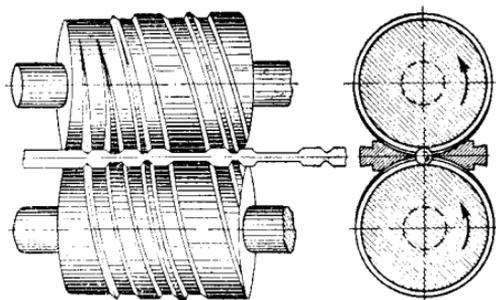
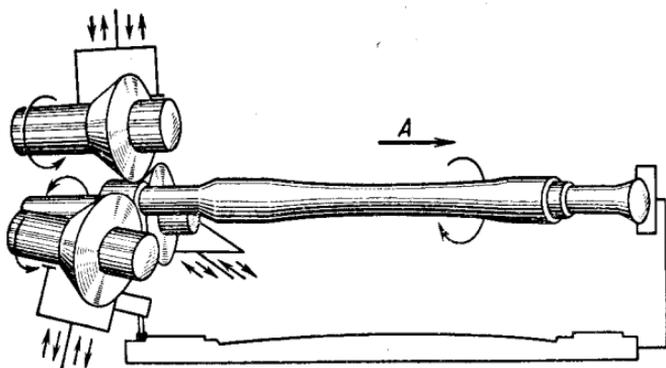


Рис. 290. Схема стана для поперечной прокатки периодического профиля

Рис. 291. Схема трех-
валкового стана:

А — движение прокатывае-
мого изделия



с внешней атмосферой и их поверхность остается неокисленной. Поэтому, если такой прокат в дальнейшем подвергать штамповке, то при этом рыхлоты полностью завариваются и таким образом обнаружение их в заготовке перед штамповкой не является основанием, чтобы забраковать заготовку даже для такой ответственной детали как, например, шатун автомобильного двигателя.

Прокаткой в винтовых калибрах можно получить крупную резьбу (рис. 292) и ребристую поверхность.

Наибольший эффект дает перевод на прокатку в винтовых калибрах таких изделий как сравнительно короткие валки и ролики. Этот вид прокатки стал основным способом получения шаров диаметром 25—125 мм и более. Кроме цилиндрических заготовок сплошного сечения прокатке в винтовых калибрах можно подвергать также трубные заготовки на специальных оправках, а также изделия типа колец и втулок (рис. 293) и ребристые трубы (рис. 294) и резать трубы (рис. 295). При прокатке высокой резьбы и ребер с относительно малым шагом можно за счет ограничения в самих калибрах удлинения прокатываемой заготовки добиться значительного подъема зубьев и ребер, т. е. увеличения наружного диаметра прокатываемого изделия по сравнению с диаметром исходной заготовки. Особый интерес представляет получение изделий кольцевого типа из прутка с прошивкой за один проход (рис. 296).

Сравнительно длинные изделия периодического профиля сплошного сечения получают на станах с изменяющимся расстоянием между

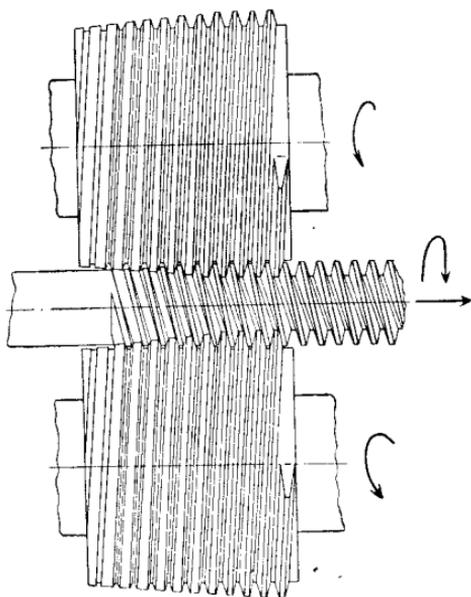


Рис. 292. Схема прокатки ходового
винта

Рис. 293. Схема прокатки колец

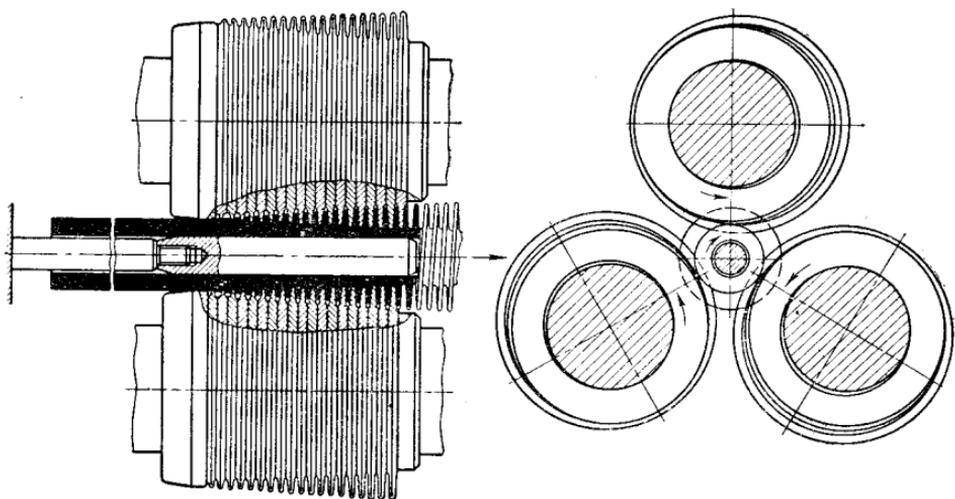
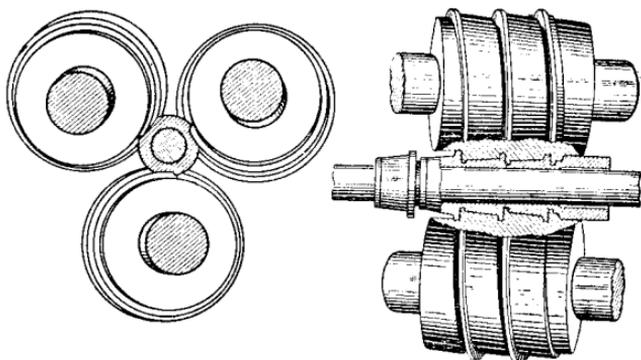


Рис. 294. Схема прокатки ребристой трубы

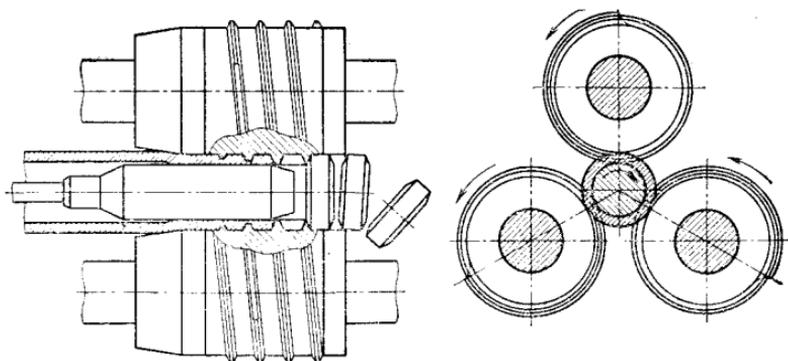


Рис. 295. Схема резки трубы на кольца

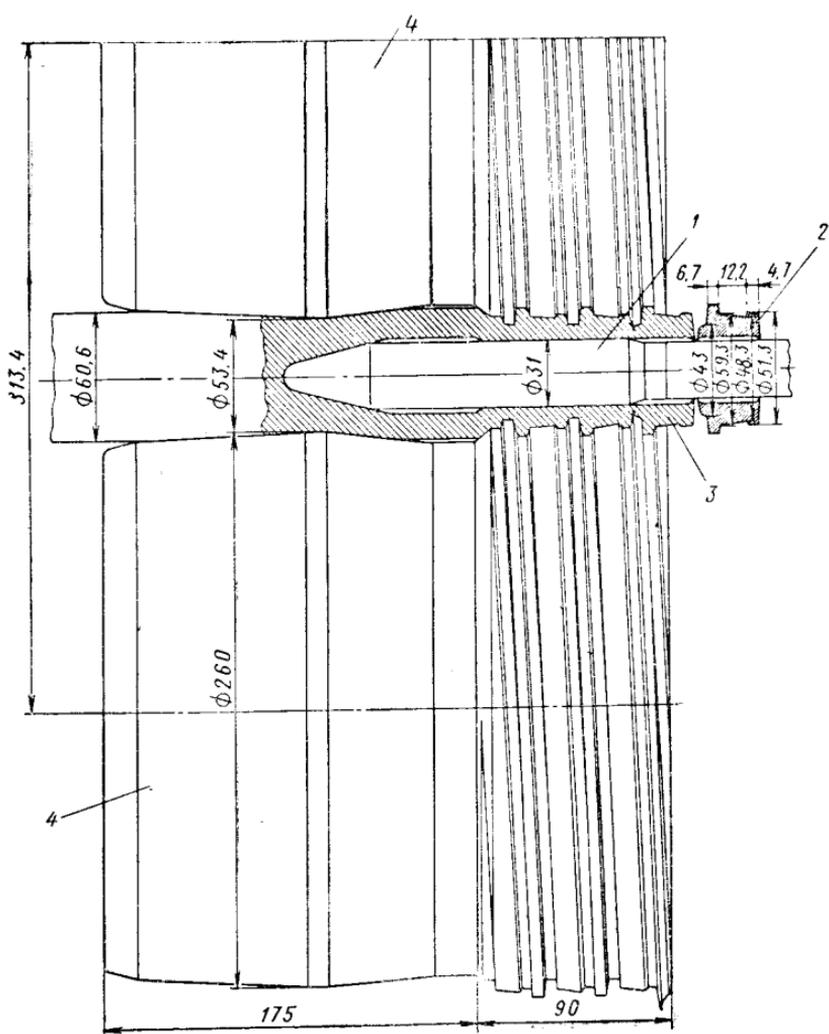


Рис. 296. Схема прокатки колец из прутка:

1 — пробка; 2 — прокатное кольцо; 3 — заготовка; 4 — валок

осями валков (рис. 291). На этих станах применяют валки в виде конических роликов или дисков. Периодический прокат образуется при приближении и удалении валков относительно оси исходной цилиндрической заготовки. Режим работы нажимных устройств задается сменной копировальной линейкой через следящее устройство. При прокатке роликами линия, образующая контур периодического проката, может иметь отклонения от оси прутка не более 45° со стороны входа роликов и не более 20° со стороны их выхода, причем между коническими поверхностями, образующимися после врезания роликов с последующим отводом, на прокате остается цилиндрический поясok шириной не менее 2 мм. При правильно отлаженном процессе рыхлот в обрабатываемом металле при прокатке на таких станах не образуется. Это обеспечивается созданием

короткого по длине заготовки очага деформации и значительным натяжением заготовки в сторону подачи с помощью натяжного устройства через свободно вращающийся патрон. Натяжное устройство во время прокатки перемещается вместе с указанной копирующей линейкой. Усилие натяжения регулируется также с помощью копирующей линейки.

В отечественной промышленности работает гамма роликовых станов поперечной прокатки для обработки прутков диаметром 10—120 мм. Наибольший эффект дает перевод на прокатку роликами таких изделий, как веретена для текстильной промышленности и полуоси автомобилей и тракторов. Большое преимущество этого способа поперечной прокатки заключается в отсутствии дорогостоящей специальной оснастки, так как используемые рабочие валки — ролики или диски — являются универсальными, а изготовление специальных копирующих линеек не представляет больших трудностей. Кроме того, поперечная прокатка всегда производительнее штамповки, обеспечивает получение заготовок достаточно точных размеров (иногда с припуском только на шлифование) и связана с небольшими отходами на угар. Недостатки роликовой прокатки — во-первых, в больших концевых отходах после прокатки, если недеформируемый конец прутка, удерживаемый в натяжном устройстве, не остается частью изготавливаемой заготовки и, во-вторых, в повышенных требованиях к качеству поверхности исходного проката, ввиду неизбежного раскрытия поверхностных волосовин при винтовой прокатке.

Элементы прокатки широко используют в кузнечном производстве при различных способах вальцовки и раскатки поковок и при накатке на них зубьев, шлицев, крупной резьбы и т. д.

§ 3. ВАЛЬЦОВКА

Вальцовкой называется протяжка заготовки продольной прокаткой в секторных штампах на ковочных вальцах или в специальных механизмах, встраиваемых иногда в штампы на кривошипных прессах и горизонтально-ковочных машинах. Из мерных заготовок круглого, квадратного или прямоугольного сечений вальцовкой изготавливают фасонные заготовки удлиненной формы и, как правило, с прямой осью. При этом продольное и поперечное сечения заготовки могут получить простую и довольно сложную форму. Вальцовку применяют для изготовления заготовок под дальнейшую штамповку на кривошипных прессах или на молотах в тех случаях, когда поковка не может быть изготовлена без протяжки и подкатки, для получения готовых поковок. Вальцовка бывает одноручьевая и многоручьевая.

Вальцы. Консольные ковочные вальцы (ГОСТ 16434—70) или закрытые ковочные вальцы (ГОСТ 16435—70) представляют собой двухвалковый стан продольной прокатки с укрепляемыми на валках сменными штампами в виде секторов или колец. Заготовку подают на вальцы в момент расхождения секторов штампа. Сходясь,

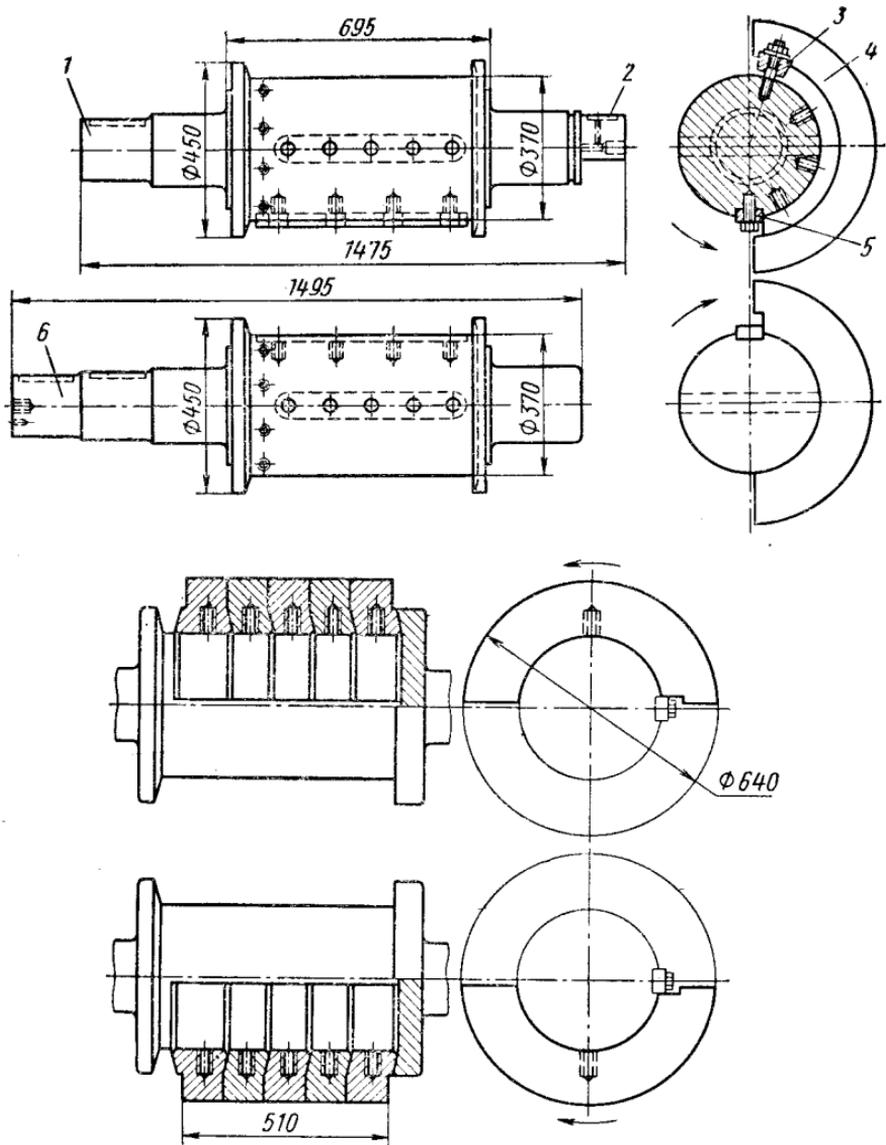


Рис. 297. Валки и типовое крепление секторных штампов и закрытых ковочных вальцов

штампы захватывают заготовку и затягивают ее в ручей. Направление подачи противоположно направлению движения заготовки при вальцовке. Благодаря этому заготовку можно удерживать в клещах в течение всего времени вальцовки.

Заготовки для последующей горячей штамповки фасонируют на одноклетьевых консольных или двухопорных ковочных вальцах. Например, у вальцов двухопорных средних размеров (рис. 297) верхний валок 1 и нижний валок 6 выполнены с буртами, используемыми при креплении секторных штампов. Секторные штампы 4

изготавливают из кованных или литых колец с разрезкой каждого кольца на два парных сектора.

Секторы располагают между буртами, они упираются с одной стороны в шпонки 5, а с другой затягиваются прижимами 3 и крепятся шпильками.

Зазор между верхними и нижними секторными штампами, а следовательно, и общую глубину вальцовочного ручья можно регулировать, изменяя расстояние между осями валков за счет вертикального перемещения верхнего валка. Это перемещение допускается на 15—25 мм в зависимости от размера вальцов.

Валки вращаются непрерывно с частотой вращения 10—90 об/мин. При такой частоте вращения вальцовщик за пол-оборота успевает вручную подать очередную заготовку. Вальцы характеризуются наибольшей обрабатываемой длиной изделий (для существующих вальцов эта длина составляет 250—1250 мм), рабочей шириной валков (в пределах 355 мм) и наибольшей толщиной исходных заготовок (до 125 мм). На правом конце верхнего валка имеется небольшой эксцентрик 2, приводящий в движение кривошипно-шатунный механизм, ползун которого используют для вспомогательных операций: гибки, правки и главным образом для отрезки конца вальцованной детали в размер по заднему упору.

Применяют также более быстроходные заготовочные вальцы с частотой вращения до 100—110 об/мин. Их валки во время подачи заготовки неподвижны. Вальцы имеют педальное включение валков на одиночный оборот или включаются на одиночный оборот полуавтоматически при подаче заготовки до упоров, в которых смонтированы контакты включателя. Валки этих, так называемых, консольных вальцов имеют опоры только с одной левой стороны. Штампы в виде колец насаживаются на валки с противоположной стороны. Рабочая часть кольцевых штампов имеет угол охвата валков до 270°. Остальную часть выполняют по размерам заготовки с зазором для свободной подачи ее между валками. Сравнительно небольшая ширина этих валков позволяет размещать на них не более 2—3 ручьев, т. е. в 2—4 раза меньше, чем на валках с двумя опорами. Консольное расположение валков дает возможность сблизить рабочие места вальцов и оборудования, стоящего справа от них. Последнее обстоятельство определяет назначение консольных вальцов как заготовочных, так как они наиболее удобны для вальцовки заготовок с последующей передачей их на кривошипные горячештамповочные прессы или другие машины для штамповки с того же нагрева. У прессов усилием 10 и 16 МН (1000 и 1600 тс) рекомендуется ставить вальцы усилием 0,25—0,4 МН (25—40 тс), у прессов усилием 20—25 МН (2000 и 2500 тс) — вальцы усилием 0,4—0,6 МН (40—63 тс), у прессов усилием 31,5—40,0 МН (3150 и 4000 тс) — вальцы усилием 0,6—0,8 МН (63—80 тс) и, наконец, у прессов усилием 50—63 МН (5000 и 6300 тс) — вальцы усилием 0,8—1,0 МН (80—100 тс). При вальцовке мелких заготовок не требуется применения у вальцов передних и задних столов и может производиться по упору губками специальных клещей в соответствующие выступы в ручьях

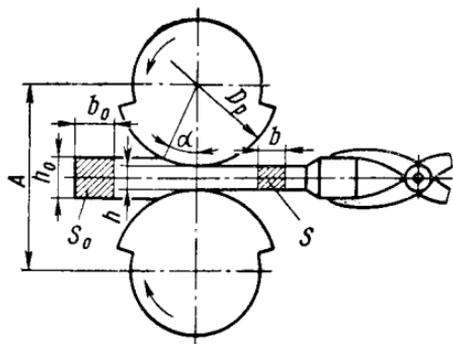


Рис. 298. Схема вальцовки:

h_0 , b_0 и h , b — высота и ширина заготовки до и после вальцовки

Ковочные вальцы, работающие при многоручьевой вальцовке на автоматическом режиме, строят с числом пар валков, равным числу переходов, а каждая пара валков расположена относительно другой пары под углом 90° . Заготовка под действием тянущих клещей или толкающего пальца движется только в одном направлении и при указанном расположении валков не требует кантовки.

Отношение площади S_0 поперечного сечения заготовки до вальцовки к площади S ее поперечного сечения после вальцовки (рис. 298) называется коэффициентом вытяжки λ .

Коэффициент вытяжки. Этот коэффициент является показателем относительного удлинения при прокатке и зависит от ряда факторов. Он увеличивается с уменьшением отношения D_p/h_0 (или близкого к нему отношения A/h_0), а также с увеличением относительного обжатия $h_0 - h/h_0$, с увеличением угла захвата α и повышением температуры вальцовки. Кроме того, он зависит от скорости прокатки и условий контактного трения, но главное — от соотношения между профилем обрабатываемой заготовки и формой калибра, образуемого между верхним и нижним ручьями вальцовочного штампа.

От перечисленных факторов зависит также и процесс уширения заготовки при прокатке, причем наибольшее влияние на степень уширения оказывает соотношение между профилем заготовки и формой калибра. Так, например, если с подачей полосы на ребро при вальцовке ее на квадрат в плоском ручье возможна вытяжка без образования бокового заусенца только при коэффициенте вытяжки до 1,7, то при прочих равных условиях вальцовку полосы на круг можно производить с коэффициентом вытяжки до 2,0; вальцовку круга на круг — с коэффициентом вытяжки только до 1,2. Для получения наибольшей вытяжки без образования заусенца исходную заготовку круглого или квадратного профиля (рис. 299)

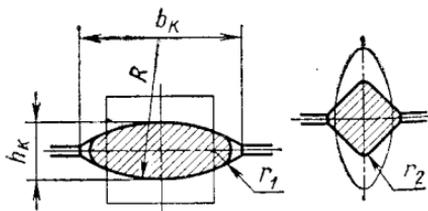


Рис. 299. Калибровка по схеме квадрат—овал—квадрат

вальцуют сначала на овальное сечение, затем с овального на квадратное и так далее, чередуя овал и квадрат и кантуя заготовку соответственно на 90 или на 45° после каждого прохода, при среднем коэффициенте вытяжки $1,7-2,0$ за проход. Вальцовку круглого или квадратного исходного профиля на овальное сечение, затем с овального на круглое, с круглого на овальное и т. д. выполняют при среднем коэффициенте вытяжки $1,5-1,7$ за проход. При вальцовке по другим схемам коэффициент вытяжки за проход обычно не должен превышать $1,2-1,5$.

При многоручьевой вальцовке после первого ручья получают сечение площадью $S_1 = \frac{S_0}{\lambda}$; после второго $S_2 = \frac{S_1}{\lambda} = \frac{S_0}{\lambda^2}$; после n -го ручья $S_n = \frac{S_0}{\lambda^n}$. Логарифмированием этого выражения можно установить, что минимальное число ручьев

$$n = \frac{\lg S_0 - \lg S_n}{\lg \lambda},$$

где λ — средний коэффициент вытяжки.

При прочих равных условиях коэффициент вытяжки в овальных калибрах с увеличением отношения осей овала до $4,5-5,0$ возрастает до $2,7-3,0$. Дальнейшее увеличение отношения осей овала невозможно ввиду потери устойчивости заготовки против изгиба при последующем проходе в квадратном калибре. При этом коэффициент вытяжки зависит также от степени заполнения ручья. При степени заполнения $\delta = 0,96 \div 0,98$ радиус r_1 притупления на большой оси овала (рис. 299) получается примерно вдвое меньше радиуса r_2 скругления в глубине ручья квадратного калибра. Радиус r_2 принимают обычно равным или несколько меньше $0,2$ стороны квадрата, получаемого при вальцовке овала на квадрат. При таком соотношении размеров r_2 и r_1 заготовка оказывается достаточно устойчивой против изгиба.

Во избежание образования заусенца значения δ рекомендуется брать в пределах $0,7-0,9$. Тогда поперечные размеры ручья овального профиля определяются из следующих равенств:

$$\text{при } \delta = 0,9 \quad \frac{S}{h_k^2} = 0,756 + 0,623 \left(\frac{b_k}{h_k} - 1 \right);$$

$$\text{» } \delta = 0,8 \quad \frac{S}{h_k^2} = 0,703 + 0,608 \left(\frac{b_k}{h_k} - 1 \right);$$

$$\text{» } \delta = 0,7 \quad \frac{S}{h_k^2} = 0,637 + 0,572 \left(\frac{b_k}{h_k} - 1 \right).$$

Радиус овального сечения

$$R = h_k \frac{1 - \left(\frac{b_k}{h_k} \right)^2}{4}.$$

При правильно выполненном расчете поперечных размеров ручьев для вальцовки конструкционной стали при температуре 1150—1200° С за два прохода по схеме «круг—овал—квадрат» достигают общего коэффициента вытяжки до 8—9. При этом необходимость увеличения числа проходов до трех и более для вальцовки заготовок под штамповку обычно отпадает.

В теории прокатки существует несколько аналитических методов определения коэффициентов вытяжки и размеров, получаемых при этом поперечных сечений заготовки. Эти методы дают достаточную для практики точность, однако не могут быть рекомендованы в непосредственном виде для технологических расчетов ввиду их сложности и неизбежности применения метода подбора. Поэтому на практике калибровку ручьев производят с помощью графиков [6].

Вальцованная заготовка. Такая заготовка под штамповку должна иметь форму и размеры расчетной заготовки (см. гл. V, § 5) со следующими отклонениями. Участки с наибольшей площадью поперечного сечения определяются профилем и размерами исходной заготовки. Для этого может быть выбран круг, квадрат или полоса в зависимости от технологии последующей штамповки. Форма остальных поперечных сечений также выбирается с учетом удобства последующей штамповки и определяется формой последнего калибра при вальцовке, т. е. кроме круглой она может быть квадратной или овальной, что, в свою очередь, зависит от числа проходов при вальцовке. Так, при вальцовке по системе «квадрат (или круг) — овал—квадрат (или круг)» овальное сечение получается при нечетном, а квадратное или круглое — при четном числе проходов. Если при этом форма сечения получается неподходящей, то применив еще один проход, ее можно изменить в дополнительном ручье на желаемую.

Продольный контур вальцованной заготовки должен быть по возможности более плавным. На его переходных участках допустимые отклонения от направления оси заготовки зависят от отношений h_0/h и $(h_0 - h)/D$, а также от коэффициента контактного трения и обычно не превышают 45°, но иногда, допускаются до 60°. При отклонениях в пределах 45—60° длина переходного участка для заготовок круглого и многоугольных сечений

$$l_1 = (0,86 + 0,5) (\sqrt{S_1} - \sqrt{S_2}),$$

где S_1 и S_2 — площади поперечных сечений примыкающих участков заготовки.

Разъем устанавливают в плоскости наибольшего размера поперечного сечения. Допуски на размеры вальцованной заготовки принимают примерно следующие: по длине $\pm(0,006l + 4)$, по высоте $\begin{matrix} + (0,025h+1) \\ - (0,02h+1) \end{matrix}$, по ширине $\pm(0,013b + 0,35)$, l , h и b — соответствующие размеры заготовки в мм.

Если площади поперечных сечений заготовки, получаемой вальцовкой, монотонно уменьшаются к концу заготовки, например при вальцовке конца заготовки на конус, то даже при любом большом общем коэффициенте вытяжки вальцовку можно производить в од-

ном ручье за несколько проходов с кантовкой на 90° и постепенной подачей заготовки вперед после каждого прохода, причем минимальное число проходов может быть легко установлено опытным путем.

При одноручьевой вальцовке, осуществляемой за несколько проходов, продольный контур ручья строят так, чтобы его развертка строго соответствовала контуру готового изделия с учетом температурной усадки. При многоручьевой вальцовке, так же как и при одноручьевой вальцовке, осуществляемой за один проход, развертка ручья должна быть в среднем укорочена на 3,5—6,5% по отношению к контуру готового изделия.

Этим учитывается опережение металла при вальцовке, т. е. неизбежное превышение скорости движения заготовки на выходе из ручья над линейной скоростью движения рабочей поверхности штампов во время вальцовки. Опережение, как и уширение, при вальцовке увеличивается с повышением температуры. Поэтому верхний из указанных пределов рекомендуется для первых ручьев, а нижний — для последних. Кроме того, опережение возрастает с увеличением степени обжатия и скорости вальцовки и уменьшается при увеличении диаметра валков и коэффициента внешнего трения. Оно зависит также от угла критического сечения, в котором скорости металла и валков одинаковы и который, в свою очередь, зависит от угла захвата, смазки и других факторов. В том числе в значительной степени опережение зависит от продольного контура вальцованной заготовки. Так при вальцовке конических и клиновидных участков заготовки толстым концом вперед, оно возрастает до 6—12%, а при вальцовке тонким концом вперед снижается до 2—4%.

Размеры ручьев. Вследствие опережения $a\%$ длина l_p ручья по дуге на поверхности штампа должна быть короче соответствующего участка l_3 расчетной заготовки.

$$l_p = \frac{l_3}{100 + a} 100.$$

Соответствующий этой длине центральный угол штампа $\beta = \frac{2l_p}{D_p}$. При вальцовке конических или клиновидных участков в формулу следует подставлять средние значения a соответствующей полосы. Угол, определяющий длину концевого участка ручья, рекомендуется увеличивать примерно на $10\text{—}15^\circ$. Это удлинение ручья необходимо для размещения в нем избыточного объема заготовок, который может образоваться из-за неточности подачи заготовок или отклонений от расчетных размеров заготовки по переходам.

Во избежание изгиба оси заготовки при выходе из валков раздел калибра (т. е. разъем поперечного профиля ручья между верхними и нижними штампами) при вальцовке симметричных профилей делают по оси симметрии, а для несимметричных — на уровне линии, делящей площадь поперечного сечения заготовки примерно пополам. Глубину ручьев принимают с учетом зазора между штампами. Минимальные уклоны боковых стенок ручьев по мере увели-

чения глыбины ручья с 5 до 35 мм увеличивают с 3 до 10°. На передних и задних стенках ручья уклоны должны быть по крайней мере вдвое больше, чем на боковых. Внутренние радиусы закруглений в ручьях

$$r = 0,5 (h_{n-1} - h_n);$$

радиусы закругления кромок ручья на поверхности разъема

$$R = (0,2 \div 0,3) (h_{n-1} - h_n),$$

где h_{n-1} и h_n — высота заготовки до и после обработки в данном ручье.

При вальцовке с заусенцем опережение и другие параметры процесса получаются иные. Несколько иначе при этом и калибруют ручьи.

§ 4. РАСКАТКА

Раскаткой называется вытяжка кольцевых изделий в тангенциальном направлении путем продольной прокатки роликами на раскаточных машинах. Раскатку с успехом применяют при изготовлении поковок колец подшипников, ватерных колец прядильных станков и других подобных изделий. Заготовку под раскатку штампуют на горизонтально-ковочных машинах и прессах или изготовляют ковкой. Они могут быть получены также и другими способами, например, центробежной отливкой.

Раскаткой придают заготовкам более сложный профиль и более точные размеры, чем штамповкой. Кроме того, раскаткой можно обеспечить в изделиях тангенциальное направление волокон и выполнить кольцевые поднутрения, например, у наружных колец шарикоподшипников получить канавки под шарики. Во избежание окалины для стальных изделий применяют под раскатку обычно индукционный или безокислительный нагрев и не выше чем до 1000—1050° С.

В соответствии с габаритными размерами применяемого оборудования раскатке подвергают заготовки с наружным диаметром от 60—70 мм до 1 м и более при высоте обрабатываемого обода до 150 мм. При раскатке при открытой схеме (рис. 300, а, б) заготовка 2 накладывается на профилированный ролик 3 с наружным диаметром немного меньше внутреннего диаметра заготовки. К ней подводят быстровращающийся (приводом от электродвигателя) нажимной профилированный ролик 4 большего диаметра. Заготовка и ролик 3 начинают вращаться, причем заготовка, раскатываясь, принуждает вращаться также направляющий ролик 5. Когда при увеличении диаметра до требуемого размера заготовка соприкоснется с сигнальным роликом 1 и последний начнет вращаться, тогда ролик 4 вручную или автоматически отводится и готовая поковка 6 может быть снята с ролика 3.

При раскатке по закрытой схеме (рис. 300, в) основным инструментом при обработке кольца 8 является внутренний (нажимной) ролик 3 и наружное кольцо-матрица 7.

При раскатке заготовок, имеющих толщину стенки k_0 (рис. 300, а) больше высоты h кольца, наблюдается образование поднутренний N на ее боковых поверхностях (рис. 300, б). Во избежание этого высоту h исходных заготовок всегда принимают больше толщины k_0 обода в радиальном направлении. Высоту заготовки h принимают лишь немного меньше высоты готовой поковки, а для ограничения уширения профилирующие ролики выполняют с буртами, образующими закрытый калибр. Во избежание образования заусенца зазоры между этими роликами предусматривают минимальными, а кромки заготовок закругляют по радиусам 3—7 мм. Для колец диаметром менее 100 мм заготовки должны быть толщиной $k_0 \leq 1,5k$, а для более крупных колец $k_0 \leq 1,7k$, при этом внутренним диаметром заготовок задаются, исходя из условия $d_0 \approx d \frac{k}{k_0}$. Тогда из условия постоянства объема раскатываемой заготовки следует, что исходный наружный диаметр

$$D_0 \approx \sqrt{D^2 - d^2 + d_0^2}.$$

Объем заготовки принимают больше объема готовой поковки на величину угара при нагреве под раскатку. Точность размеров готовых поволоков по наружному диаметру зависит главным образом от своевременности прекращения процесса, т. е. от наладки и качества работы контрольного ролика, а по внутреннему диаметру — от точности объема исходных заготовок. Практически допуск на

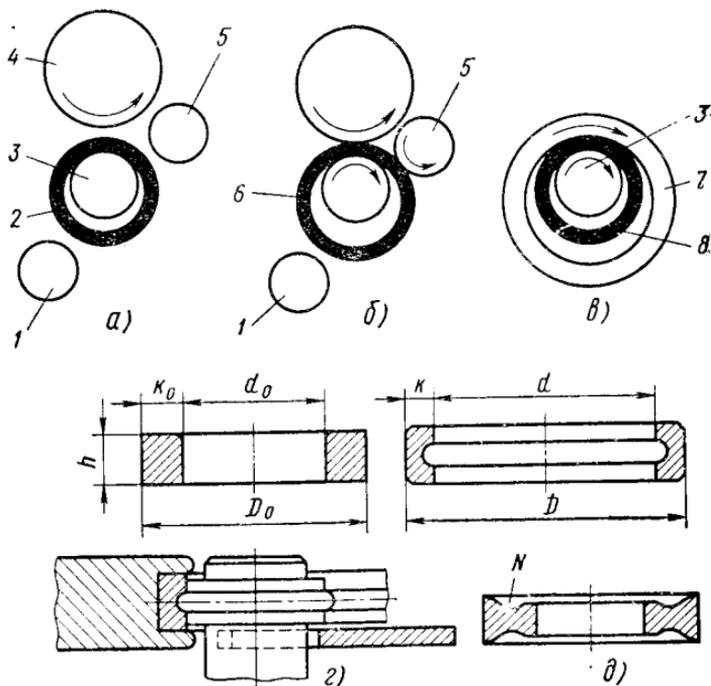


Рис. 300. Схемы раскатки колец подшипников

наружный диаметр составляет около $+0,01D$, а на внутренний диаметр — $(0,022d - 0,6)$ мм.

При укладке заготовок и выдаче поковок вручную производительность раскатки составляет на мелких кольцах до 500, на крупных — 100—250 шт/ч.

§ 5. НАКАТКА

Накаткой называется превращение гладкой поверхности заготовок в ребристую (или волнистую) определенного профиля путем прокатки. При этом деформации подвергаются лишь поверхностные слои заготовки. Выступы на ней получаются за счет образования рядом с ними углублений при внедрении в поверхность заготовки соответствующих выступов, предусмотренных на валках прокатного стана. Горячую накатку зубьев зубчатых колес, шлицев на валах и крупной резьбы производят на специальных станах, действующих по принципу поперечной прокатки, с принудительным вращением заготовки и пары накатных валков¹. При этом действия механизмов вращения заготовки и валков согласованы между собой. Образование, например, зубьев на поверхности заготовок происходит при внедрении в нее зубьев накатных валков. Эти валки расположены с двух противоположных сторон от заготовки. При штучной обработке колес (рис. 301, а) образование зубьев происходит

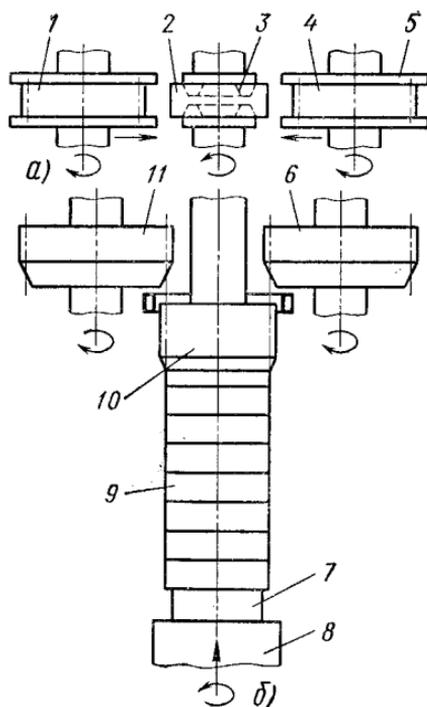


Рис. 301. Схемы накатки зубьев шестерен

при постепенном приближении осей валков 1 и 4 к оси заготовки 2. Во избежание наклона вновь образуемых зубьев в одну какую-либо сторону направление вращения валков и заготовки за время прокатки изменяется несколько раз. Во избежание растекания металла вдоль зуба и незаполнения кромок на его концах накатные валки снабжены ограничительными буртами 5. Чтобы исключить незаполнение зуба из-за смятия тонкого обода внутрь колеса, обод опирают на специальные кольца 3. Штучная накатка зубчатых колес универсальна и при использовании соответствующей оснастки позволяет изготавливать цилиндрические и конические колеса с зубьями прямыми, спиральными, шевронными и других видов.

¹ Мелкую резьбу накатывают в механических цехах плоскими плашками или роликами на резьбонакатных станках и другими способами.

Цилиндрические зубчатые колеса диаметром менее 150 мм при модуле не более 3 мм рациональнее обрабатывать стопками (рис. 301, б). Стопку заготовок 9 на оправке (или без всякой оправки) устанавливают на центрирующее основание 8 и прижимают делительной шестерней 10. Расстояния между осями стопки 9 и валков 6 и 11 после отладки остаются неизменными. Зубья образуются при подаче стопки сквозь петлевой индуктор 7 и далее между парой накатных валков. Постепенность образования зубьев обеспечивается конусностью заборной части валков. Подача стопок снизу вверх полностью исключает вдавливание окалины в поверхность изделий. Незаполнение кромок при этом может быть только на краях стопки, т. е. у верхней и нижней заготовок.

Во избежание этого диаметр верхнего основания верхней заготовки увеличивают.

Диаметр заготовки под накатку определяют опытным путем. У колес с числом зубьев более 40 обычно он несколько больше, а у колес с числом зубьев менее 30 несколько меньше диаметра начальной окружности зубчатого колеса. Толщину обода исходной заготовки принимают с учетом припусков на механическую обработку заготовки перед накаткой и механическую обработку колеса после накатки. После предварительной механической обработки заготовок профиль накатанного зуба по всем размерам выходит с точностью по 3-му классу, причем шероховатость его поверхности получается на 2—3 класса выше, чем у фрезерованных. На полученных накаткой зубьях, окончательные размеры которых должны соответствовать 2-му классу точности, предусматривают припуск на последующее шлифование или шевингование по 0,2—0,25 мм на сторону.

При обработке стопками накатные валики изготовляют из штамповой, инструментальной и даже конструкционной сталей. Стойкость их зависит прежде всего от их твердости ($RC\ 50—56$) и в зависимости от используемого материала составляет 1200—2200 шт. колес до износа зуба на 0,01 мм и 4000—7000 шт. колес до выкрашивания на его поверхности.

Скорость накатки стопками по начальной окружности составляет 14—20 м/мин. При этом производительность накатки получается выше зубонарезания в 40—50 раз. Таким образом, один стан может заменить примерно 80 единиц зуборезного оборудования и высвободить до 70 станочников. Благоприятное расположение волокон после накатки повышает механическую характеристику зубчатых колес. В частности, их износоустойчивость увеличивается по сравнению с фрезерованными на 50—70%. Несмотря на необходимость предварительной и окончательной механической обработки, стоимость колес с накатанными зубьями получается все же ниже стоимости фрезерованных на 10—15, а иногда и на 20%; при этом можно рассчитывать, что освоение накатки заготовок без предварительной механической обработки снизит трудоемкость их изготовления на 40—45% и тем самым стоимость зубчатых колес и расширит область применения этого способа.

Эти машины используют для вытяжки заготовок путем ротационного обжатия в радиальном направлении.

Ротационно-ковочные машины. Наибольшее распространение имеют горизонтальные ротационно-ковочные машины с вращающимся шпинделем и одной парой бойков; бойки 5 (рис. 302) расположены один против другого, каждый на своем ползуне 4 с роликами, и размещаются в диаметральной прорези на торце шпинделя 6. Частота вращения шпинделя для разных машин 180—400 об/мин и более.

Бойки с ползунами и роликами под действием центробежной силы стремятся разойтись, но, наскакивая роликами 2 на ролики 1, укрепленные в обойме 3 машины движутся навстречу один другому и обжимают заготовку, поданную в рабочее пространство по оси шпинделя со стороны его торца. Число нажимов без учета проскальзывания обоймы за каждый оборот шпинделя определяется числом пар роликов, укрепленных в обойме, а с учетом проскальзывания обоймы — почти вдвое меньше. Таким образом, например, у двухбойковой машины с двенадцатью роликами в обойме при частоте вращения шпинделя 300 об/мин получается несколько больше, чем $(300 \times 12 : 2) : 2 = 900$ ударов в минуту. Заготовка при этом получает вращательное движение с частотой обычно не более 5—8 об/мин и, деформируясь, превращается в тело вращения с продольным контуром по продольному профилю бойков.

На машинах обычной конструкции можно обрабатывать поочередно только концы заготовки. Получить более сложный продольный контур или обрабатывать только среднюю часть заготовки возможно на машинах, имеющих в обжимном механизме особое клиновое устройство. При перемещении этого устройства вдоль оси шпинделя изменяется расстояние от рабочей поверхности бойков 5 до осей роликов 2 за счет изменения толщины клиньев, размещаемых между бойками 5 и ползунами 4. При этом изменяется расстояние между бойками в их рабочем положении. Раздвинув таким образом бойки, можно продвинуть между ними конец заготовки без обработки, а затем, сдвигая их, приступить к обработке средней части заготовки. Перемещая клиновое устройство по копиру, можно автоматизировать обработку изделий с заданным сложным контуром. Изделия с круглыми поперечными сечениями могут быть получены также на машинах с четырьмя бойками, размещенными в крестообразной прорези на торце шпинделя.

Изделия с прямоугольными и более сложными поперечными сечениями можно получить на четырехбойковых машинах, у которых в неподвижной обойме расположены только четыре ролика и, таким образом, каждый боек совершает только четыре рабочих хода за одно вращение шпинделя — по одному ходу с каждой из четырех сторон. Для получения поволоков некруглых поперечных сечений применяют также машины с неподвижным шпинделем и вращающимся

барabanом. Машины последних двух типов широкого применения не имеют.

На ротационно-ковочных машинах можно обрабатывать в холодном состоянии и с нагревом прутки диаметром 1,5—75 мм и трубы диаметром 10—150 мм, вытягивать отдельные участки, оттягивать концы вплоть до заострения, заковывать концы труб и т. д. При этом число необходимых операций определяется продольным профилем изделий.

Например, веретено длиной 250 мм из стали, содержащей 1,2—1,3% Сг (рис. 303), получают холодным редуцированием из заготовки длиной 125 мм за четыре операции, затрачивая при этом на одно изделие всего 42 с машинного времени.

Холодное обжатие обеспечивает получение изделий с размерами по 2-му классу точности и поверхностью по 7—8-му классам шероховатости без отхода металла и с производительностью примерно в 5 раз выше, чем при токарной обработке.

Размеры бойков определяются размерами гнезд для них в ползунах машины. Форма и размеры ручья в бойках зависят от формы и размеров исходной заготовки и готового изделия. При этом учитывают следующее: 1) для свободного ввода заготовки в ручей входной контур его должен превышать сечение исходной заготовки; 2) форма ручья должна обеспечивать свободное удаление готового изделия из ручья при непрекращающейся работе бойков; 3) если степень обжатия по диаметру на выходе из ручья более 3% от исходных поперечных размеров заготовки, то, кроме обычных закруглений, на выходе из ручья предусматривать уклоны 7° ; со стороны разбега между бойками — зазор 0,25—1,5 мм; 4) наибольший угол конуса в ручье при редуцировании с ручной подачей не должен превышать 16° , а при машинной подаче — 20° ; в остальном рельеф ручья должен соответствовать форме и размерам готового изделия; 5) при обработке изделий из труб на оправке диаметр последней

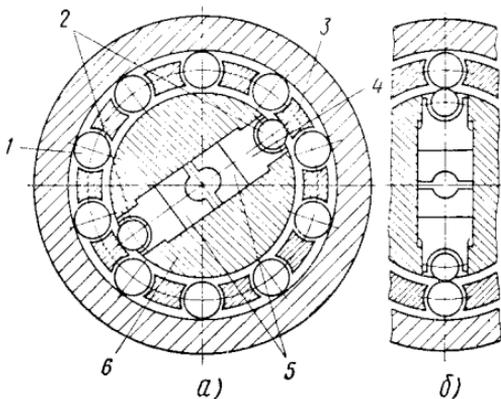


Рис. 302. Расположение бойков в шпинделе ротационно-ковочной машины:

а — разомкнуты, б — сомкнуты

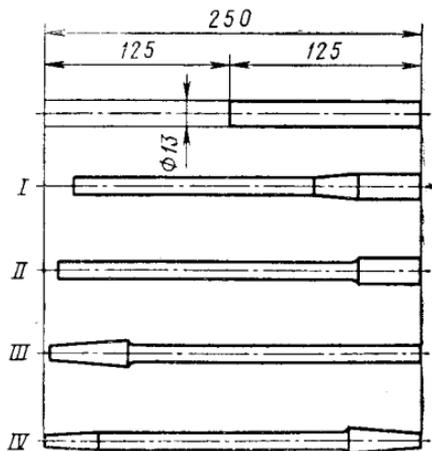


Рис. 303. Получение веретена редуцированием (I—IV операции)

должен быть на 0,4—0,7% меньше внутреннего диаметра готового изделия, а свободный передний конец оправки сводится на конус для легкого извлечения ее из отверстия в готовом изделии.

Бойки, ползуны и ролики ротационно-ковочных машин изготавливают преимущественно из стали 5ХВС, а также из стали У10А и обрабатывают на твердость *RC* 61—63. Холодное обжатие сопровождается интенсивным выделением теплоты и требует предварительной смазки заготовок маслом и обильного охлаждения бойков эмульсией.

Радиально-ковочные машины. В последние годы из этих машин наибольшее внимание привлекают вертикальные трех- и четырехбойковые машины. Бойки у этих машин расположены в одной плоскости, перпендикулярной к оси обрабатываемой цилиндрической заготовки, направлены радиально и образуют вокруг заготовки равные центральные углы. Каждый боек закрепляют к своему ползуну или непосредственно к шатуну, который связан с эксцентриком. Все эксцентрики имеют общий привод. Все бойки обжимают заготовку одновременно. Горячая исходная заготовка крепится вертикально своим верхним концом в универсальной головке с пневмозажимом и, вращаясь вокруг своей оси, подается в осевом направлении в механизм обжима.

Чтобы обжатие происходило строго в радиальных направлениях, механизм обжима во время обжатия поворачивается вместе с заготовкой вокруг ее оси, а при обратном ходе бойков возвращается в исходное положение; при этом у заготовки, продолжающей вращаться, изменяется положение относительно бойков. Таким образом, обеспечивается равномерная вытяжка заготовки с круга на круг определенного диаметра. Затем заготовка выводится из механизма обжима обратно и с помощью поворота эксцентричных втулок в головках шатунов изменяется длина последних для следующей серии обжатий, но уже на меньший диаметр, совершаемых за следующий переход вытяжки.

Современные машины усилиями на каждый боек 0,6—1,6 МН (60—160 тс) и более выполняют 420—600 и более обжатий в минуту. На них из прутков диаметром до 40—90 мм и более и труб диаметром до 130 мм и более можно получать многоступенчатые валы длиной соответственно до 600—1000 мм (на оправке — до 1250 мм и более). Максимальная глубина обжатия за один переход у машин усилием до 1,6 МН (160 тс) обычно не превышает 7—10 мм на диаметр. Частота вращения заготовки 16—25 об/мин. Скорость ее осевой подачи в механизм обжима около 0,5—1,0 м/мин. Обратный ход совершается в 20—30 раз быстрее. Длина передач, величины обжатия и последовательность обработки устанавливаются заранее. Движения заготовки и бойков механически связаны между собой. Весь цикл обработки происходит полуавтоматически или автоматически с помощью программного управления. Обработка начинается с нижнего конца заготовки с подачей вниз или со средней части заготовки с подачей вверх и выполняется за несколько переходов по числу и величине образуемых ступеней. Программное устройство обеспечи-

вает получение до семи ступеней без переналадки. При этом второй конец заготовки обрабатывается во вторую операцию с отдельным нагревом, после которого заготовку зажимают за ранее обработанный конец. При обработке многоступенчатых валов (рис. 304) применяют универсальные бойки, которые в сборе образуют цилиндрический ручей с коническим входом (с углом 30° при вершине конуса). Соответствующие конические ступени образуются при обработке валов.

При недостаточных усилия обжатия и температуре сердцевинная часть материала заготовки проковывается неудовлетворительно. От этого на торцах заготовки могут образоваться поднутрения, иногда очень глубокие, что может привести к назначению соответствующего напуска. Обычно же обработка на радиально-ковочных машинах производится без потерь металла, если не считать угар, и обеспечивает получение поковок с допусками в 1,5—2,0 раза более жесткими, чем при штамповке на молотах. Однако, несмотря на автоматизацию процесса, производительность обработки на радиально-ковочных машинах ниже, чем при других известных способах штамповки. Кроме того, переналадки устройств программного управления занимают много времени. Поэтому наибольшее применение эти машины получили пока лишь в мелкосерийном производстве заготовок, когда обработка на них выполняется вместо свободнойковки или вместо токарной обдирки при изготовлении валов из прутка.

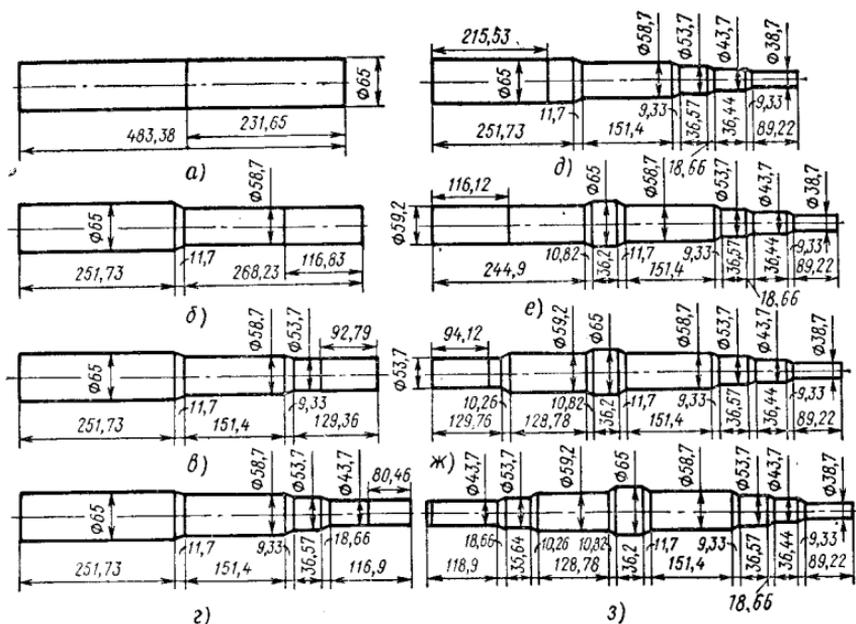


Рис. 304. Изготовление многоступенчатого вала:

а — исходная заготовка; *б—д* — заготовка после одного, двух, трех и четырех переходов обработки правого конца; *е—з* — заготовка после одного, двух и трех переходов обработки левого конца

Из числа упомянутого ниже штамповочного оборудования, пожалуй, наиболее универсальными являются вертикально-ковочные машины — одни из разновидностей кулачковых машин. На них можно выполнять горячую ковку — штамповку мелких изделий (зубьев бороны, железнодорожных костылей, бородков и зубил, шинных гвоздей и т. п.) последовательными пережимами, обжимами и протяжкой, оттяжкой и заострением концов и т. п. Эти машины подбирают по числу ползунов (от 1 до 6) в соответствии с необходимым числом переходов и по наибольшему диаметру исходной заготовки. Устанавливаемые на них в ряд по фронту машины штампы в виде фасонных бойков имеют в плоскости разъема обычно следующие размеры: у черновых бойков (20—25) × (50 — 125) мм, у чистовых 50 × (50 — 125) мм. Верхние бойки имеют рабочий ход 12—16 мм и соединяются каждый отдельным шатуном с главным валом машины, частота вращения которого до 450—1100 об/мин. Высота рабочего пространства регулируется подъемом и опусканием нижнего бойка.

Следует указать на специализированные гидравлические прессы для штамповки в разъемных матрицах. Они имеют не один, а несколько ползунов, перемещаемых во взаимно перпендикулярных направлениях. Это дает возможность применять штампы с разъемом в нескольких плоскостях и выполнять в них безотходную штамповку, широко используя методы прямого и обратного выдавливания, а также выдавливания под углом к направлению движения главного ползуна. Такие прессы с успехом используют при изготовлении поковок штуцеров, тройников, крестовин, вилок и других деталей сложной формы, с глубокими и сквозными полостями.

Особый интерес представляет штамповка на машинах высоких энергий, развивающих скорости деформирования до 20 м/с и выше. К таким машинам относятся молоты, построенные на принципе использования энергии гидравлического удара рабочей жидкости или взрыва жидкого или твердого топлива (порохов), и импульсные машины, действующие по принципу бесшаботного молота. Продолжительность рабочего хода таких машин не превышает нескольких тысячных долей секунды. Высокие скорости деформирования позволяют лучше заполнять ручки сложной формы, в частности с очень глубокими и узкими полостями. Поковки получаются с однородной мелкозернистой структурой и чистой поверхностью. Появляются возможности штамповки таких труднодеформируемых металлов как вольфрам, молибден, ниобий, цирконий и т. д.

Электровысадочные машины применяют главным образом для получения промежуточных заготовок в виде стержня с грушевидным утолщением под дальнейшую штамповку на молотах и прессах при производстве поковок полуосей автомобиля, клапанов, турбинных лопаток и т. п. На этих машинах выполняют электронагрев с последующей высадкой. При контактном нагреве высаживаемая часть заготовки помещается между медными контактами и нагре-

вається. Высадка происходит при проталкивании заготовки сквозь контакт в сторону нагретой части, для чего толкатель машины имеет специальный привод. Во избежание продольного изгиба заготовки расстояние между контактами устанавливают не более трех диаметров высаживаемого прутка. Оно может изменяться при наладке и во время высадки. Так, в машинах, предназначенных для высадки конца заготовки (рис. 305, *a*), высаживаемая часть находится между опорным 1 и зажимным 2 контактами. Материал подается сквозь зажимной контакт усилием P . По мере утолщения заготовки упорный контакт отводится с заданной скоростью. При этом устойчивость против продольного изгиба сохраняется, так как длина высаживаемой части увеличивается медленнее, чем ее диаметр. За один ход толкателя можно высадить заготовку на длину 15—20 диаметров. В этом основное преимущество описываемой машины перед горизонтально-ковочной.

Электровысадку трубных заготовок выполняют также с локальным индукционным нагревом. Используя пуансон с оправкой 3 (рис. 305, *б*), можно открытым способом (без матриц) утолщать стенки заготовки 5 в 2,0—2,5 раза. При постоянной скорости перемещения индуктора 4 относительно заготовки и постоянной мощности, обтираемой индуктором, процесс протекает непрерывно и обеспечивает получение утолщений практически очень большой длины.

При штамповке поковок сложной формы, особенно крупногабаритных, для выполнения отдельных операций рационально использовать специальные кузнечные машины. К их числу может быть отнесен пресс для подсадки подрессорных площадок у балок передних осей автомобилей, использование которого облегчает предшествующую штамповку балок, сокращает последующую механическую обработку площадок и дает при этом значительную экономию металла.

При производстве некоторых коленчатых валов сложной формы штамповка возможна только при расположении всех колен в одной плоскости (в плоскости разъема). Окончательную форму эти валы получают после разворота колен при кручении коренных шеек, для чего используют специальные выкрутные машины.

Многоколенчатые валы простейшей конфигурации, например коленчатый вал соломотряса зернового комбайна, нагревают и штам-

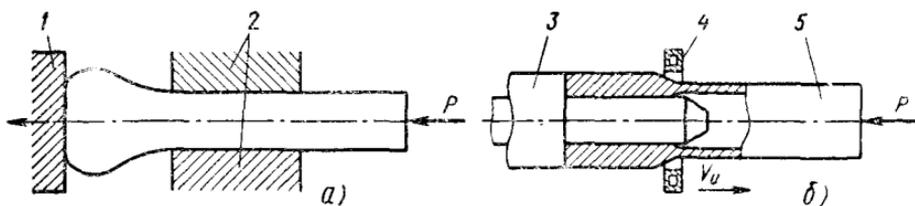


Рис. 305. Схема электровысадки:

a — прутка; *б* — трубы

пуют из прутка целиком и окончательно на полуавтоматической гибочной машине с отдельными контактными электронагревателями для каждой щеки вала.

Для более мелких массовых деталей применяют специальные автоматы типа холодновысадочных. Например, горячую штамповку железнодорожных костылей производят на подобном автомате с выдачей 25 готовых изделий в минуту. Не исключена возможность что некоторые из указанных выше машин, имеющих пока что узкое назначение, впоследствии найдут более широкое применение.

При массовом производстве поковок целесообразно применять комплексные автоматические линии с встроенными в них универсальными и специальными кузнечными машинами и механизмами для нагрева, вальцовки, штамповки, сварки, термообработки и т. д. Одна такая линия для изготовления грабельного зуба выполняет более десяти операций с выпуском восьми изделий в минуту. Аналогично работают линии для изготовления долотообразных лемехов тракторных плугов, линия для изготовления звеньев полотен элеваторов сельскохозяйственных машин и др. Автоматическая линия производства кованных цепей из прутков диаметром 19—40 мм рассчитана на выпуск 10 000 т цепей в год.

В зависимости от масштаба производства рессоры и пружины изготовляют в соответствующих отделениях кузнечных цехов или в самостоятельных рессорных и пружинных цехах. Полосы на мерные заготовки разделяют обычно на аллигаторных ножницах. Концы на трапецию обрезают на кривошипных прессах отдельно или одновременно с пробивкой центральных отверстий. На листах толщиной менее 10 мм отверстия выполняют холодной пробивкой, на более толстых — с местным подогревом или сверлением. Затем у коренных листов после нагрева концов срезают фаски на концевой кромке, производят завивку и калибровку ушков на специальных завивочных станках и резе на горизонтально-ковочной машине в три перехода: срез—гибка—обжатие по наружному контуру.

Для снижения коробления листов при закалке последнюю осуществляют одновременно с гибкой их в специальных закалочно-гибочных машинах одноместных (для одного листа) или многоместных (для нескольких одинаковых листов или для комплекта листов, входящих в одну рессору). Под закалку, как и под последующий отпуск с охлаждением в воде, нагревают листы в проходных печах. Применяют также контактные электронагреватели.

Пружины из проволоки диаметром менее 8—10 мм навивают в холодном состоянии на универсальных навивочных станках или специальных автоматах.

Более крупные пружины навивают в горячем состоянии. Прутки разделяют на ножницах. Затем нагревают и вальцуют концы заготовки, постепенно их заостряя до $\frac{1}{4}$ при сужении до $\frac{3}{4}$ от толщины исходного прутка на участке длиной, равной $\frac{3}{4}$ длины одного витка пружины. При отсутствии вальцов концы оттягивают на пневматических молотах. Далее заготовки целиком нагревают в проходных камерных печах и навивают на навивочных станках со скоростью до 40 м/мин с подачей непосредственно из печи. При этом, исходя из осадки пружин во время их испытания, шаг навивки делают на 3—5% больше требуемого по чертежу. Горячую правку пружин вручную выполняют с использованием того же нагрева. Затем пружины подвергают закалке и отпуску, после чего их торцы шлифуют на специальных станках. Наконец, пружины подвергают осадке почти до полного соприкосновения всех витков и испытывают на грузоподъемность.

ЗАВЕРШАЮЩИЕ
И ОТДЕЛОЧНЫЕ ОПЕРАЦИИ

§ 1. ОБРЕЗКА ЗАУСЕНЦА ПОСЛЕ ШТАМПОВКИ

Общие сведения

У поковок обрезают заусенец и прошивают в отверстиях пере-
мычки главным образом на кривошипных обрезающих прессах в об-
резающих и прошивных штампах. Рабочими деталями обрезающего шта-
мпа обычно являются неподвижная матрица и подвижной пуан-
сон. Матрицу крепят в башмаке, устанавливаемом на столе пресса,
а пуансон — в ползуне пресса непосредственно или с помощью
державки. Для обрезки (рис. 306, а) поковку укладывают в матрицу
на заусенец. Затем пуансон проталкивает поковку сквозь матрицу,
острые кромки которой срезают заусенец. При прошивке (рис. 306, б)
поковка опирается на матрицу, а прошивной пуансон прорезает
перемычку и проталкивает ее сквозь матрицу.

Операция, при которой в образовании отверстия одновременно
участвуют и пуансон и матрица, называется пробивкой (рис. 306, в).
Пробивка вместо прошивки необходима, когда поковка не имеет
предварительно полости со стороны матрицы, или когда уклоны
этой полости более 15—20°.

Качество обрезки имеет исключительно большое значение, так
как при неудовлетворительной обрезке остатки заусенца на поков-
ках приходится устранять трудоемкой заточкой их на точильных
станках, а в отдельных случаях — слесарной опиловкой.

Холодные и горячие обрезающие работы. Горячие обрезающие работы
выполняют сразу после горячей штамповки с использованием на-
грева под штамповку. При выборе способа обрезки учитывают,
что холодная обрезка заусенца и прошивка не зависят от темпа
предшествующей штамповки и более производительны, чем горя-
чая обрезка и прошивка, и поэтому требуют меньшего числа
обрезающих прессов и позволяют выделять их в самостоятельные уча-
стки. Кроме того, при холодных обрезающих работах значительно проще
осуществлять пригонку пуансонов и матриц по поковкам и наладку
обрезающих штампов.

Однако применение горячих обрезающих работ (вместо холодных)
вызывается во многих случаях: 1) недостаточной для холодной об-
резки пластичностью некоторых обрабатываемых металлов; 2) ра-
циональностью применения прессов с меньшими усилиями¹;

¹ Поэтому крупногабаритные поковки, штампуемые на молотах с массой пада-
ющих частей 1,6 т и прессах усилием 16 МН (1600 тс) и выше, подвергают обычно
горячей обрезке.

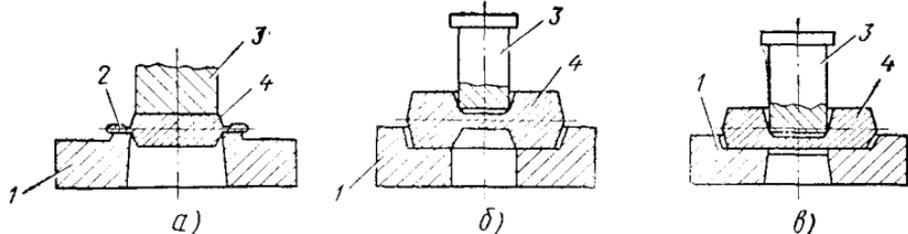


Рис. 306. Схемы обрезки (а), прошивки (б) и пробивки (в):

1 — матрица; 2 — заусенец; 3 — пуансон; 4 — поковка

3) выполнением после обрезки каких-либо горячих штамповочных операций или горячей правки с того же нагрева, а также недостаточной прочностью прошивных пуансонов при малых значениях отношения периметра среза к толщине удаляемой перемычки; кроме того, горячая обрезка уменьшает и упрощает грузопоток в цехе и освобождает от необходимости иметь площади под тару для поковок с необрезанным заусенцем.

Стальные поковки подвергают холодной и горячей обрезке. Появление трещин возможно при холодной обрезке или прошивке поковок из углеродистой стали, содержащей более 0,45% С, и поковок из таких марок легированной стали, которые при охлаждении на воздухе после штамповки имеют повышенную твердость и хрупкость. Холодная обрезка таких поковок требует введения предварительного дополнительного отжига или обычной их термообработки перед обрезкой. Поковки из алюминиевых и медных сплавов подвергают только холодной обрезке. Магниевого сплавы при толщине заусенца до 2,5 мм и титановые сплавы при любых толщинах заусенца, наоборот, подвергают только горячей обрезке, иногда со специальным подогревом. Заусенец крупногабаритных поковок из легких сплавов обрезают на ленточных пилах. На пилах во избежание трещин обрезают также поковки из магниевых сплавов при толщине заусенца более 2,5 мм.

Холодную обрезку и прошивку рекомендуется выполнять отдельно в простых обрезных и прошивных штампах. Горячую обрезку и прошивку проводят также в отдельных простых или же в последовательных штампах, у которых обрезной и прошивной инструмент устанавливаются рядом в одном пакете, а также в совмещенных (комбинированных) штампах, используемых для одновременной обрезки и прошивки. Применение совмещенных штампов, как наиболее производительных, но в то же время наиболее сложных, рациональнее в крупносерийном и массовом производстве. Последовательные штампы применяют вместо совмещенных, как более простые, для поковок сложной формы.

Для холодных обрезных работ применяют кривошипные прессы общего назначения усилиями 0,25—2,0 МН (25—200 тс), для горячих — кривошипные обрезные прессы усилиями 1,6—16 МН (160—1600 тс). Наиболее крупные поковки обрезают на гидравлических прессах.

Усилие обрезки

$$P = F_{\text{ср}} \sigma_{\text{ср}} \beta k = (1,5 + 1,8) F_{\text{ср}} \sigma_{\text{в}},$$

где $F_{\text{ср}}$ — площадь среза; $\sigma_{\text{ср}}$ — сопротивление срезу при температуре обрезки, $\sigma_{\text{ср}} \approx 0,8\sigma_{\text{в}}$ ($\sigma_{\text{в}}$ — предел прочности при температуре обрезки); $\beta = 1,7$ — коэффициент, учитывающий затупление режущих кромок; $k = 1,1 \div 1,3$ — коэффициент запаса усилия обрезающего пресса.

Площадь среза

$$F_{\text{ср}} = sL_{\text{ср}},$$

где $L_{\text{ср}}$ — периметр среза; s — толщина обрезаемого заусенца (или прошиваемой перемычки) с учетом радиуса закруглений на переходе от тела поковки к заусенцу (или к перемычке), а также с учетом верхнего отклонения этой толщины.

Обрезные матрицы и пуансоны

Режущий контур обрезающей матрицы изготовляют по линии разреза поковки с припуском на слесарную пригонку, которую выполняют обычно непосредственно по поковке из партии, подлежащей обрезке. Некачественная пригонка матриц приводит к тому, что вместе с заусенцем срезается часть тела поковки или остатки заусенца затягиваются в зазор между пуансоном и матрицей, причем инструмент сбивается в сторону, поковка выкручивается и бывают случаи поломки пуансонов и матриц. Фигура поковки в обрезающем пуансоне изготовляется по чертежу поковки с последующей слесарной пригонкой. При этом фигуру пригоняют по центрирующим контурам, а по нецентрирующим поверхностям между поковкой и пуансоном предусматривают зазор, величина которого на сторону должна быть равна половине верхнего отклонения от соответствующего горизонтального размера поковки плюс 0,3—0,5 мм. Некачественная подгонка пуансонов приводит к искривлению поволоков при обрезке.

Неравномерность износа основного и обрезающего штампов исключает взаимозаменяемость обрезающего инструмента и вынуждает слесарную пригонку пуансонов и матриц выполнять отдельно для каждой партии поволоков. Пригонка комплектов пуансонов и матриц к соответствующим комплектам основных штампов кропотлива, но всегда окупается, так как значительно сокращает или полностью исключает несравнимо более трудоемкую последующую заточку и запилровку остатков заусенца.

При холодной обрезке слесарную доводку пуансона и матрицы производят по поковке из партии, подлежащей обрезке, а при горячей — по отливке из окончательного ручья штампа, от которого поковка поступает на обрезку.

По контуру обрезки пуансон пригоняют по матрице с зазором за счет пуансона. Чем больше этот зазор, тем легче снять образованный заусенец с пуансона. Однако оптимальная величина этого зазора зависит от формы и размеров сечений поковки в плоскостях, перпендикулярных к контуру обрезки (рис. 307), не зависит от

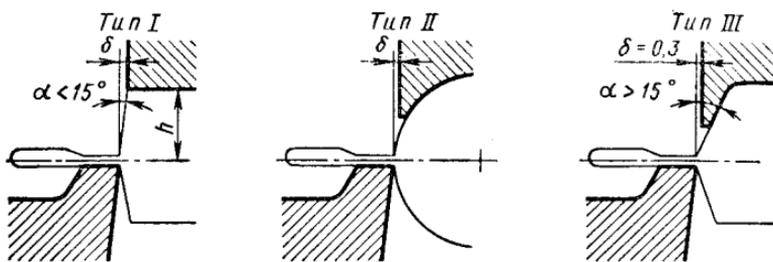


Рис. 307. Зазор между пуансоном и матрицей

температуры обрезки и определяется с помощью формул и таблиц [6], учитывающих следующее: 1) если уклон боковой стенки поковки меньше 15° (тип *I*), то тело поковки достаточно жестко, чтобы противостоять смятию под пуансоном; 2) если этот уклон больше 15° (тип *III*), то необходимо, чтобы пуансон охватывал поковку по боковым стенкам, а зазор должен быть минимальным ($\delta = 0,3$ мм); 3) зазор более 1,5 мм (при $h > 30$ мм) применять не рекомендуется, так как равномерный по всему контуру обрезки зазор большей величины трудно устанавливать на глаз при наладке штампа; 4) срез острых кромок пуансонов типа *II* и *III* необходим во избежание их смятия; 5) для простоты изготовления и наладки штампов зазор по всему контуру обрезки должен быть одинаковым и определяться по тому сечению поковки (исключая нехарактерные сечения), где он наименьшей величины. Пуансоны типа *III* отличаются от других тем, что они не только проталкивают поковку сквозь матрицу, но и сами непосредственно участвуют в процессе обрезки. При этом для повышения качества среза зазор δ устанавливают как при вырезке из листового материала, т. е. 6—15% от толщины заусенца (с учетом недоштамповки) в зависимости от материала поковки и с учетом толщины заусенца. Однако, во избежание поломки инструмента в результате наскока пуансона на матрицу, зазор менее 0,3 мм принимают лишь при наличии достаточно точных и надежных направляющих штампа.

Матрицы. Удобством изготовления и наладки отличаются матрицы с креплением клином в башмаке — цельные или из двух секций (рис. 308) с пояском шириной i и ступенькой высотой h . Крепление матриц к башмаку штампа на винтах (см. ниже), возможно, но менее рационально. Выемку на пояске, глубина которой соответствует утолщению на заусенце от канавки для контрольной заливки, делают на 2 мм шире, чем в основном штампе. Так как срез этой утолщенной части заусенца получается обычно некачественным, то во избежание последующей заточки заусенца, выемки эти в матрицах можно не делать, но при этом канавку для контрольной заливки в основном штампе надо своевременно заваривать.

Выемку под клещевину на матрице (вид по стрелке А) следует предусматривать при обрезке поковок, штампуемых из заготовок на две поковки последовательно с поворотом (рис. 308, а), с клещевинной (рис. 308, в), многоступенчатой штамповкой (рис. 308, г). Выемка не нужна при обрезке молотовых и прессовых поковок, штампуемых без клещевины (рис. 308, б), а также поковок, штампуемых на горизонтально-ковочных машинах.

Стенки отверстия в матрице, сквозь которое поковка проваливается после обрезки, выполняют обычно с уклоном 5° . Для повышения стойкости цельных матриц с круглым контуром обрезки (рис. 309) в верхней части провального окна целесообразно делать поясok шириной 1,0—1,5 толщины h_3 обрезаемого заусенца. Задняя грань резания с уклоном $3-3^\circ 30'$ у матриц литых или изготовленных методом штамповки (рис. 310) должна быть высотой 12—16 мм в зависимости от величины обрезаемой поковки. Под ней уступом (3 мм) выполняют провальное окно с уклоном $15-25^\circ$, но в местах, где стенки подвергаются большой нагрузке, уступа не делают, а уклон в провальном окне уменьшают до 7° . Кроме того, поверхность у таких матриц, при-

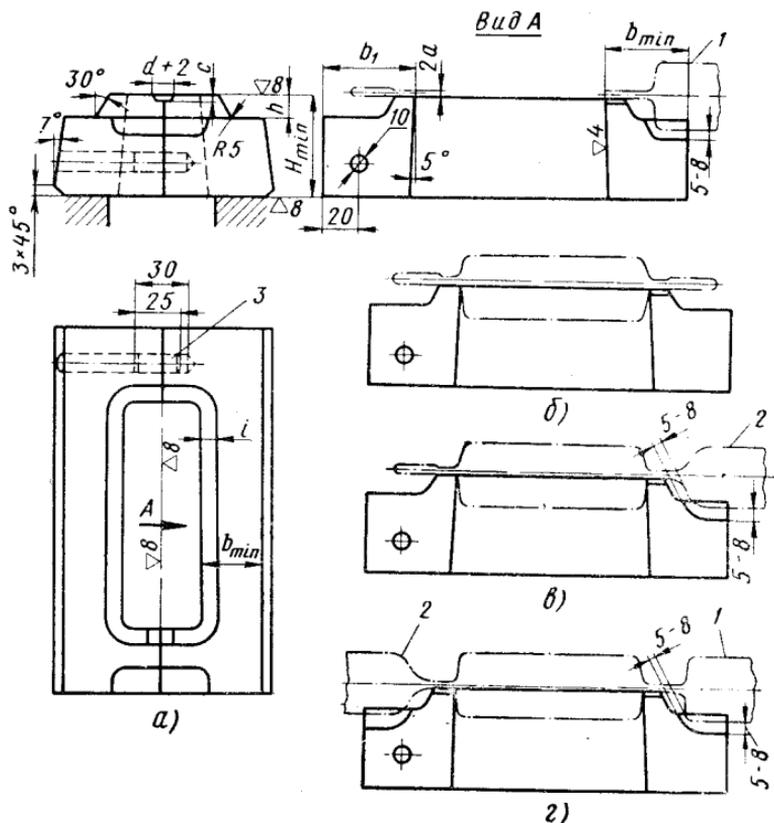


Рис. 308. Матрица из двух секций с креплением клином:

d и c — ширина и глубина выемки под клещевину по чертежу молотового штампа

Толщина облоя	H_{\min}	h	b_1	b_{\min}
До 1,6	50	10	35	30
Свыше 2 до 3	55	12	40	35
» 3	60	15	50	40

Примечания: 1. Размеры в мм.

2. Величину l устанавливают по размеру ширины мостика в заусенчатой канавке окончателъного ручья.

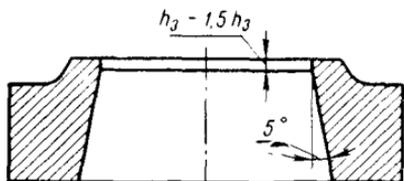


Рис. 309. Матрица с вертикальным пояском

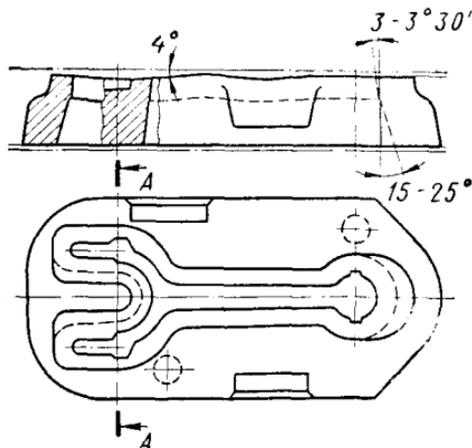


Рис. 310. Штампованная матрица для шатуна

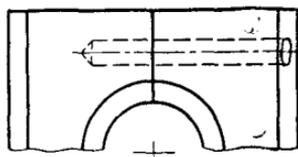


Рис. 311. Вариант отверстия под штифт

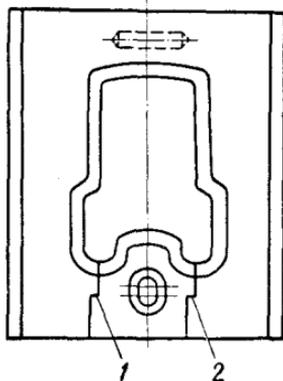


Рис. 312. Матрица, закрепляемая клином и имеющая вставку с креплением винтом

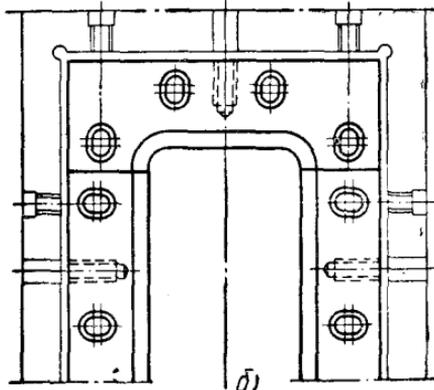
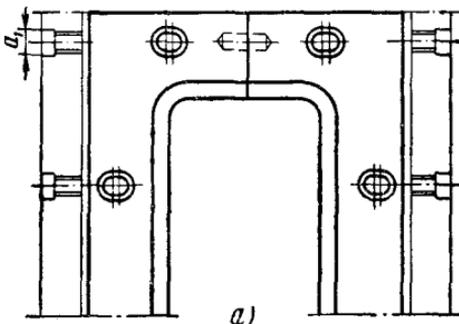
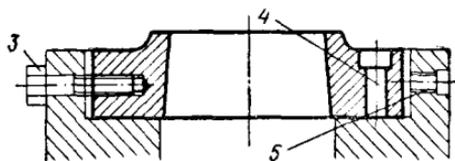
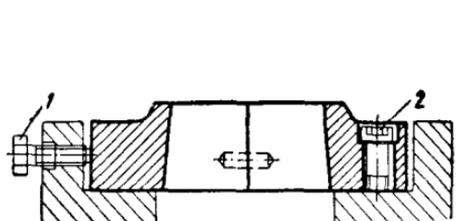


Рис. 313. Матрица с креплением на винтах:

a — из двух секций; *б* — из трех и более секций; 1 — стопорный болт; 2 — винт крепления матрицы; 3 — натяжной болт; 4 — отверстие под винт крепления матрицы; 5 — отверстие под стопорный болт

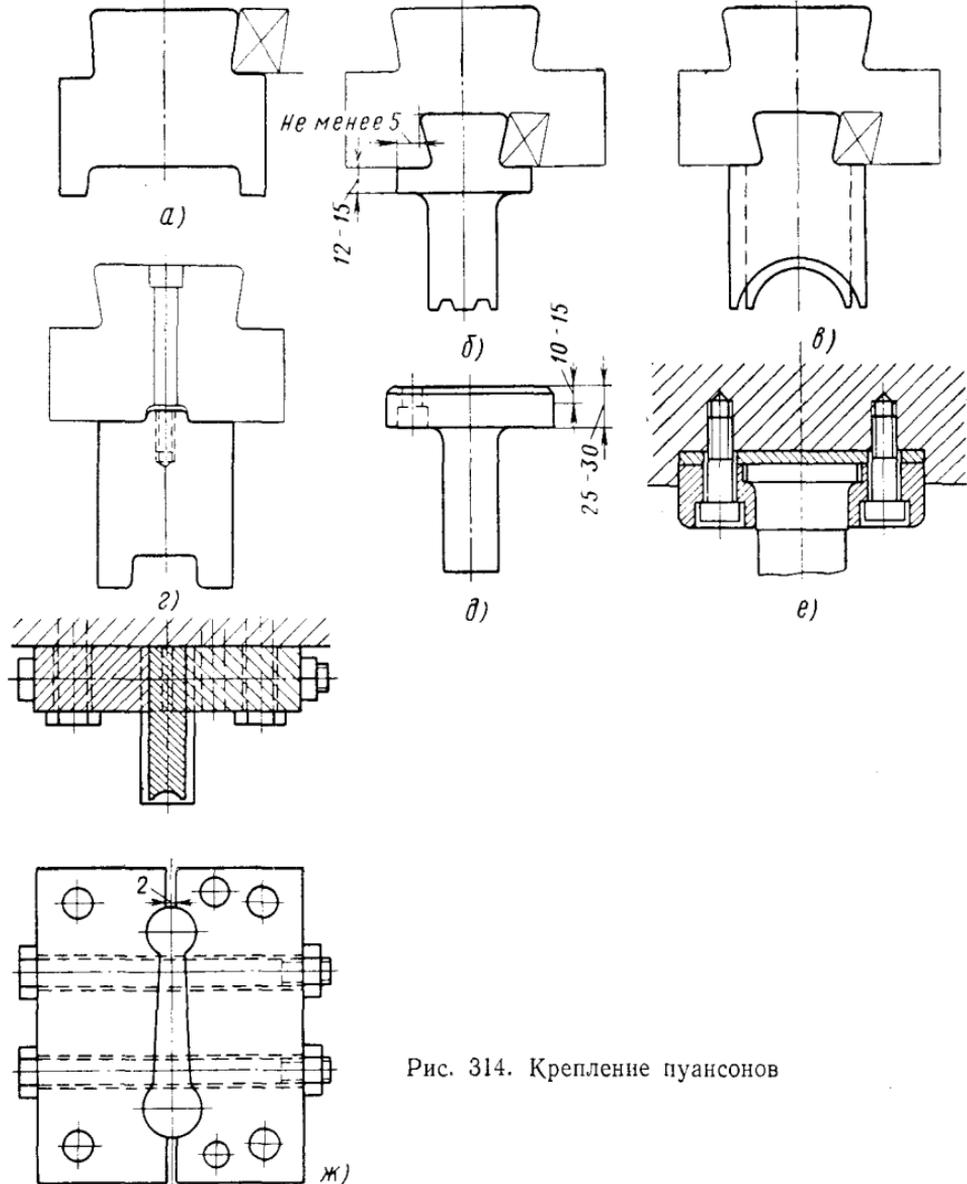


Рис. 314. Крепление пуансонов

легающую к заусенцу, для уменьшения усилий при обрезке рекомендуется выполнять волнистой или зигзагообразной по отношению к линии разреза на поковке. При этом обрезают не сразу по всему контуру, а постепенно по участкам.

Прочие размеры штампованной матрицы должны обеспечить достаточную ее прочность при эксплуатации и возможность штамповки в одноручьевоу штампе из ковanej заготовки простой формы. На таких матрицах обычно предусматривают ступеньки высотой 12—14 мм под прихваты для крепления их на башмаках. При этом механическая обработка матриц сводится к шлифованию опорной плоскости, заточке режущих кромок и сверлению отверстий диаметром 12—22 мм для установочных шпилек.

В матрицах из двух секций для противодействия относительному сдвигу последних устанавливают штифт (рис. 308). Для его установки в матрицах в сборе сверлят

и развертывают отверстия (рис. 311). Толщину стенки матрицы со стороны штифта принимают равной b_1 (рис. 308).

Клином с добавлением одного или нескольких винтов можно крепить также матрицы из трех секций (рис. 312). Здесь сдвигу третьей секции вдоль клина препятствуют уступы 1 и 2. Для продвижения этой секции вперед (при пригонке контура) нужно сточить уступ 1 и поставить прокладку в уступе 2.

Для регулирования сложного контура обрезки используют матрицы из двух, трех и более секций с креплением их на винтах (рис. 313). Большие оси овальных отверстий в матрицах под винты должны быть направлены в сторону смещения секций при регулировании. Секции таких многосекционных матриц прижимают друг к другу и фиксируют стопорными болтами. Если стопорные болты не прижимают какую-нибудь секцию к другим, то ее положение фиксируют дополнительно натяжными болтами (по одному натяжному болту на секцию). При сложном контуре обрезки и больших размерах поковки механическая и термообработка многосекционных матриц обычно много проще и дешевле чем цельных.

В башмаке окно под матрицей для провала обрезанных поковок делают с вертикальными стенками по нижнему контуру провального окна в матрице с уступом равным 3 мм (рис. 308).

Иногда для уменьшения усилия резки при холодной обрезке применяют пуансоны с фигурой поковки, слегка наклоненной по отношению к ее фигуре в матрице. Тогда обрезают постепенно, начиная с одного и кончая другим концом поковки, причем последняя должна четко фиксироваться пуансоном, а пуансон — иметь надежное направление.

Пуансоны. Для крупных поковок пуансоны крепят непосредственно в ползуне пресса (рис. 314, а), а для мелких и средних поковок — в переходных державках одним из следующих способов: клином, причем если ширина режущего контура меньше ширины хвостовика, последний выполняют с заплечиками по схеме б, в противном случае — без них по схеме в; на шлице и винтах по схеме г; в гнезде державки винтами сквозь заплечики пуансона по схеме д; или с помощью пуансонодержателя по схеме ж; зажимными колодками по схеме з.

В последнем случае пуансон зажимается между колодками парой болтов, пропущенных сквозь колодки и пуансон. Опорную плоскость пуансона выполняют заподлицо с верхней плоскостью колодок, одну из которых устанавливают снизу державки на двух контрольных штифтах; обе колодки крепят к ней болтами. В случаях схем е и ж между пуансоном и державкой устанавливают опорные плитки толщиной 5—8 мм из стали У8 или У10 с НВ 415—514. В случае схемы д заплечики пуансона, а в случае схемы е пуансонодержатель пригоняют по гнезду державки до плотной посадки или крепят снизу к державке на контрольных штифтах.

Съемники для снятия заусенца

Съемники для снятия заусенца с пуансона необходимы при малых зазорах δ между пуансоном и матрицей: для холодной обрезки при $\delta \leq 0,5$ мм и для горячей при $\delta \leq 1$ мм. Наиболее надежным является жесткий съемник толщиной 15—25 мм на распорных трубках (рис. 315, а). Диаметр его болтов также составляет 15—25 мм. Трубки должны быть расположены не ближе 10—15 мм от наружного контура заусенца. Отверстие под пуансон в съемнике делают по контуру пуансона с зазором 1,5—2,5 мм. Нижнюю плоскость съемника устанавливают над матрицей на высоте поковки плюс 5—10 мм. Если съемник с замкнутым контуром препятствует укладыванию поковки в штамп, то его выполняют открытым со стороны рабочего места. Для особо крупных поковок вместо съемника на распорных трубках применяют несколько съемных лап (рис. 315, б); при холодной обрезке мелких поковок вместо жестких съемников применяют резиновые 1 (рис. 315, в) из одного или нескольких пластов

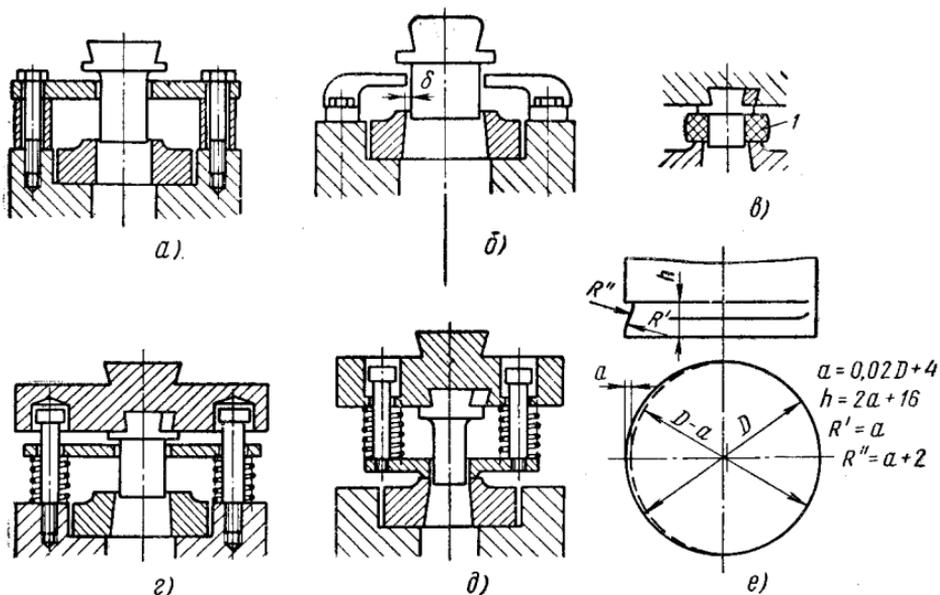


Рис. 315. Съемники для снятия заусенца

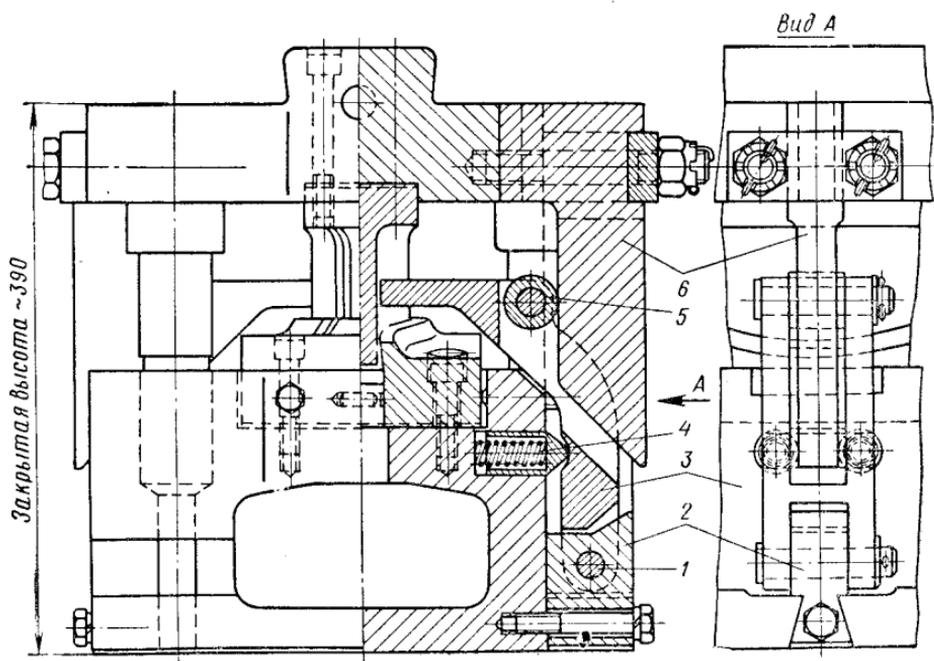


Рис. 316. Раздвижной съемник

резины. При холодной обрезке высоких поковок распорные трубки съемников типа, показанного на рис. 315, а заменяют пружинами (рис. 315, з), что позволяет уменьшить высоту пуансона на величину сжатия пружин и тем самым повысить его прочность. При этом съемник в его нижнем положении не должен доходить до матрицы по крайней мере на утроенную толщину заусенца. При обрезке очень высоких поковок, если винты съемника, показанного на рис. 315, г, не вписываются в закрытую высоту штампового пространства, применяют пружинный съемник (рис. 315, д). При этом суммарное усилие пружин должно составлять не менее половины необходимого усилия на обрезку заусенца. При обрезке круглых в плане поковок вместо съемника можно сделать съемную канавку на пуансоне (рис. 315, е), попав на которую заусенец сдвигается в одну сторону, после чего может быть легко снят с пуансона.

Имеются и более сложные, но вполне оправдывающие себя конструкции съемников. Например, раздвижной съемник 3, поворачиваясь под действием пружин 4 вокруг своих осей 1 до упора съемника в державку 2, обеспечивает свободную укладку поковок в матрицу. При ходе ползуна вниз клинья 6, нажимая на ролики 5, сводят съемники в рабочее положение и освобождают их при обратном ходе ползуна только после съема заусенца с пуансона (рис. 316).

Конструкции обрезных штампов

В типовых конструкциях обрезных штампов (рис. 317) в случае холодной обрезки применяют низкие башмаки под матрицы в расчете на провал обрезанных поковок сквозь провальное окно в подштамповой плите и столе пресса, а в случае горячей обрезки — высокие башмаки с окнами для извлечения обрезанных поковок из башмака спереди или сзади. Применение направляющих колонок и втулок в обрезных штампах необходимо в случае, если зазор между пуансоном и матрицей по контуру обрезки менее 0,5 мм, а при больших зазорах не обязательно. Штамп с направляющими колонками и втулками налаживают до его установки на пресс. Поэтому смена таких штампов значительно проще. Вместе с тем применение направляющих колонок и втулок исключает возможность крепления матриц клином.

Штампы для горячей обрезки заусенца одновременно у двух поковок применяют после штамповки на кривошипных прессах с расположением этих поковок валетом. Такой штамп обычно имеет цельную матрицу с двумя контурами обрезки, цельный сдвоенный пуансон, цельный пружинный съемник и обязательно направляющие колонки и втулки. Трудность изготовления и подгонки рабочих деталей такого штампа (их подгоняют по отливке) вполне оправдывается его высокой производительностью, обеспечивающей нормальную эксплуатацию горячештамповочного пресса.

В штампах типовых конструкций все детали, кроме пуансона и матрицы, должны быть нормализованными. К ним относятся: башмаки и державки, направляющие колонки и втулки, съемники,

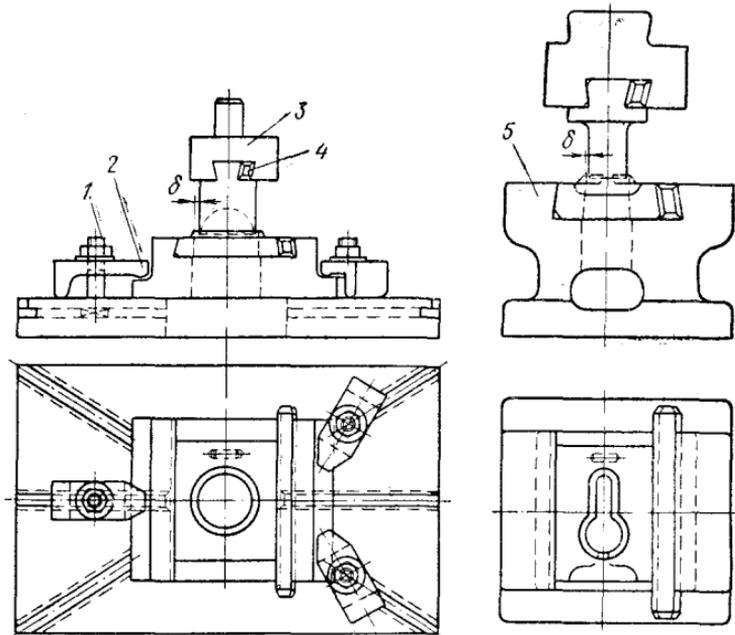


Рис. 317. Типовые конструкции обрезных штампов:

1 — болт; 2 — прихват; 3 — державка; 4 — клин; 5 — башмак

съемные лапы и распорные трубки, детали крепления пуансонов, матриц и съемников. Также нормализованы элементы и детали крепления самих штампов: пазы в ползунах прессов под хвостовики пуансонов или их державок, клинья для их крепления, пазы в подштамповых плитах под болты крепления башмаков прихватами, прихваты и т. д.

Штампы специальных конструкций применяют только тогда, когда обрезку приходится производить на прессе, характеристика которого не соответствует габаритным размерам поковки, например, когда пуансон мешает уложить поковку в матрицу потому, что при верхнем положении ползуна высота поковки оказывается больше расстояния от матрицы до пуансона.

Прошивные и пробивные штампы

Прошивные штампы. Режущий контур прошивного пуансона делают по контуру прошиваемого отверстия; вертикальные размеры фигуры и прошивной матрицы — по номинальным размерам поковки; горизонтальные — с зазорами, причем по центрирующим контурам зазор δ на сторону равен половине верхнего отклонения от соответствующего размера поковки, по нецентрирующим — зазор на сторону равен $\delta + 0,5$ мм. Чтобы поковка была хорошо центрирована и не коробилась при прошивке, достаточно заключить в матрицу только часть нижней ее от линии разреза поверхности по высоте и горизонтальным размерам. Если матрица при этом не будет обеспе-

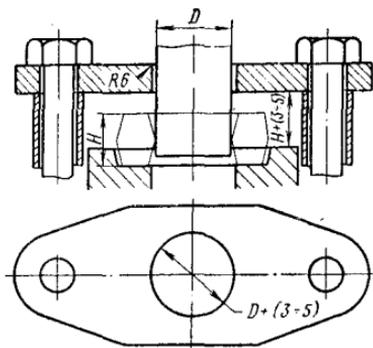


Рис. 318. Съемник прошивного штампа на распорных трубках

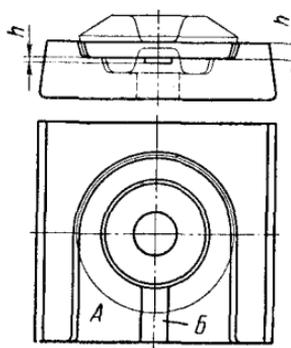


Рис. 319. Полуоткрытая матрица прошивного штампа

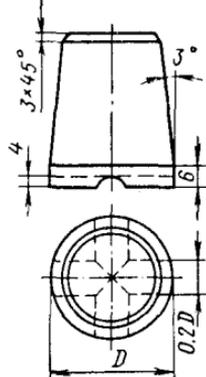


Рис. 320. Прошивной пуансон-пробка

чивать надежной укладки поковки, то вместо увеличения размеров матрицы лучше предусмотреть укрепленные на ней в виде кронштейнов поддерживающие упоры. Кроме того, не следует излишне усложнять форму фигуры в матрице, не делать на ней тонких выступающих ребер, поясков, замков и т. д., если и без того поковка в матрице достаточно хорошо центрирована и оперта.

Провальное отверстие в прошивной матрице делают с вертикальными стенками. Его размеры должны обеспечить свободный провал прошивной перемычки и быть по крайней мере на 1—2 мм меньше соответствующих размеров внутренней кромки опорной поверхности поковки, чтобы кромка провального отверстия матрицы не давала отпечатка на поверхности поковки. Если подобранный при этом зазор между пуансоном и матрицей на сторону получится больше 1,5 мм, можно применить штамп без направляющих колонок и втулок. При меньшем зазоре применение их обязательно.

Пробивные штампы. В этих штампах провальное окно матрицы должно быть с острыми кромками и углом 5° , как у обрезных матриц; штамп — с направляющими колонками и втулками; зазор между пуансоном и матрицей устанавливают за счет матрицы, как при пробивке отверстий в листовом материале (табл. 13).

Съемники для снятия поковок (высотой H) с пуансонов необходимы для всех прошивных штампов. Наилучшим является съемник, укрепляемый болтами на двух (рис. 318), трех или четырех распорных трубках. Расстояние от нижней поверхности съемника до матрицы можно уменьшить на величину h (рис. 319) за счет выреза A глубиной h . Расстояние от верхней поверхности съемника до заплечиков пуансона при нижнем положении ползуна должно быть не менее 10 мм. Если этого выполнить нельзя, то распорные трубки следует заменить пружинами. Для более удобного удаления поковок из матриц рекомендуется делать в них канавки B глубиной h_1 , а съемники выполнять полуоткрытыми.

Для прошивных штампов используют те же державки и низкие башмаки, что и для обрезных штампов. Кроме того, применяют также

Зазоры между пуансоном и матрицей в пробивных штампах

Толщина перемычки, мм	Зазор на сторону от толщины перемычки, %			
	При горячей пробивке	При холодной пробивке		
		Сталь 10, 20	Сталь 20, 25 и 35	Сталь 45 и бо- лее твердая
До 2,5	1,8—2,0	3,5—4,0	4,0—4,5	4,5—5,0
2,5—5,0	2,0—2,5	4,0—4,5	4,5—5,5	5—6
5—10	2,5—3,0	4,5—5,5	5,5—6,5	6—7
Свыше 10	3—4	5,5—7,0	6,5—8,0	7—9

более простые державки [3]. Для очень высоких поковок применяют пуансон-пробку (рис. 320) в штампах без державок и съемников. Такой пуансон не укрепляют на ползуне и он проваливается вместе с прошитой перемычкой сквозь матрицу.

Последовательные и совмещенные штампы

Последовательные штампы. Их применяют для обрезки-прошивки, обрезки-правки и обрезки-гибки. Они требуют конструирования и изготовления специальных державок, а также литых или сварных башмаков и надежно работают только с направляющими колонками и втулками. В штампах предусматривают возможность устранения несоосности для каждой пары инструментов путем перемещения нижних инструментов. В то же время независимое регулирование закрытой высоты каждой пары инструментов последовательных штампов ограничено или совсем невозможно.

Совмещенные (комбинированные) штампы. Такие штампы применяют для обрезки-прошивки, обрезки-правки и прошивки-правки. Наиболее распространенными из них являются штампы для обрезки-прошивки круглых в плоскости разреза поковок. В таких штампах для тяжелых поковок с отверстием более 60 мм (рис. 321) прошивник 7, матрица 8 и выталкиватель 11 монтируют в нижней, а пуансон 6 — в верхней части штампа, причем выталкиватель крепится на коромысле 12, помещенном в прорези башмака 1. Когда ползун пресса наверху, выталкиватель подвешен в верхнем положении. Поковку, подлежащую обрезке-прошивке, укладывают на выталкиватель. При ходе ползуна вниз происходит следующее. Вначале хода выталкивателя вниз поковка укладывается в матрицу, затем выталкиватель занимает свое нижнее положение, а тяги 9 и скобы 10, а затем только тяги 9 продолжают двигаться вниз. Происходит обрезка, потом прошивка, после чего поковка падает на выталкиватель. При обратном ходе ползуна выталкиватель снимает поковку

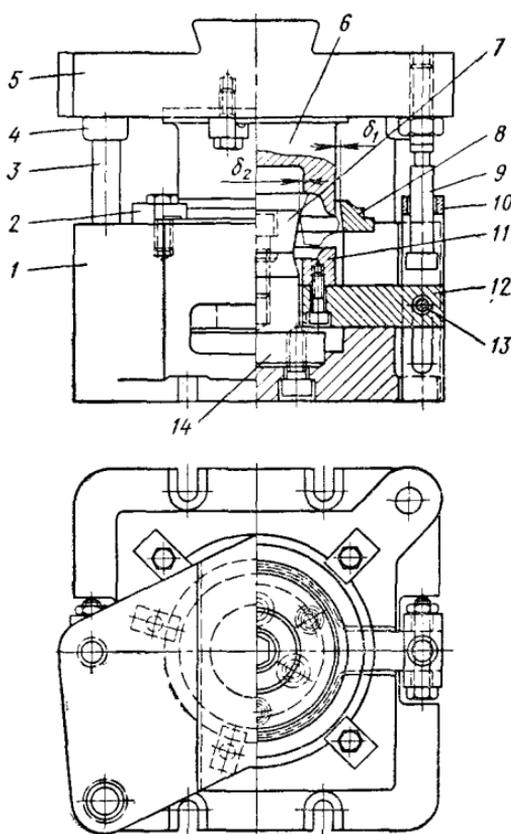


Рис. 321. Совмещенный штамп для обрезки-прошивки с тягами:

1 — башмак; 2 — клемма; 3 — колонка направляющая; 4 — втулка направляющая; 5 — державка; 6 — пуансон; 7 — прошивник; 8 — матрица; 9 — тяга; 10 — скоба; 11 — выталкиватель; 12 — коромысло; 13 — болт специальный; 14 — стойка

с прошивника, затем проталкивает ее вверх сквозь матрицу и занимает исходное положение.

При диаметре прошивки менее 60 мм и массе поковки не более 6—8 кг, чтобы не допустить разогрева прошивника, снижающего его стойкость, применяют штампы аналогичного устройства, но с размещением прошивника, матриц и выталкивателя не в нижней а в верхней части штампа. При этом пуансон монтируют в нижней части штампа. Поковку, подлежащую обрезке-прошивке, укладывают на пуансон, а после обрезки-прошивки успевают при обратном ходе ползуна снять с пуансона и выбросить заусенец и, чтобы легче было столкнуть поковку со штампа, положить губки клещей на пуансон раньше, чем упадет на него поковка, вытолкнутая из верхней части штампа. При зазорах между матрицей и пуансоном δ_1 и между пуансоном и прошивником δ_2 более 0,6 мм направляющие колонки и втулки в совмещенных штампах облегчают их наладку, но не являются обязательными. При

зазоре δ_1 менее 1 мм предусматривают съемную канавку на пуансоне или съемник по типу применяемых у обрезных штампов или специальной конструкции на тягах с коромыслами [3].

В штампах иной конструкции (рис. 322) пуансон-матрица 10 с пружинным съемником 9 крепятся на нижней державке штампа, причем съемник служит также фиксатором при укладке поковки в штамп. Прошивник 7 и многосекционная матрица 8 с обычным креплением и регулированием монтируют в верхней державке штампа. В прорези этой державки находится коромысло 5 с приваренным к нему выталкивателем 6. На обоих концах коромысла имеются пазы, которыми коромысло обнимает клинья 4, закрепленные к верхней державке. Каждый клин имеет верхний и нижний скосы. В свою очередь, конец коромысла обнят серьгой 3. Эта серьга удерживается в вертикальном положении пружиной 2, а при ходе ползуна пресса и нажиме на верхний конец серьги верхним или нижним скосом клиньев 4 серьга отходит в сторону, поворачиваясь вокруг оси 1, смонтированной на нижней державке штампа. Так как с нижней стороны конец коромысла имеет скос такой же, как у клина, то при ходе ползуна вниз коромысло, как и клин, отодвигая серьгу, свободно перемещается в нижнее положение. При обратном ходе коромысло задерживается серьгами

и выталкивает поковку. Затем верхний скос клина отводит серьгу и освобождает коромысло, которое после этого со всей верхней частью штампа поднимается в исходное верхнее положение. Практическое значение имеет то, что перемычка после прошивки удаляется здесь сквозь провальное окно в нижней державке штампа, тогда как при использовании штампов типа на рис. 321 перемычку приходится выбрасывать вместе с поковкой и после отсортировывать.

При прошивке двух и более отверстий выталкиватели совмещенных штампов крепят к отдельным коромыслам, каждое из которых подвешивают на паре независимых тяг. Хорошо работают также совмещенные штампы для одновременной обрезки-прошивки двух поковок, располагаемых при штамповке валиком. Не только отдельные детали совмещенных штампов, но и сами штампы, например, для поковок, круглых в плоскости разреза, могут и должны быть нормализованы. В мелкосерийном производстве, а также в случаях, когда закрытая высота штампа не вписывается в закрытую высоту штампового пространства пресса, применяют совмещенные штампы упрощенных конструкций, например, без выталкивателя и с поднимаемым вместе с поковкой прошивником или с пуансонами-пробками, у которых прошивка перемычек предшествует обрезке заусенца.

Для совмещения обрезки и правки или для предупреждения искривления поковок во время обрезки применяют обрезные штампы с выталкивателями, опирающимися на буферный механизм. Это может быть универсальное буферное устройство с набором спиральных пружин, монтируемое под столом пресса, или с рычажно-пружинным механизмом, также монтируемым под столом пресса [3]. С этой целью применяют также пневматические устройства, получившие широкое распространение при холодной листовой штамповке.

В совмещенных штампах для обрезки-правки, а также для прошивки-правки используют тарельчатые пружины. Эти пружины штампуют из листовой стали 60С2А толщиной обычно около 8 мм с последующей термообработкой на твердость RC 56—63 и встраивают в штампы в различных сочетаниях и комбинациях. При обрезке-правке на пружины опирают выталкиватель. При прошивке-правке тарельчатыми пружинами сжимают между собой правочные матрицы, одна из которых в то же время является прошивной матрицей. Устройство правочных матриц описано ниже (см. § 4).

В штампах с тарельчатыми пружинами, в отличие от обычных прошивных штампов, можно вместо прошивки срезать напуск образуемый вокруг удаляемой перемычки внутренними штамповочными уклонами. Таким образом, можно образовывать в поковках отверстия с вертикальными поверхностями и минимальным припуском на механическую обработку, удалив вместе с напуском и перемычку.

Опирая коромысла на тарельчатые пружины в совмещенных

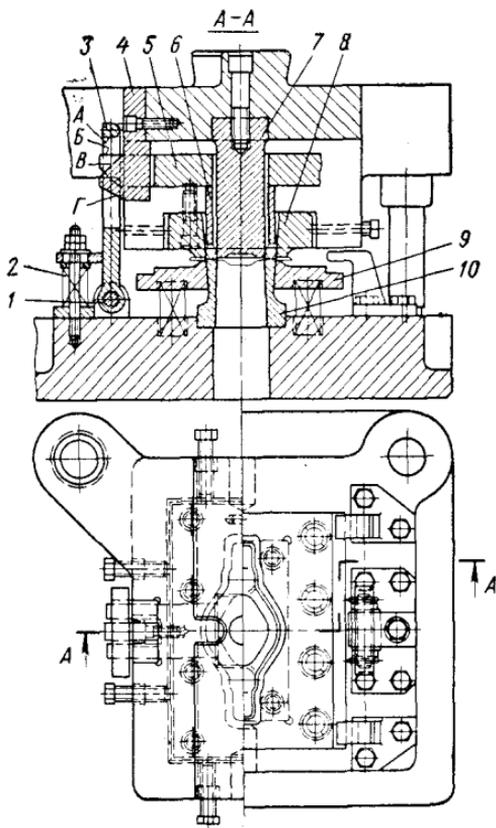


Рис. 322. Совмещенный штамп для обрезки-прошивки

штампах, показанных на рис. 321 и 322, можно одновременно производить обрезку-прошивку с правкой или обрезку-правку с удалением напуска и перемычки с образованием в поковке отверстия с высокими вертикальными поверхностями.

Эксплуатация штампов и технические требования на их изготовление

Обрезные штампы обрабатывают и собирают в соответствии с техническими условиями на их изготовление и восстановление. Пуансоны и матрицы этих штампов изготовляют обычно из кованных заготовок, реже — из штапованных. Замена кованных заготовок литыми в этих случаях дает до 50% экономии металла и на 25—40% уменьшает объем механической обработки. В данном случае целесообразнее литье по выплавляемым моделям. Масса литых пуансонов и матриц меньше кованных на 60—70% и более. При этом пуансоны делают полыми, а станочная обработка пуансонов и матриц почти полностью исключается.

Одним из способов изготовления и восстановления режущих кромок инструмента, главным образом для горячей обрезки и прошивки, является наплавка их твердыми сплавами типа сормайт, например, такого состава: 2,5—3,3% С, до 1,5% Мп, 2,8—4,2% Si, 25—31% Сг, 3,5% Ni, остальное — Fe. Наплавка сормайтом наиболее устойчива на матрицах из углеродистой стали из-за незначительной разницы коэффициентов теплового расширения этих материалов.

Материал и нормы твердости основных деталей обрезных штампов (табл. 14). Стойкость обрезных матриц без наплавки их твердым сплавом колеблется в зависимости от сложности контура и от удельной нагрузки в пределах 2500—12 000 шт. Стойкость обрезных пуансонов, если кромки их не являются режущими, в зависимости от

Таблица 14

Материал и примерные нормы твердости основных деталей обрезных штампов

Назначение штампа	Матрица		Пуансон	
	Материал	Твердость	Материал	Твердость
Горячая обрезка	8X3	<i>HV</i> 368—415	8X3	<i>HV</i> 321—368
Холодная обрезка	X12M	<i>HV</i> 444—514	8X3	<i>HV</i> 368—415
Горячая прошивка	8X3	<i>HV</i> 321—368	4X8B2	<i>HV</i> 415—477
Холодная прошивка	8X3	<i>HV</i> 363—415	X12M	<i>RC</i> 54—56
Пробивка простого контура	У10А	<i>RC</i> 56—60	У10А	<i>RC</i> 56—60
Пробивка сложного контура	X12M	<i>RC</i> 56—58	X12M	<i>RC</i> 56—58

сложности формы обрезаемых поковок составляет 4000—20 000 шт. Стойкость обрезных пуансонов с режущими кромками и прошивных пуансонов составляет 1500—4500 шт. поковок.

Для успешной эксплуатации обрезных штампов необходима прежде всего правильная их установка и надежное крепление на прессах. При педальном управлении прессом рекомендуется: 1) установить ползун прессы в верхнее положение, выключить электродвигатель и остановить маховик; 2) штамп в сборе поднять (легкий вручную, а тяжелый краном на стропах) и установить центрально на подштамповой плите так, чтобы хвостовик пуансона или его державка оказались под соответствующим пазом в ползуне; 3) нажать на педаль и, проворачивая маховик вручную, опустить ползун в его нижнее положение, после чего выключить муфту включения для того, чтобы при последующем включении электропривода ползун остался в нижнем положении; 4) с помощью ломиков поджать верхнюю часть штампа к ползуну и надежно закрепить эту часть в ползуне; 5) с помощью регулировочного устройства прессы установить требуемую высоту штампового пространства; 6) смещением ручную нижнюю часть штампа по подштамповой плите установить соосность верхней и нижней частей штампа (необходимо только для штампов без направляющих колонок), после чего надежно закрепить нижнюю часть штампа на подштамповой плите; 7) включить электропривод и, когда маховик наберет полное число оборотов, нажатием на педаль включить муфту и поднять ползун в его верхнее исходное положение; 8) проверить правильность установки штампа сначала на холостых ходах ползуна, затем по качеству обрезки.

При кнопочном управлении, если пресс может работать на коротких перемещениях ползуна, установка обрезных штампов по сравнению с их установкой при педальном управлении упрощается, так как может быть выполнена без выключения электропривода.

Организация рабочего места

Обрезка и прошивка производительнее и дешевле заточки и запилки остатков заусенца после обрезки; поэтому обрезные работы должны быть организованы так, чтобы прежде всего довести заточку и запилку до минимума. Это достигается главным образом своевременной подготовкой штампов к работе при высококачественной слесарной пригонке пуансонов и матрицы, а также быстрой сменой штампов или быстрой заменой их изношенных деталей с отладкой на прессе. Установка на пресс и наладка штампов с направляющими колонками и втулками требует значительно меньше времени, чем штампов без направляющих, хотя предварительная подготовка и установка штампов с направляющими является более трудоемкой.

Расположение обрезных прессов для горячей обрезки на штамповочных участках показано на рис. 189 и 229. Во всех случаях горячей обрезки необходимо воздушное душирование прессовщика. При отсутствии механизированных средств для

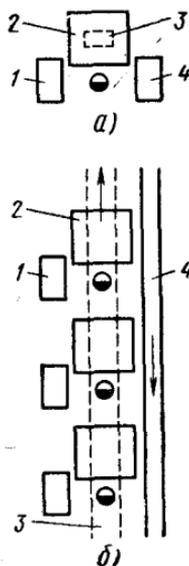


Рис. 323. Расположение оборудования на участках холодной обрезки:

1 — тара с поковками, подлежащими обрезке; 2 — обрезные прессы; 3 — тара или транспортер для обрезанных поковок; 4 — тара или транспортер для заусенца

непрерывной отправки обрезанных поковок и заусенца на рабочем месте прессовщика должна быть соответствующая и правильно установленная тара. У прессовщика должны быть рабочие и запасные клещи с плоскими губками (для заусенца), или с фасонными по форме и размерам клещевины; прессовщик обязан работать в рукавицах.

При холодной обрезке тару с поковками, подлежащими обрезке, устанавливают в непосредственной близости справа или слева от рабочего места прессовщика. При отсутствии средств механизации (рис. 323, а) под стол пресса ставят тару для обрезанных поковок, а рядом с прессом — тару для заусенца. При механизации транспорта на участках холодной обрезки (рис. 323, б) подпольный транспортер для поковок обычно проходит под столами прессов, а транспортер для заусенца — рядом с ними. Все работы на прессах холодной обрезки, за исключением прошивки и правки особо мелких поковок, производят в специальных перчатках или рукавицах и без клещей. Прессовщику запрещается подносить руки под пуансоны и пружинные съемники. Поэтому при укладке в штамп и удалении мелких поковок обычно используют малые клещи, крючки или пинцеты.

§ 2. ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОКОВОК

Послековки и штамповки поковки подвергают термической обработке. Если штампуют с образованием заусенца, то поковки поступают на термообработку, как правило, непосредственно после обрезки. Термообработка поковок преследует следующие цели: 1) устранение отрицательных последствий нагрева и обработки давлением (снятие остаточных напряжений, исправление перегрева и т. д.); 2) улучшение обрабатываемости материала поковок на металлорежущих станках (снижение интенсивности затупления режущих инструментов, уменьшение усилий резания и повышение чистоты обработанных поверхностей) и 3) подготовка структуры металла к окончательной термообработке, если такую выполняют после обработки резанием или в промежутке между отдельными ее операциями. Если же термообработка поковок является окончательной, то она должна обеспечить такие структуру и соответствующие механические свойства металла, какими должен обладать материал готовой детали.

Основными способами термообработки стальных поковок являются: 1) отжиг, 2) нормализация, 3) нормализация с отпуском и 4) улучшение (т. е. закалка с высоким отпуском). Отжигу подвергают главным образом крупные кованные поковки. Остальные способы термообработки широко применяют при производстве кованных и штампованных поковок. Поковки из алюминиевых сплавов подвергают закалке с последующим естественным (до пяти суток) или искусственным старением. Поковки из магниевых сплавов подвергают отжигу, закалке или искусственному старению: поковки из титановых сплавов — отжигу или гомогенизации.

Сущность процессов термообработки освещается в соответствующем курсе. Там же сообщаются необходимые сведения относительно выбора способа обработки, установления режимов, подбора оборудования и других вопросов технологии термообработки. При разработке технологического процесса термообработки учитывают ее назначение, марку (химический состав) обрабатываемого материала, его исходную структуру, определяемую термомеханическим режимом при ковке-штамповке (в частности уковкой), а также габаритные размеры и толщину обрабатываемых поковок. Ориентировочные режимы термообработки поковок из различных материалов имеются в соответствующей справочной литературе.

Особый интерес для технологии кузнечного производства представляют операции термообработки, связанные с использованием ковочной теплоты. Это сокращает общий цикл обработки поковок, дает значительную экономию топлива (или электроэнергии) на нагрев под термообработку и имеет ряд других преимуществ. В таких случаях оборудование для термообработки устанавливают непосредственно на ковочных и штамповочных участках. Имеются также большие возможности рационального использования теплоты термообработки, например, для горячей правки и калибровки на молотах и прессах, или для гибки и других штамповочных операций, совершаемых в закалочно-гибочных машинах и закалочных прессах другого назначения.

После термообработки поковки поступают на очистку поверхности.

§ 3. ОЧИСТКА ПОКОВОК

При неполном удалении окалины, образующейся при нагреве стальных заготовок под штамповку, часть ее оказывается вмятой в поверхность поковок во время штамповки и остается на ней в виде малозаметных пятен. Кроме того, поверхность поковок во время остывания после штамповки покрывается тонким слоем вновь образующейся окалины, который значительно увеличивается при последующей термообработке. Окисление необходимо тщательно удалить, чтобы выявить брак по вмятинам от нее и по другим поверхностным дефектам, скрывающимся под окислением, придать поверхностям поковок чистый и гладкий вид и подготовить их под покрытие или механическую обработку. Без этого режущий инструмент будет быстро изнашиваться, краска или любое другое покрытие на необработанных поверхностях будут непрочны и впоследствии отлетят вместе с окислением. Если поковки подвергают холодной правке и калибровке, то очищать от окалины их необходимо перед этими операциями.

Существует три основных способа очистки: дробью, травлением и в барабанах. Для стальных поковок основным способом является очистка в дробеметных аппаратах с механизированной загрузкой и выгрузкой поковок большими партиями. В этих аппаратах поковки непрерывно движутся на коротком пластинчатом транспортере по замкнутому пути, многократно падают с небольшой высоты, при

этом происходит их трение друг о друга. Стальная или из ковкого чугуна дробь диаметром 0,8—2,0 мм, вылетая сверху из быстровращающейся крыльчатки дробеметного механизма, с силой ударяет о поверхность поковок и сбивает окалину. Эту дробь очищают от окалины и вновь используют. Потери дроби (2—3 кг на 1 т поковок) восполняют по мере надобности.

Поковки массой 160—1250 кг очищают дробью не на пластинчатых транспортерах универсальных дробеметных аппаратов, а в специализированных дробеметных камерах непрерывного действия, сквозь которые они проходят на подвесных транспортерах, причем каждая поковка вращается вокруг вертикальной оси и обстреливается с боков дробью. Поковки навешивают на подвесной транспортер и снимают с него вручную. В отличие от дробеметных аппаратов, нуждающихся в остановке во время загрузки-выгрузки, дробеметные камеры работают непрерывно. При удовлетворительном состоянии затворов дробеметное очистное оборудование не очень загрязняет помещение и не требует обязательной изоляции от других отделений цеха. Поэтому указанное оборудование иногда устанавливают в поточных линиях вместе с другим основным оборудованием¹.

Стальные поковки массой до 50 кг можно очищать от окалины в галтовочных барабанах. При вращении этих барабанов с загруженными в них поковками окалина сбивается с поверхности поковок при ударах поковок друг о друга и о стенки барабана. Иногда очищают с добавлением в барабан стальных шаров диаметром 10—30 мм и звездочек. Недостатками этого способа являются резкий изнуряющий шум во время работы барабанов, рябина на обработанной поверхности и опасность искривления поковок при недостаточной их жесткости.

Для травления стальных поковок используют обычно 20%-ный раствор серной кислоты при 60—90° С и реже 15%-ный раствор соляной кислоты при 30° С, а также смеси этих кислот, иногда с добавкой азотной кислоты и других различных присадок. При указанных температурах травление происходит наиболее интенсивно. При травлении одновременно протекают два процесса: растворение окалины и травление основного металла под слоем окалины, причем серная кислота интенсивнее травлит основной металл, чем соляная. В соляной кислоте травление происходит в основном за счет растворения окислов, в серной — за счет отрыва окалины выделяющимися на границе окалины и основного металла водородом. Травление производят главным образом в ваннах деревянных или из кислотостойкого бетона со свинцовыми обкладками или другим покрытием. Травильный раствор до рабочей температуры подогревают паром с помощью змеевиков из свинцовой трубы. Поковки погружают в травильный раствор в корзинах из дерева или отлитых

¹ Освоена очистка в дробеструйных установках струей воздуха высокого давления с дробью, направляемой на поверхность поковки из соответствующих смесительных устройств. Однако в кузнечном производстве этот способ не получил пока широкого применения.

из кислотоупорной стали. Корзины погружают с помощью электрокошек или подвесных транспортеров. Интенсивная циркуляция раствора при непрерывном движении корзин повышает производительность травления в 1,5—2 раза. После травления стальные поковки промывают в воде при 60—70° С, с добавкой щелочи для нейтрализации остатков кислот.

Помещения, в которых установлено травильное оборудование, нуждаются в мощной приточно-вытяжной вентиляции, а у травильных ванн необходимо устройство мощных вытяжных бортовых отсосов. В связи с этим травильные отделения полностью изолируют от других отделений цеха. Обработанные растворы требуют их нейтрализации до спуска в канализацию или организации при травильных отделениях купоросных станций для восстановления крепких кислот при побочной выработке купоросов.

Единственное преимущество травления перед очисткой дробью заключается в возможности выявления трещин, зажимов и других поверхностных дефектов, тогда как при очистке дробью все эти дефекты зачеканиваются, и для выявления их приходится использовать другие способы или проводить травление отдельных поковок выборочно из партии для технического контроля. Травление стальных поковок постепенно заменяется очисткой дробью.

В то же время поковки из алюминиевых, магниевых и медных сплавов очищают травлением. Поковки из алюминиевых сплавов обычно после двухминутного обезжиривания в содовом растворе при 65° С травят в 5—7%-ном растворе едкого натрия или едкого калия при 45° С в течение 2—3 мин с последующей промывкой вначале в теплой воде, затем в 50%-ном растворе азотной кислоты до полного осветления (2—5 мин) и, наконец, опять в теплой воде. Поковки из магниевых сплавов обычно травят при 70° С вначале 2—3 мин в 20%-ном растворе CrO_3 , затем 10—20 мин в 9—10%-ном растворе азотной кислоты с добавкой 7% K_2CrO_7 и 0,3—0,5% NH_4Cl с последующим обезжириванием в 5—7%-ном растворе едкого натрия или едкого калия при 45° С в течение 2—3 мин. Поковки из медных сплавов обычно травят в соответствующих растворах азотной кислоты с последующим глянцевым травлением в слабом растворе смеси кислот и промывкой в холодной и, наконец, в горячей воде.

Технология травления окалины поковок из титановых сплавов пока еще недостаточно отработана. В связи с этим такие поковки вначале очищают от окалины дробью или в барабанах, а затем для удаления поверхностного альфированного слоя подвергают травлению в водном растворе, содержащем 5% фосфористоводородной кислоты и 10% серной кислоты.

Местные внешние дефекты удаляют обычно вне связи с очисткой поверхности поковок от окалины. Дефектные места мелких и средних поковок зачищают вручную абразивными кругами на стационарных точильных станках, подвесных или переносных зачистных машинках, крупных поковок — вырубкой пневматическими зубилами или огневой зачисткой, как это делают при удалении поверхностных

дефектов у слитков. После огневой зачистки все остальные поковки, кроме изготовленных из низкоуглеродистой стали, должны подвергаться отжигу при температуре 650—750° С. Поэтому огневую зачистку применяют обычно до термообработки поковок.

§ 4. ПРАВКА ПОКОВОК

Искривление поковок и способы правки. Всякие искажения формы поковок, т. е. ее отклонения от указанной в чертеже, получаются в результате неточного изготовления или износа окончательного ручья, а также при удалении из него застрявших в нем поковок, при ударе их о станину или другие предметы во время отрубки от прутка, при неправильном держании в клещах во время штамповки, при сбрасывании их на пол или в тару, при неудовлетворительном состоянии обрезающего пуансона или матрицы, в результате выворачивания поковок во время прошивки, при термообработке (короблении), при очистке в барабане и т. д. При этом, чем менее жесткой является форма поковки, тем больше может быть величина ее искажения.

Если поковку не подвергают механической обработке, то в чертеже особо оговаривают допустимую кривизну, прогиб, угол скручивания и т. п. Если поковку подвергают механической обработке, то обычно ее искривление приводит к неравномерности припуска. Однако, если эта неравномерность припуска укладывается в пределах допусков на размеры поковки, то поковка условно считается прямой¹, если же нет — поковку надлежит править. Избежать правку можно при своевременном выполнении мероприятий, предупреждающих искривления. Поэтому ориентироваться на правку и включать ее в технологический процесс производства поковок следует лишь в тех случаях, когда она оказывается проще и дешевле мероприятий, предупреждающих эти искривления.

Правка обычно заключается в гибке при очень малом угле изгиба или в скручивании при очень малом угле скругления, причем гибка и скручивание при правке довольно часто совмещаются.

Существуют четыре основных способа правки штампованных поковок: холодная в правочных штампах на штамповочном оборудовании; холодная на правильных прессах; горячая в правочных штампах на штамповочном оборудовании и горячая в окончательном ручье основного штампа.

Наиболее простой, дешевой и производительной является холодная правка в правочных штампах на фрикционных молотах, фрикционных или обрезающих прессах, осуществляемая после термообработки и очистки от окалины, но перед холодной калибровкой. При правке в штампе величину искривления поковок перед правкой

¹ При измерении отклонений от требуемой формы поковки устанавливают в том положении, в каком их фиксируют в приспособлении для первой операции обработки резанием.

особо не оговаривают, но требуется, чтобы эти искривления допускали свободную укладку поковок в ручей правочного штампа, причем так, чтобы поковки не защемлялись и не забивались в нем при правке.

Указанное оборудование для правки подбирают по потребному усилию. Однако расчет усилий для правки поковки в штампе при сочетании гибки с скручиванием является довольно сложным главным образом из-за неопределенности искаженной формы поковки и вытекающей из этого неопределенности расположения точек соприкосновения поковки с поверхностью правочного ручья в процессе правки. Из производственного опыта известно, что для холодной правки поковок обычно бывает достаточно от четверти до половины усилия пресса (или массы падающих частей молота), необходимого для горячей штамповки этих поковок. Реже приходится применять для правки и более мощное оборудование.

Если усилие принятого оборудования окажется недостаточным, правка будет неудовлетворительной. При этом перегрузка молотов и фрикционных прессов не отразится на их нормальной работе. Во избежание перегрузки обрезающих и других кривошипных прессов в правочных штампах для них следует предусмотреть предохранители, например в виде соответствующего набора тарельчатых пружин, на которые опирается одна из правочных матриц.

Менее рациональна холодная правка на правильных прессах. Ее приходится применять вместо правки в штампах для более крупных поковок, а также для поковок, которые в случае значительного пружинения требуют при правке перегиба в сторону, противоположную искривлению. На правильных прессах правят обычно с помощью универсальных призм. Эта правка требует дополнительного контроля, например, в контрольных приспособлениях. Усилие для правки в этом случае определяют как для гибки по дуге без последующего обжатия (см. гл. IX, § 1). Основные параметры и размеры отечественных гидравлических одностоечных прессов с индивидуальным приводом указаны в ГОСТ 9753—61. Для правки особо крупных поковок применяют правильные гидравлические двух- и четырехколонные прессы усилием до 20 МН (2000 тс).

Горячую правку в правочных штампах на молотах и прессах с использованием нагрева под предшествующую штамповку или термообработку производят вместо холодной правки для снижения усилия правки. Ее выполняют при температуре более низкой, чем температура окончания штамповки. Поэтому ручьи для горячей правки изготавливают обычно с учетом усадки стальных поковок примерно на 1,0—1,2%, а не на 1,3—1,5%, как после штамповки. Горячую правку иногда выполняют в окончательном ручье основного штампа. Однако это снижает производительность штамповки и возможно лишь в тех случаях, когда форма поковки в процессе обрезки, прошивки и других предшествующих правке операций остается неизменной, а происходящая при этом усадка поковки не препятствует свободной укладке ее по внутренним штамповочным уклонам в окончательный ручей.

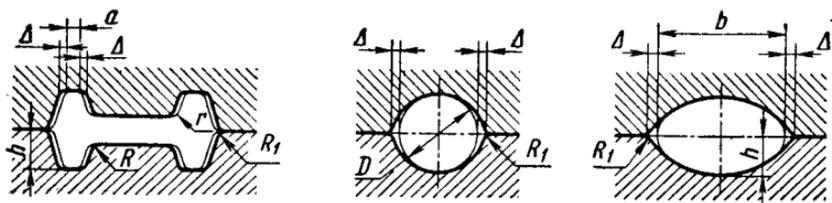


Рис. 324. Типовые сечения правочного ручья молотового штампа

Горячая правка в штампах на любом оборудовании в отдельных случаях является окончательной, но чаще не исключает необходимости повторной (холодной) правки, хотя и значительно облегчает последнюю.

Правочный ручей. Его обычно изготавливают по чертежу поковки со следующими отступлениями в сечениях ручья (рис. 324): 1) по горизонтальным размерам зазоры Δ принимают равными половине верхнего отклонения от соответствующих размеров a , D и b , причем при горячей правке эти размеры назначают с учетом усадки; 2) наружные радиусы закруглений R в ручье, соответствующие внутренним радиусам закруглений r на поковке, принимают на 2 мм больше, т. е. $R = r + 2$ мм; 3) радиус на кромке ручья у плоскости разъема $R_1 \approx 0,05h + 2$ мм, причем для круглых сечений $h = D/2$; 4) по вертикальным размерам между поковкой и поверхностью ручья (кроме случая, оговоренного ниже) и на поверхности разъема штампа, устанавливаемого на молоте или фрикционном прессе, никаких зазоров не предусматривают; 5) в правочных штампах, устанавливаемых на обжимных и других кривошипных прессах, на поверхности разъема при закрытой высоте штампа предусматривают зазор не менее 0,5—1 мм.

Для упрощения правочного ручья и облегчения правки рекомендуется при сложных в плоскости разъема контурах поковки упрощать соответствующий контур ручья в плане; небольшие выступы на поковке не обжимать, предусмотрев вокруг них зазоры 0,3—0,5 мм, если верхняя и нижняя части поковки отличаются только небольшими выступами (рис. 325), то углубления под эти выступы предусматривать в обеих частях ручья; для удобства укладки и удаления поволоки из ручья последний (рис. 326) выполнять открытым со стороны не подвергающихся обжатию поверхностей; если после гибки, выкрутки или других операций поковка получает форму, которая не может быть обжата целиком в штампе с одним разъемом, то следует пойти на более радикальные отклонения формы ручья от формы поковки, но с тем, чтобы обжатие в нем хотя бы части поверхности поковки было достаточным для ее правки. Если это невыполнимо, то правят последовательно в двух ручьях (в двух направлениях), с тем, чтобы необжатые в первом ручье поверхности поковки подвергались обжатию во втором правочном ручье.

Правочные штампы. Обычно правочные штампы делают одно-ручьевыми. В двухручьевых правочных штампах для последователь-

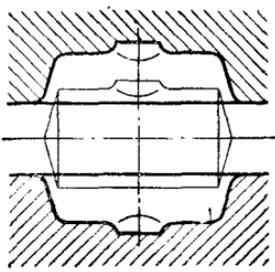


Рис. 325. Симметричный ручей для несимметричной поковки:

l — риски

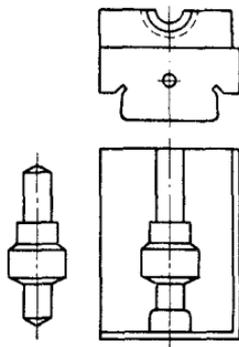


Рис. 326. Правочный штамп с открытыми передней и задней частями ручья

ной или параллельной правки двух поковок ручки располагают так, чтобы оба ручья можно было использовать одновременно.

При конструировании нерабочих элементов правочных штампов для правки на молотах, обрезных прессах и другом оборудовании, руководствуются правилами конструирования штампов для этого оборудования. Штампы для горячей правки на молотах изготавливают из той же стали, что и другие молотовые штампы, но с несколько меньшей твердостью. Штампы для холодной правки, т. е. для фрикционных молотов с массой падающих частей до 2 т, должны иметь *HV* 388—444. Стойкость правочных штампов на молотах колеблется в пределах 30 000—80 000 на фрикционных прессах 200000—450 000 шт. выправленных поковок [3].

§ 5. КАЛИБРОВКА ПОКОВОК

Общие сведения

Калибровку осуществляют небольшим обжатием поковки. Калибровка обеспечивает получение поковки точных размеров с ровной и чистой поверхностью. Наибольший экономический эффект достигается, когда калибровку применяют для частичной или полной замены обработки поковок резанием. Калибровка бывает холодная и горячая, причем различают следующие основные ее виды: плоскостную и объемную.

Плоскостная калибровка (рис. 327, *а*). При такой калибровке размеры поковки свободно увеличиваются в горизонтальных направлениях *М*.

Криволинейная (совмещенная) калибровка (рис. 327, *б*). При такой калибровке течение металла в одних горизонтальных направлениях *М* не ограничено, так же как при плоскостной калибровке, а в других горизонтальных направлениях *Н* оно затруднено боковыми стенками ручья калибровочного штампа.

Объемная калибровка (рис. 327, *в*). Боковые стенки ручья при калибровке затрудняют течение металла в горизонтальном направлении

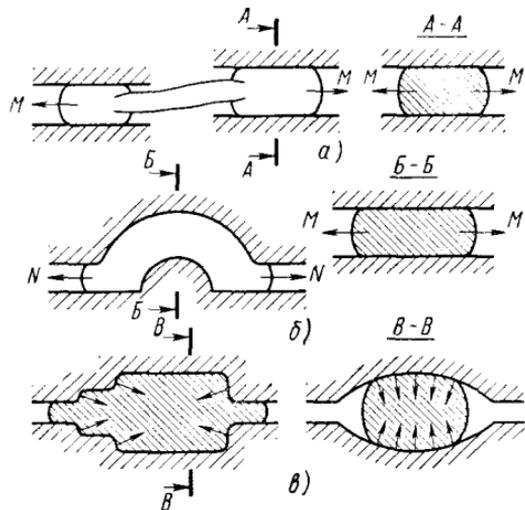


Рис. 327. Основные виды калибровки:

а — плоскостная; б — криволинейная;
в — объемная

со всех сторон. Объемную калибровку можно производить с образованием заусенца и без него. Указанные виды калибровки можно совмещать с получением на обжимаемых поверхностях рельефной фигуры. Операции, предназначенные только для этого, называются чеканкой рельефа. Существует, например, чеканка монет и медалей. Чтобы полностью исключить обработку резанием деталей, которые должны иметь точные размеры и в то же время чистую поверхность, их подвергают сначала объемной калибровке, а затем

более точной плоскостной калибровке по отдельным размерам.

Горячая калибровка. Ее можно выполнять на штамповочных молотах и фрикционных прессах, но лучше — на кривошипных горячештамповочных прессах. Горячую калибровку стальных поковок во избежание порчи их поверхности при дополнительном нагреве выполняют непосредственно после штамповки и горячей обрезки заусенца с использованием нагрева под штамповку и с образованием вторичного заусенца, подлежащего затем холодной обрезке. Таким образом, горячая калибровка по существу является небольшой по высоте доштамповкой поковок.

Холодная калибровка. Все виды холодной калибровки выполняют обычно на холоднштамповочных кривошипно-коленных прессах усилиями до 20 МН (2000 тс.) Основные параметры и размеры отечественных прессов указаны в ГОСТ 5384—73.

Перед холодной калибровкой поверхность поковок должна быть тщательно очищена от окалины и окисных пленок, а сами поковки подвергнуты необходимой правке.

К нагреву перед калибровкой на чеканочных прессах (для полугорячей калибровки) прибегают лишь в крайних случаях — при недостаточном усилии имеющегося чеканочного пресса или при калибровке поковок из малопластичной стали. Стальные поковки нагревают в электропечах сопротивления до температуры не ниже 600° С, но не выше температур структурных превращений, т. е. для низкоуглеродистой стали примерно до 750—780° С, для высокоуглеродистой до 700—750° С, для жароупорной и нержавеющей до 850° С. Поковки из алюминиевых сплавов нагревают до 300—400° С, из магниевых сплавов — до 230—250° С, из титановых сплавов — до 650—800° С.

При холодной плоскостной калибровке при практически малой разнице в высоте поковок до калибровки колебания усилия калибровки примерно пропорциональны колебаниям исходной высоты поковок. С другой стороны, при нагрузке чеканочного пресса более, чем на 20—25% от номинального усилия, упругая деформация пресса и штампа пропорциональна усилию калибровки. Поэтому практически точность размеров поковок по высоте после калибровки пропорциональна точности

их до калибровки. В связи с этим, чтобы определить допуск на высоту калиброванных поковок, достаточно знать фактический допуск по высоте поковок до калибровки (т. е. фактическую точность размеров поковки, полученную в результате предшествующей штамповки), а также жесткость прессы и разницу в необходимом усилии при калибровке хотя бы двух поковок (например, у одной поковки с максимальной и у одной поковки с минимальной высотой до калибровки).

Из кривых сжатия, построенных для различных материалов, известно, что по мере увеличения деформации снижается интенсивность увеличения усилия, т. е. кривая становится более пологой. Кроме того, интенсивность увеличения усилия снижается при понижении твердости материала калибруемых поковок. Отсюда следует, что с увеличением обжатия поковок (с увеличением припуска на калибровку точность их размеров по высоте после калибровки возрастает. Кроме того, точность калибровки может быть повышена за счет снижения твердости материала поковок перед калибровкой: путем их отжига или нормализации.

Одновременно с пластической деформацией поковки под действием усилия P_k , возникающего при калибровке, происходят упругие деформации: 1) системы пресс-штамп на величину h_1 , 2) поковки на величину h_2 и 3) калибровочных плиток штампа на величину h_3 . При линейной зависимости между этими деформациями и усилием общая упругая деформация

$$h = h_1 + h_2 + h_3 = \frac{P_k}{C_1} + \frac{P_k}{C_2} + \frac{P_k}{C_3} = P_k \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right),$$

где C_1 — жесткость системы пресс-штамп; C_2 — жесткость поковки; C_3 — жесткость калибровочных плиток.

Точность калибровки зависит от колебания величины этих деформаций:

$$\Delta h = \Delta P_k \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right).$$

Таким образом, точность калибровки получается тем выше, чем меньше разность усилия ΔP_k и чем больше жесткости C_1 , C_2 и C_3 . Отсюда следует, что возможны два направления при повышении точности калибровки: за счет уменьшения колебания усилия на калибровку и повышения указанных жесткостей.

Используя первый путь, можно повысить точность калибровки внедрением следующих мероприятий: 1) ужесточения допусков на штамповку; 2) применения предварительной горячей калибровки или сортировки калибруемых поковок по высоте на партии с последующей калибровкой каждой партии отдельно после соответствующей переналадки прессы¹; 3) применения многократной (двойной или тройной) калибровки²; 4) увеличения припуска на калибровку и 5) снижения твердости материала поковок перед калибровкой.

Однако ужесточение допусков на штамповку приводит к нерациональному увеличению расхода основных штампов, а предварительная горячая калибровка или

¹ Рекомендуется сортировать поковки на партии с общим допуском до 0,3 мм на обжимаемый размер для каждой партии.

² Для снижения твердости материала поковок, упрочняемого при многократной калибровке, обычно возникает необходимость в промежуточных отжигах, портящих поверхность поковок, поэтому многократная холодная калибровка не всегда эффективна.

сортировка по высоте перед калибровкой, как и многократная калибровка поковок связаны с обычно неприемлемым усложнением технологического процесса производства поковок. Поэтому эти мероприятия в большинстве случаев не проводятся.

Возможности использования второго пути повышения точности калибровки — за счет повышения жесткостей — менее разнообразны, так как жесткость поковки заранее определена ее конструкцией, жесткость калибровочных плиток — модулем упругости их материала (причем практические возможности повышения жесткости плиток довольно ограничены), а повышение жесткости существующих конструкций чеканочных прессов связано с известными трудностями и не может дать большого эффекта. Поэтому остается как будто последняя возможность — это повысить жесткость системы пресс-штамп за счет применения калибровочных штампов с ограничителями. При этом способе одновременно с калибровкой поковки производят упругое сжатие ограничителей хода верхней части калибровочной плитки вниз. Ограничители размещают с двух сторон поковки, причем нижняя калибровочная плитка и ограничители могут представлять собой цельную деталь с прорезью соответствующей ширины и определенной глубины, в которой и происходит калибровка поковок.

Точность калибровки с ограничителями

$$\Delta h = \Delta P_{\kappa} \left(\frac{1}{C_1 = \frac{2C_{3,4}C_4}{C_{3,4} + C_4}} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right),$$

где $C_{3,4}$ — жесткость калибровочных плиток при вмятии в них ограничителя; C_4 — жесткость ограничителя.

При рассмотрении этой формулы и сравнении ее с ранее приведенной формулой для калибровки без ограничителя видно, что они отличаются друг от друга лишь знаменателями первого из слагаемых, причем значения этого знаменателя при калибровке с ограничителями всегда больше, чем при калибровке без ограничителей. Подставив в обе эти формулы значения указанных жесткостей, можно убедиться в том, что применение ограничителей повышает точность калибровки в два раза и более, что и подтверждается на практике.

Для производственных условий можно рекомендовать наладку путем уменьшения высоты штампового пространства за счет постепенного опускания ползуна в его нижнем положении. Для этого, подобрав несколько поковок, имеющих наибольшую высоту перед калибровкой (в пределах максимального верхнего отклонения), следует на них провести наладку в две стадии. Первая стадия заключается в опускании ползуна до соприкосновения верхней калибровочной плитки с ограничителем, но без деформации. Вторая стадия наладки заключается в создании дополнительного распора путем дальнейшего опускания ползуна прессы на величину B , зависящую от номинального усилия прессы P_n , от усилия P_{κ} , необходимого на калибровку поковки, а также от жесткости прессы и параметров ограничителя.

$$B_{\max} = P_{\text{д}} \max \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{2C_4} + \frac{1}{2C_{3,4}} \right),$$

где $P_{\text{д}}$ — усилие на дополнительный распор во избежание перегрузки прессы,

$$P_{\text{д}} \leq 0,9P_n - P_{\kappa}.$$

Рекомендуется, чтобы P_d составляло 5—20% от P_{II} . Высота ограничителя

$$H_4 = H_2 + \frac{P_d}{2} \left(\frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_{3.4}} \right) - P_k \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right),$$

где H_2 — высота поковки.

При этом C_1 следует брать из характеристики прессы или определять дополнительно. Значения C_2 и C_3 определяют по вытекающему из закона Гука выражению

$$C = E \frac{F}{H},$$

где E — модуль упругости материала соответственно поковки или ограничителя; H — высота; F — опорная площадь. Если опорная площадь поковки меньше площади калибровочной плитки, причем при калибровке происходит упругое вмятие поковки в плитку, то C_3 следует определить по известной в теории упругости формуле Бусенеска при расчете деформации упругого полупространства. При этом для обжимаемых квадратных в плане поверхностей

$$C_3 = E_3 \frac{b}{2,24 (1 - \mu)^2};$$

для круглых в плане поверхностей

$$C_3 = E_3 \frac{\pi d}{8 (1 - \mu)^2},$$

где E_3 — модуль упругости материала калибровочных плиток; b и d — соответственно сторона квадрата и диаметр поковки; μ — коэффициент Пуассона. По аналогичным формулам следует определять и значения $C_{3.4}$, если опорная площадь ограничителя меньше площади калибровочной плитки и поэтому ограничитель упруго вминается в плитку (при этом b и d — сторона квадрата и диаметр ограничителя).

Отклонение от плоской формы. Вогнутость калибровочных плиток к моменту окончания обжатия поковки приводит к тому, что плоские до калибровки поверхности поволоков становятся после калибровки выпуклыми. Известная при осадке неравномерность нормальных напряжений на контактной поверхности, увеличивающаяся с уменьшением отношения высоты к ширине обжимаемого участка, приводит к неравномерности упругих деформаций поковки после снятия калибрующего усилия. В зависимости от соотношения между величиной упругих деформаций плиток и упругих деформаций поволоков последние могут привести к восстановлению плоской формы и к увеличению выпуклости калиброванных поверхностей.

Уменьшить выпуклость можно применением для плиток материала с наибольшим модулем упругости (например, замена стали твердыми сплавами уменьшает прогиб плиток в 2 раза), а также уменьшением усилия калибровки путем снижения твердости материала поволоков, уменьшения площади обжимаемой поверхности, применения смазки и т. д. Смазку назначают с учетом материала поковки и отношения высоты к ширине обжимаемого участка. Применением смазки при калибровке можно уменьшить усилие на 8—20%.

Шероховатость поверхности. Деформация неровностей на обжимаемых поверхностях и снижение шероховатости этих поверхностей при калибровке поволоков протекает по стадиям. После первоначального смятия гребешков на поверхности поволоков и вызванного этим поверхностного упрочнения, деформация неровностей прекращается до тех пор, пока в результате дальнейшей деформации всего калибруемого участка не произойдет упрочнения его материала на большей

глубине. Тогда снятие грешковов возобновится и будет продолжаться до получения поверхности такой же шероховатости, какую имеет поверхность калибровочных плиток. Вследствие наличия на контактных поверхностях выпуклости и зон скольжения, требуемая шероховатость поверхности на краях обжимаемого участка достигается немного раньше, чем в центре. В связи с этим калибровка поковок с отверстиями в центре обжимаемого участка может осуществляться с меньшими обжатиями. Поверхность, подвергнутая травлению, требует немного меньшего обжатия, чем очищенная дробью. С уменьшением отношения высоты к ширине обжимаемого участка величина обжатия, необходимого для достижения требуемой шероховатости, уменьшается.

Разработка чертежа поковки, подвергаемой калибровке

Допуски на размер поковки между обжимаемыми поверхностями можно определить ориентировочно, исходя из площади этих поверхностей и способа калибровки. Так, например, при обычной плоскостной холодной калибровке для обжимаемых поверхностей площадью менее 3 см^2 легко достичь точности $\pm 0,1 \text{ мм}$, а при калибровке с ограничителями — $\pm 0,05 \text{ мм}$; для поверхностей площадью $20\text{—}40 \text{ см}^2$ — соответственно $\pm 0,25$ и $\pm 0,15 \text{ мм}$. При этом раковины от окалины после очистки перед обычной калибровкой могут быть глубиной не более $0,2 \text{ мм}$, а перед калибровкой с ограничителями — не более $0,1 \text{ мм}$. Тогда шероховатость калиброванных поверхностей, как было указано выше, получается в пределах 6—8-го классов. Если допуск на размер или чистота калиброванной поверхности не соответствуют требованиям, предъявляемым к готовой детали, то необходимо предусмотреть припуски $0,2\text{—}0,4 \text{ мм}$ на сторону на последующее шлифование. Поковки перед калибровкой должны иметь припуски на калибровку и допуски на размеры, величину которых определяют по ГОСТ 7505—74. Так, например, припуск на сторону при площади калибровки менее $2,6 \text{ см}^2$ установлен $0,2 \text{ мм}$, а при площади $25\text{—}40 \text{ см}^2$ — $0,63 \text{ мм}$. Чтобы вертикальные размеры между калибровочными плитками при закрытой высоте штампа соответствовали номинальным размерам калиброванной поковки, следует в случае одновременного обжатия нескольких пар ее параллельных плоскостей при назначении припусков на калибровку определять эти припуски отдельно для каждого вертикального размера поковки с учетом того, что упругие деформации на различных ее участках будут неодинаковыми.

Для устранения выпуклостей на обжимаемых поверхностях, кроме указанных выше способов, практикуют также следующий прием. В окончательном ручье основного штампа эти поверхности делают вогнутыми. При этом форма и глубина вогнутости должны соответствовать форме и глубине выпуклости, получаемых при калибровке поковок с плоскими торцами и определяется экспериментально при обжатии образцов из того же материала и тех же размеров.

Нарушение параллельности калиброванных плоскостей получается обычно с расхождением их в ту сторону, с которой при ка-

либровке оказывается повышенное сопротивление течению металла. Например, у стержня с двумя головками при одновременной калибровке обеих головок течение металла в сторону стержня затруднено, и высота головок со стороны стержня может получиться большей, чем с наружных его сторон. Этот дефект устраняется тем, что у штампуемых поковок предусматривают непараллельность этих плоскостей, но с расхождением в обратную сторону. Например, с этой целью высоту поковок типа стержня с двумя головками со стороны стержня делают меньшей, чем с наружных его сторон, причем величину непараллельности, образуемой разностью указанных высот, устанавливают экспериментально.

При нежелательном во время плоскостной калибровки увеличении горизонтальных размеров поковок против заданных следует получить их до калибровки уменьшенными на величину ожидаемых приращений. В общем случае это приращение размеров в обе стороны

$$x \approx \frac{2F \Delta h}{p(h + \Delta h)},$$

где F — площадь горизонтальной проекции обжимаемого участка до калибровки; Δh — припуск на калибровку; p — его периметр в горизонтальной плоскости до калибровки; h — высота обжимаемого участка.

При обжатии круглых или квадратных в плане участков

$$x = d \left(\sqrt{1 + \frac{\Delta h}{h}} - 1 \right)$$

или приближенно

$$x \approx 0,5d \frac{\Delta h}{h},$$

где d — начальный диаметр или начальная сторона квадрата обжимаемого участка.

При осаживании участков удлиненной в плане формы и соответственно незначительных приращениях в длину поперечные приращения

$$x \approx b \frac{\Delta h}{h},$$

где b — ширина рассматриваемого участка до калибровки.

Для свободной укладки поковок в калибровочный ручей при объемной калибровке горизонтальные размеры поковок перед калибровкой делают меньше окончательных на 0,5—0,8 мм. При этом соответствующие вертикальные размеры увеличивают исходя из условия постоянства объема поковки, так как припуск на объемную калибровку не предусматривают, за исключением калибровки, сопровождающейся образованием заусенца. В последнем случае предусматривают припуск, равный предполагаемому заусенцу, если припуск этот не получается за счет недоштамповки.

Объемная калибровка часто требует более значительных отклонений формы штампованных поковок от их окончательной формы.

Если при калибровке, кроме изменения размеров, происходит также изменение формы поковки, составляют два отдельных чертежа: для поковки до калибровки и для поковки после калибровки. Когда изменяются только размеры поковки, выпол-

няют один чертеж, в котором над размерными линиями изменяющихся размеров делают надпись «штамповать» с указанием размера, получаемого после штамповки с соответствующим допуском на нее, а под ними делают надпись «калибровать» (или «чеканить») с указанием размера, получаемого после калибровки с соответствующим допуском на калибровку.

Усилие чеканочного пресса

Необходимое усилие чеканочного пресса можно определить с достаточной для практики точностью по удельным усилиям (табл. 15), приходящимся на единицу площади проекций обжимаемой поверхности на горизонтальную плоскость, включая

Т а б л и ц а 15

Удельные усилия при холодной калибровке

Материалы, подвергаемые калибровке	Удельное усилие при калибровке, МН/м ²	
	плоскостной	объемной
Алюминиевые сплавы АМц, АМг, Д1, Д6, АК6	1000—1200	1400—1700
Медь, золото, серебро	—	1400—2000
Углеродистая сталь:		
10	1300—1600	1800—2200
25	1800—2200	2500—3000
35—45	2500—3000	3000—4000
Легированная сталь:		
15ХА, 13Н2А	1300—1600	1800—2200
12ХН3А, 12Х2Н4А, 38ХА, 40ХФА . .	1800—2200	2500—3000
30ХГСА; 20ХН3А, 37ХН3А, 38ХМЮА, 40ХН2МА	2500—3000	3000—4000

заусенец, если он образуется. Удельные усилия при криволинейной калибровке получаются промежуточными между необходимыми для плоскостной и объемной калибровки, ближе к тем или другим в зависимости от вида криволинейной калибровки. Нагрев перед калибровкой снижает необходимое усилие чеканочного пресса на 50—70%.

КАЛИБРОВОЧНЫЕ ШТАМПЫ

Штамп для плоскостной калибровки (рис. 328) состоит из нижней плиты или башмака 7, укрепленного прижимами и болтами на столе пресса, верхней плиты или державки 3, укрепляемой в ползуне клином, пары промежуточных плит 4, закрепленных болтами 6 в нижней и верхней плитах, калибровочных матриц или калибровочных плиток 2 и 5, укрепленных винтами 1 на промежуточных плитах. Число калибровочных плиток обычно определяется числом обжимаемых плоскостей и формой изделия, хотя на фигурных ступенчатых плитках можно обжимать и более одной пары плоскостей.

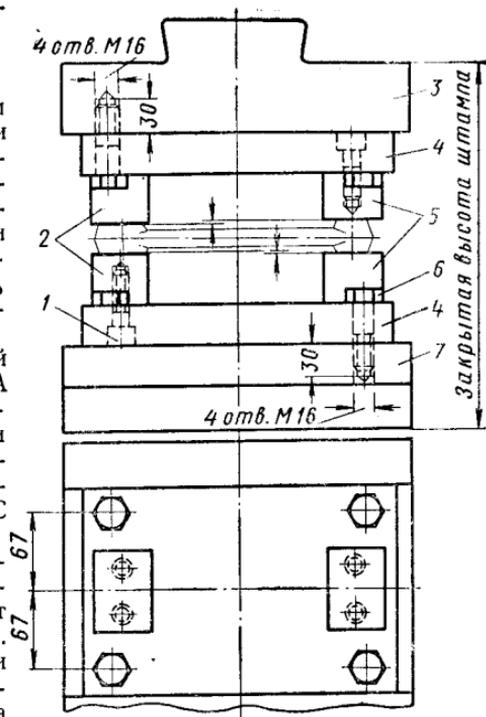
Для плоскостной калибровки с одновременным обжатием наружных и внутренних штамповочных уклонов применяют комбинированные штампы или последовательные калибровочно-правочные штампы с парой дополнительных правочных матриц для восстановления параллельности обжатых отростков. Для холодной объем-

Рис. 328. Штамп для плоскостной калибровки рычага

ной калибровки применяют штампы с ручьями, имеющими форму поковки и открытыми со стороны необжимаемых поверхностей, а также с надежными направляющими колонками и втулками. Устройство штампов для горячей калибровки не отличается от других штампов, устанавливаемых на штамповочных молотах, фрикционных и кривошипных горячештамповочных прессах.

Плитки для холодной плоскостной калибровки изготовляют из стали У10А твердостью $RC\ 58-60$, для криволинейной и объемной калибровки — из стали типа Х12М с твердостью $RC\ 56-58$; матрицы для горячей калибровки на прессах — из стали 4Х8В2, 3Х2В8Ф и 6ХВ2С твердостью $RC\ 52-58$.

Оборудование для горячей калибровки устанавливают в потоке со штамповочным, в непосредственной близости от пресса для горячей обрезки заусенца. Производительность горячей калибровки определяется производительностью штамповки. Организация рабочего места на участках холодной калибровки отличается от таковой на участках холодной обрезки только простотой ввиду отсутствия отходов. При ручной подаче средняя часовая производительность холодной калибровки 250—500 шт. и более в зависимости от габаритных размеров поковок. При автоматической подаче и непрерывной работе пресса производительность увеличивается до 2000 и более поковок в час.



ТЕХНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ
ПОКОВОК

§ 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ НА ПОКОВКИ

Основная часть технических требований оговаривается в чертеже поковки, прочая часть является обычно общей и распространяется на все поковки, выпускаемые данным цехом, или только на поковки, входящие в отдельный заказ. Иногда при изготовлении особо ответственных деталей эту часть требований составляют отдельно и в качестве дополнительного документа прилагают к чертежу поковки. Технические требования вместе с чертежом поковки регламентируют ее размеры и форму, а также материал поковки и качество поверхности.

Требуемую форму и размеры поковки, как и допустимые отклонения от них, обычно полностью указывают в ее чертеже. Помимо допусков на размеры, тут же при необходимости оговаривают величины допустимых отклонений от требуемой формы, а именно: сдвиг по разьему штампа, непараллельность и неперпендикулярность отдельных элементов фигуры, овальность ее круглых сечений и отверстий, разностенность, эксцентричность, кривизну, прогиб и т. п. Кроме этого, особо оговаривают допустимые остатки (предельную величину) заусенца после его обрезки.

В технических требованиях указывают способ очистки поверхности поковки от окалины, недопустимость или толщину допустимого слоя окалины, допустимую глубину залегания местных поверхностных дефектов (рисок, волосовин, плен, вмятин, забоин, зажимов и т. п.), способ их зачистки, а также допустимую глубину и требуемую форму выемок, оставшихся на поверхности после удаления окалины и зачистки. При этом шероховатость поверхностей, обжимаемых при калибровке, обозначают соответствующим классом шероховатости.

В соответствии с техническими требованиями поковка должна быть изготовлена из материала определенного химического состава и термически обработана на заданную твердость. По техническим требованиям металл поковки должен иметь определенную макроструктуру, а после термообработки — соответствующую микроструктуру и не иметь металлургических пороков. Вырезанные из поволоков образцы после особо оговоренной для них термообработки должны отвечать соответствующим показателям механических свойств. В связи с этим в технических требованиях указывают марку материала поковки, ее термообработку, особо термообработку об-

разцов для механических испытаний, место испытания твердости, места и расположения вырезаемых образцов, а также требуемые показатели механических свойств. При этом для проверки микро- и особенно макроструктуры в отдельных случаях к техническим требованиям прилагают эталонные образцы шлифов или их фотографии. При ковке-штамповке неотвественных деталей технические требования на их изготовление соответственно упрощаются.

§ 2. ВИДЫ БРАКА И ИСПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТНЫХ ПОКОВОК

К наиболее распространенным видам брака поковок относятся следующие:

1) по исходному металлу: риски, волосовины, закаты, плены, флокены, трещины, шлаковые включения, несоответствие марки или химического состава и несоответствие размеров исходного металла;

2) по заготовкам: грубый срез или скол, заусенец, торцовые трещины, несоответствие размеров или массы заготовок;

3) по нагреву: перегрев, пережог и окалина;

4) по ковке-штамповке: отклонения от размеров, забоины и всевозможные искажения формы (недоштамповка, незаполнение формы, сдвиг по разьему, зажим, вмятины от окалины, остатки заусенца, кривизна и т. д.), а также несоответствие макроструктуры;

5) по термообработке: несоответствие механических свойств неравномерности твердости и закалочные трещины;

6) по очистке: остатки окалины, перетравка, рябина и забой в барабанах.

Некоторые из дефектных поковок могут быть исправлены следующими способами. Заусенцы, волосовины, закаты и зажимы удаляют заточкой или вырубкой. Незначительные незаполнения формы, вмятины, недоштамповка, а также сдвиги по разьему иногда легко исправляют перештамповкой. Искривления исправляют правкой, перегрев и неравномерности твердости — повторной термообработкой.

Торцовые, закалочные и другие трещины и расслоения, пережог, а также значительное незаполнение формы являются браком неисправимым.

§ 3. ЗАДАЧИ И СПОСОБЫ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

В задачи технического контроля входит: предупреждение брака путем своевременной проверки и выявления недобракаченных заготовок, неисправных или изношенных штампов и т. п., а также обнаружение отклонений контролируемых параметров поковок, намечающихся в ходе технологического процесса, от технических требований или от чертежа; своевременное обнаружение дефектных и бракуемых поковок, а также изоляция их от основной массы годной продукции; систематический учет и технический анализ причин дефектов и брака.

В кузнечных цехах применяют три вида технического контроля: исходного металла и заготовок; межоперационный и окончательный. Первые два вида имеют особое значение для своевременного предупреждения брака. Задача окончательного контроля — не допустить выхода из цеха брака.

При выполнении задач технического контроля используют следующие средства. Химический состав исходного металла и заготовок подвергают химическому анализу. Не прибегая к химическому анализу, марку материала определяют спектральным анализом на стилоскопах или просто по искре от шлифовального круга, а также с помощью индукционных дефектоскопов с электроннолучевой трубкой.

Качество поверхности исходного металла и заготовок проверяют преимущественно визуально (осмотром). Для выявления мелких поверхностных дефектов могут быть использованы магнитные дефектоскопы и люминесцентный метод освещения контролируемой поверхности ртутной кварцевой лампой после довольно сложной и недешевой подготовки этой поверхности. Для выявления внутренних дефектов могут быть использованы ультразвуковые дефектоскопы и установки для просвечивания металла лучами рентгена и гамма-лучами. Существуют установки для просвечивания толщин до 14, 250, 450 и до 500 мм, в том числе переносные и требующие специальной изоляции.

Для контроля качества поверхности и выявления внутренних дефектов материала поковок используют те же методы, что и при контроле исходного металла, но иногда с меньшим успехом, поскольку некоторые дефектоскопы (например, ультразвуковые) пригодны только для контроля предметов постоянного сечения. Брак по нагреву под ковку и штамповку предупреждают контролем режима нагрева с помощью пирометров. Структуру металла и качество термообработки поковок проверяют контролем твердости, металлографическим анализом и механическими испытаниями, а также с помощью электромагнитных, ультразвуковых и других дефектоскопов, в том числе с электроннолучевыми трубками.

Для повышения качества продукции в условиях крупносерийного и массового производства поковок необходимо широкое применение статистического анализа точности технологических процессов, а также статистический контроль штампуемых поковок и режимов их обработки. Статистический анализ необходим для оценки точности технологических процессов, для выработки и уточнения технических требований на изготовление поковок, для определения границ между нормальной точностью и состоянием разладки технологического процесса, приводящей к дефектам и браку. Статистический анализ необходим также при подготовке и организации текущего статистического контроля.

§ 4. ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ИНСТРУМЕНТ И КОНТРОЛЬНЫЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Технический контроль в кузнечных цехах является неотъемлемой частью технологического процесса производства поковок. Разработку технологии контроля и проектирование контрольной оснастки выполняют одновременно с разработкой технологического процесса изготовления поковок и проектированием основного инструмента и штампов.

При выборе измерительных средств все элементы контролируемых поковок разбивают на две категории: стабильные, например изменяющиеся только по мере износа штампа, и нестабильные, например зависящие от недоштамповки. Первые проверяют только выборочно, вторые, как правило, на всех поковках. Для измерения стабильных элементов используют универсальный измерительный инструмент, для измерения нестабильных элементов — специальный

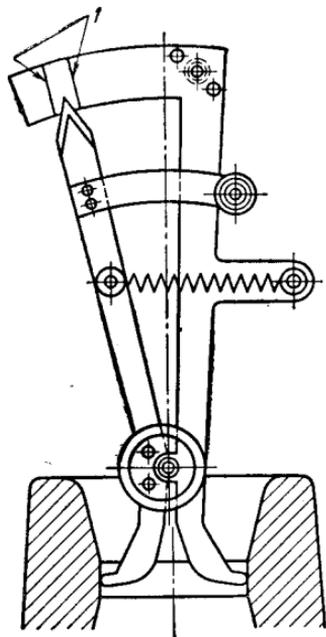


Рис. 329. Промер диаметра прошитого отверстия предельным нутромером

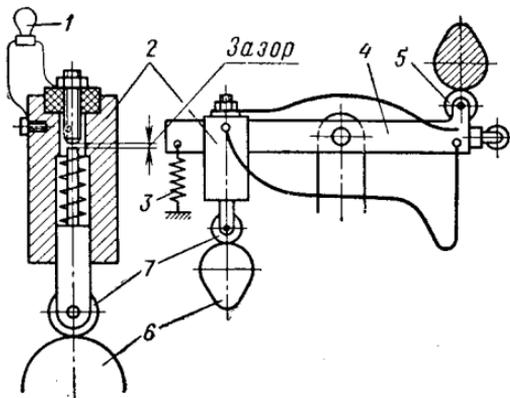


Рис. 330. Электроконтактный прибор со светодомом для контроля припуска по профилю кулачков распределительного валика автомобиля:

1 — сигнальная лампочка, загорающаяся при недостаточном припуске; 2 — электроконтактный глубомер; 3 — натяжная пружина; 4 — равноплечий рычаг; 5 — ролик, обкатывающий поверхность контролируемой поковки; 6 — эталон, вращающийся синхронно с контролируемой поковкой; 7 — ролик, обкатывающий поверхность эталона

измерительный инструмент и контрольные приспособления. Последние применяют вместо универсального и специального измерительного инструмента для повышения производительности контрольных операций. В зависимости от серийности производства поковок контрольные приспособления бывают различной степени сложности.

К специальному контрольному инструменту относятся различные скобы, шаблоны, кронциркули, глубомеры, нутромеры (рис. 329) и т. д. специального назначения. По измеряемому размеру их изготовляют обычно с допуском в 10 раз более жестким, чем допуск у измеряемого размера.

В контрольное приспособление поковку устанавливают точно по тем базам, что и в приспособление для последующей ее механической обработки. При этом желательно, чтобы установленная поковка вовсе не требовала зажатия или нуждалась лишь в легком прижиме ее рукой контролера. Если прижим необходим, то рекомендуется применять прижимы типа эксцентриковых, байонетовых или пневматических, но не пружинных, поскольку последние не обеспечивают стабильной установки поковок.

Контрольные приспособления налаживают при установке в них эталонов в виде готовой детали или поковки с предельными размерами. Допустимая погрешность измерений поковок в контрольных приспособлениях, как и у специального контрольного инструмента, не должна превышать 10% от допуска на измеряемый размер.

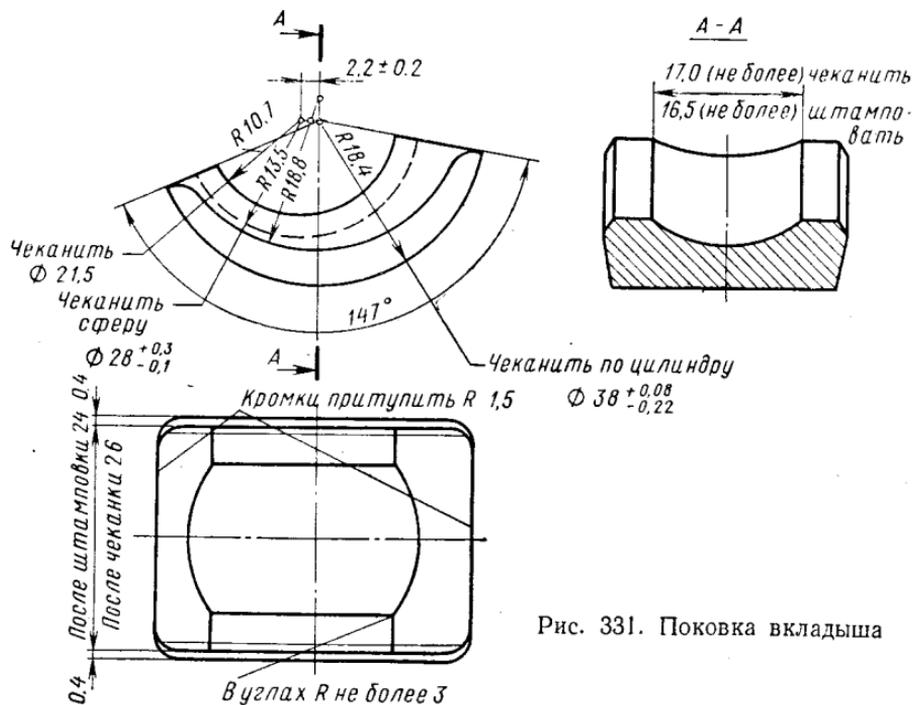


Рис. 331. Поковка вкладыша

По технологическому признаку контрольные приспособления подразделяют на наладочные и приемочные. Наладочные предназначены для выборочной проверки поковок при наладке штампов и периодической проверки в процессе штамповки. Эти приспособления снабжены керновыми устройствами для ускорения разметки поковок или индикаторными и другими измерительными устройствами, снабженными шкалой и показывающими величину фактических отклонений формы или размера поковки от требуемых. Приемочные контрольные приспособления предназначены для сплошной проверки поковок. Они имеют измерительные устройства, фиксирующие только попадание контролируемого элемента в заданный допуск или выход за его пределы. О результате замера становится известно или по изменению положения указателей между предельными отметками (см. риски на рис. 329) на шкале, или в приспособлениях с электроконтактными приборами при предельных значениях зажигаются соответствующие сигналы светофора (рис. 330).

При проверке поковок массой до 50 кг производительность приемочных приспособлений выше, чем наладочных, и составляет 300—1500 поковок в час. Это в 50—300 раз больше по сравнению с обычной разметкой и приемкой на контрольной плите с помощью угольника, рейсмуса, штангенциркуля и другого универсального измерительного инструмента.

Например, штампуемый на молоте вкладыш головки поперечной рулевой тяги автомобиля (рис. 331) после холодной объемной калибровки подвергают фрезерованию только с двух боковых сторон и в таком виде он поступает на сборку. Таким

образом, радиусы наружной и внутренней его цилиндрических поверхностей, а также внутренней сферы и расположение плоскостей под углом 147° , а также эксцентриситет $2,2 \pm 0,2$ мм должны обеспечиваться калибровкой. К нестабильным размерам здесь относятся только толщина вкладыша, зависящая от настройки закрытой высоты штампового пространства чеканочного пресса, и указанный эксцентриситет, зависящий от соосности верхней и нижней частей калибровочного штампа. Для контроля этих размеров применяют следующее приспособление (рис. 332).

На чугунной плите 1 во втулке 11 вращается чашка 12, управляемая рукояткой 10. В чашке 12 укреплены вкладыш 8 и палец 9. В корпусе 14, неподвижно закрепленном на плите 1, установлена закаленная пластинка 15 на расстоянии $14-0,03$ мм от центра вращения чашки 12. Проверяемая поковка прикладывается внутренней сферической поверхностью к сферическому наконечнику калибра 7 и опускается вместе с ним до упора кнопки 6 в дно чашки 12. Вкладыш 8 охватывает при этом поковку по внешней цилиндрической поверхности. Далее при повороте рукоятки 10 палец 9 захватывает поковку, заставляя ее вращаться вместе с чашкой 3 до полного заклинивания поковки и калибра 7 между вкладышем 8 и пластинкой 15.

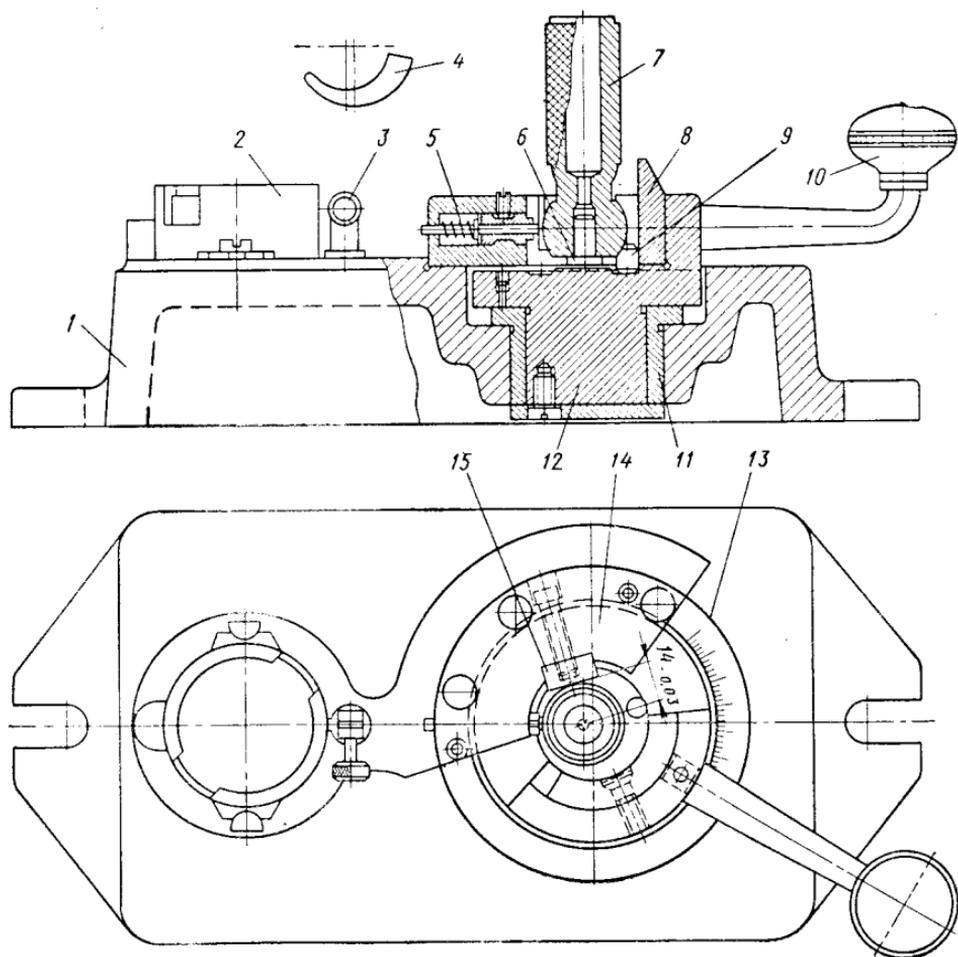


Рис. 332. Контрольное приспособление для вкладышей

В момент заклинивания поковки угол поворота чашки, измеряемый по шкале 13, будет характеризовать толщину поковки, которая на ее чертеже задана допуском 2,5—5,0 мм.

К моменту заклинивания калибр 7 сферической головкой самоустанавливается по сферической поверхности поковки; при этом положение его измеряют обыкновенным круглым индикатором с ценой деления 0,01 мм, размещаемым в предохранительном кожухе 2. Втулка наконечника индикатора закреплена в приспособлении винтом 3. Чтобы предохранить наконечник индикатора от износа, давление на него от головки калибра 7 передается через стержень 5. Для установки шкалы индикатора и тарировки шкалы 13 к приспособлению прилагают эталонную поковку 4, зная действительные размеры которой нетрудно установить соответствующие чертежу пределы отклонений эксцентриситета по индикатору и толщины по шкале 13.

Это приспособление дает точные и стабильные показания, обеспечивающие взаимозаменяемость вкладышей при сборке рулевого управления автомобиля. Используя его, можно проверять до 400—450 поковок в час. Очевидно, что контроль этих вкладышей без описанного здесь приспособления был бы столь же затруднителен, сколь трудна и трудоемка была бы механическая обработка их, если бы они не подвергались калибровке.

Глава XII

ВЫБОР ВАРИАНТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

§ 1. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Перед тем как приступить к выбору технологического процесса изготовления той или иной поковки, прежде всего следует выяснить, какие требования предъявляются к изготавливаемой из нее детали при эксплуатации: характер нагрузки, наиболее ответственные сечения, требуемое расположение волокон, желаемое распределение наружных и внутренних слоев металла исходной заготовки и т. д. Необходимо продумать, как обеспечить максимальную прочность данной детали или другие эксплуатационные требования, т. е. установить, какие приемыковки или штамповки могут придать поковке необходимые свойства за счет соответствующего расположения волокон, распределения наружных и внутренних слоев заготовки, уковки и т. д.

Далее следует перейти к выяснению вопросов, связанных с программным заданием, размером заказа, вероятностью его повторения и размером партии. Уточнив задание, следует определить, какова может быть производительностьковки-штамповки при различных ее вариантах, и подсчитать соответствующую им загрузку основного кузнечного оборудования, чтобы определить характер производства и наиболее соответствующие ему средства и способыковки-штамповки. В таких расчетах следует ориентироваться на современную производительность и полную загрузку основного оборудования при двухсменной его работе. При нормальной организации кузнечного производства третья смена обычно занимается текущим ремонтом и наладкой оборудования и оснастки, включая смену и опробование вновь устанавливаемых штампов.

При единичном и мелкосерийном производстве поковок разовые заказы могут не повторяться, а при ежемесячном повторении заказов в месячной программе производства кузнечного цеха за каждой единицей основного ковочного или штамповочного оборудования закрепляется изготовление поковок не менее 15 наименований. Таким образом, при мелкосерийном производстве поковок на выполнение месячного задания по каждому наименованию основное оборудование бывает загружено в среднем менее двух дней. При серийном (среднесерийном) производстве поковок за каждой единицей основного кузнечного оборудования закрепляется изготовление поковок обычно 5—15 наименований, в соответствии с чем на выполнение месячного задания по каждому наименованию это оборудование

бывает загружено в среднем примерно 1,5—5 дней. При крупносерийном производстве поковок за каждой единицей основного кузнечного оборудования закрепляется изготовление поковок 2—5 наименований, а на выполнение месячного задания по каждому наименованию это оборудование бывает загружено в среднем примерно 5—12 дней. При массовом производстве основное оборудование полностью предназначается для изготовления поковок одного наименования до замены их другими поковками в связи с модернизацией изделия или снятия его с производства по тем или иным причинам. Следует иметь в виду, что чем меньше поковок надо изготовить, тем труднее оправдать расходы на штампы и на организацию сложного технологического процесса, и, наоборот, чем больше программа производства поковок, тем рациональнее осуществление сложного процесса с применением сложных и дорогих инструментов, специализированного оборудования и т. д.

Поэтому при единичном и мелкосерийном производстве наиболее рациональнаковка или штамповка на ковочном оборудовании с применением подкладных и других простейших штампов; при среднесерийном — штамповка кованных заготовок в одноручевых штампах или многоручевая штамповка на штамповочном оборудовании; при крупносерийном — также многоручевая штамповка, но с выделением с основного штамповочного оборудования наиболее трудоемких заготовительных или завершающих переходов в отдельные, осуществляемые на специализированном оборудовании. В связи с этим больше внимания при единичном и мелкосерийном производстве следует уделять организации группового метода производства поковок с разработкой групповой технологии при максимальной унификации инструмента. Групповой метод дает возможность при единичном производстве применять средства мелкосерийного, а при мелкосерийном — средства среднесерийного производства. При этом одновременно с повышением производительности ковки-штамповки снижается стоимость производства и можно значительно улучшить качество поковок. Еще больший экономический эффект дает так называемая предметная специализация в кузнечном производстве, проводимая взамен отраслевой специализации при соответствующем межотраслевом кооперировании производства поковок. Предметная специализация кузнечных цехов проводится по видам исходного металла и технологических процессов с учетом характера производства, а также по видам и типам поковок с учетом их размеров и конфигурации. Сосредоточение в одних цехах и на одних участках производства однотипных поковок и соответствующая специализация этих цехов и участков на изготовлении этих поковок не только экономически оправдано, но и позволяет с большим экономическим эффектом применять средства крупносерийного и массового производства при значительно меньших объемах заказов на поковки, чем при отсутствии предметной специализации. Благодаря этому специализированное производство поковок оказывается наиболее выгодным даже при значительном удалении от потребителя.

При массовом производстве расчленение процесса штамповки на отдельные последовательные совершеншаемые операции, осуществляемые на обычном или специализированном оборудовании, оказывается наиболее рациональным. В таких случаях часто целесообразна организация поточных линий с применением в них, кроме обычного штамповочного оборудования, специальных кузнечных машин и станков с соответствующей механизацией и автоматизацией основных, транспортных, контрольных и других операций. Кроме того, надо иметь в виду, что чем сложнее процессковки-штамповки, тем рациональнее использование таких отделочных операций, как правка, раскатка, калибровка и других, применяемых для уменьшения припусков на механическую обработку или для полного упразднения отдельных операций последующей обработки поковок на металлорежущих станках.

Для оценки того или иного вариантаковки-штамповки в связи с изменением программы производства бывает необходимо установить критическую серийность, т. е. такие размеры серий, при которых два сравниваемых между собой варианта оказываются одинаково экономически целесообразными, например, когда для какой-нибудьковки при серии меньше критической целесообразнее штамповка кованых заготовок в одноручьевых штампах, а при серии больше критической — многоручьевая штамповка из сортового проката. Для выяснения этого необходимо выполнение соответствующих расчетов и желательно построение графиков себестоимости.

После выяснения типа производства по заданной детали следует перейти к решению третьей группы вопросов, т. е. вопросов, связанных с условиями и возможностями конкретного производства.

Наибольшие возможности выбора технологического варианта имеются при проектировании и строительстве новых кузнечных цехов. В этом случае легче выбрать наилучший вариантковки или штамповки и предусмотреть все условия для его обеспечения, подобрать наиболее подходящее оборудование, обеспечить наилучшее его размещение, запроектировать соответствующую оснастку и т. д. Значительно труднее решаются эти вопросы в условиях действующего производства, когда приходится считаться с уже имеющимся составом, планировкой и загрузкой тяжелого кузнечного оборудования, нагревательных устройств, вспомогательного и транспортного оборудования. Однако при этом никогда не следует только приспособляться к условиям действующего производства, а необходимо также учитывать возможности его реорганизации и осуществлять соответствующие мероприятия вплоть до реконструкции отдельных участков и цехов в тех случаях, когда это экономически будет оправдано. Наряду с максимальным использованием действующего оборудования, надо стремиться к доукомплектованию цеха недостающим оборудованием, к приобретению новых, более совершенных машин.

После выявления общих технико-экономических предпосылок выбора варианта технологического процесса изготовления поковок

можно приступить вплотную к выбору варианта процесса и подвергнуть подробно рассмотрению материал, форму и размеры заданной детали, т. е. те основные факторы, которые в конце концов и уточнят вид, размеры и усилия требуемого оборудования, а также операции и переходыковки-штамповки и необходимую оснастку.

У каждого вида кузнечных машин имеется свой характерный вид изготавливаемых на них поковок. Так, имеются характерные молотовые поковки; поковки, характерные для горизонтально-ковочных машин, фрикционных прессов, гибочных машин и т. д. Эта специфика объясняется прежде всего особенностями устройства этих машин и устанавливаемых на них штампов. Здесь играет роль и устройство разьема (в одной или нескольких плоскостях), и надежность направляющих (от этого зависит, например, возможность многоручьевого штамповки), и характер работы машины (ударный или неударный) и т. д. В соответствующих главах книги даны классификации поковок по их конфигурации. Однако разнообразие форм поковок чрезвычайно велико и среди них имеются такие, которые с успехом могут быть выполнены на оборудовании различных видов целиком или при расчлененном процессе. В таких случаях принадлежность поковки к той или иной группе решается путем разработки двух или более технологических вариантов с последующим их экономическим анализом.

Наилучший вариант выявляют путем сопоставления основных показателей процесса при различных его вариантах. За основные показатели принимают прежде всего: 1) расход металла; 2) производительность, трудоемкость и энергоемкость основных кузнечных операций; 3) трудоемкость и стоимость последующей механической обработки с учетом количества металла, удаляемого в стружку; 4) эксплуатационные расходы при ковке-штамповке, в первую очередь расходы на штампы. Иногда бывает удобно использовать относительные показатели для оценки запроектированного технологического процесса в сравнении с процессами производства других аналогичных поковок. В частности, по расходу металла такими относительными показателями являются выход годного металла, коэффициент использования металла в кузнечном цехе и общий коэффициент использования металла, учитывающий все отходы металла, включая отходы при последующей обработке поковок резанием. Аналогичные относительные показатели используют также для оценки трудоемкости, производительности и других характеристик.

Обычно для выбора варианта достаточно произвести лишь ориентировочные расчеты. Но в отдельных случаях может потребоваться тщательная технологическая разработка сравниваемых вариантов и их технико-экономический анализ с расчетом стоимости готового изделия при каждом из сравниваемых вариантов. Тогда для каждого варианта необходимо составить чертеж поковки, выбрать переходыковки-штамповки, определить размеры заготовки, подобрать оборудование, составить технологические карты, а может быть и сконструировать соответствующую оснастку. Потраченные на это сред-

ства всегда окупаются впоследствии внедрением наилучшего технологического варианта. Если принятый вариант отличается от того, на который рассчитывал конструктор изделия при выпуске чертежа, то в чертеж готовой детали вносят соответствующие изменения, после чего можно приступать к составлению чертежа поковки и разработке рабочей технологии ее производства и последующей обработки.

В заключение можно сказать, что выбор оптимального технологического варианта изготовления поковок мог бы быть облегчен, если бы заранее был разработан единый классификатор поковок с учетом их формы и размеров и при этом были бы даны рекомендации, как и на каком оборудовании при том или ином характере производства следует изготавливать ту или иную поковку. Весьма желательно было бы также иметь заранее разработанные типовые технологические процессы. Однако такой классификатор, на составление которого требуется затратить весьма много труда, практически очень быстро устарел бы, поскольку непрерывное совершенствование существующих и разработка новых методов и способов ковки и штамповки довольно часто и резко изменяет преимущества их друг перед другом. А типовые технологические процессы всегда нуждаются в значительной доработке при учете конкретных местных условий производства, но это нисколько не умаляет значения их разработки.

§ 2. КОМБИНИРОВАНИЕ КУЗНЕЧНЫХ МАШИН ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАСЧЛЕНЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ШТАМПОВКИ

При проектировании расчлененного процесса штамповки особо тщательно прорабатывают вопрос о том, на каком оборудовании наиболее рационально штамповать всю поковку целиком и отдельно каждую ее часть. Затем после разбивки всего технологического процесса штамповки на отдельные операции и переходы решают вопрос о подборе наиболее подходящего оборудования отдельно для каждого перехода или группы переходов. В результате получается процесс, состоящий из последовательных операций, совершаемых обычно на разнотипных штамповочных агрегатах, по возможности устанавливаемых в поточную линию.

В кузнечных цехах организация поточных линий, оснащенных транспортными устройствами, способными быстро передавать заготовку от одного штамповочного агрегата к другому, представляет особый интерес потому, что она позволяет осуществлять изготовление поковок так же, как при многоручьевой штамповке, т. е. с одного нагрева. При этом (в результате наиболее рационального использования оборудования) расчлененный процесс штамповки получается производительнее, обеспечивает получение поковок лучшего качества, более совершенных форм, с меньшим расходом металла и другими высокими технико-экономическими показателями.

Но по сравнению с многоручьевой штамповкой он в то же время требует применения более широкого типажа оборудования и штампов.

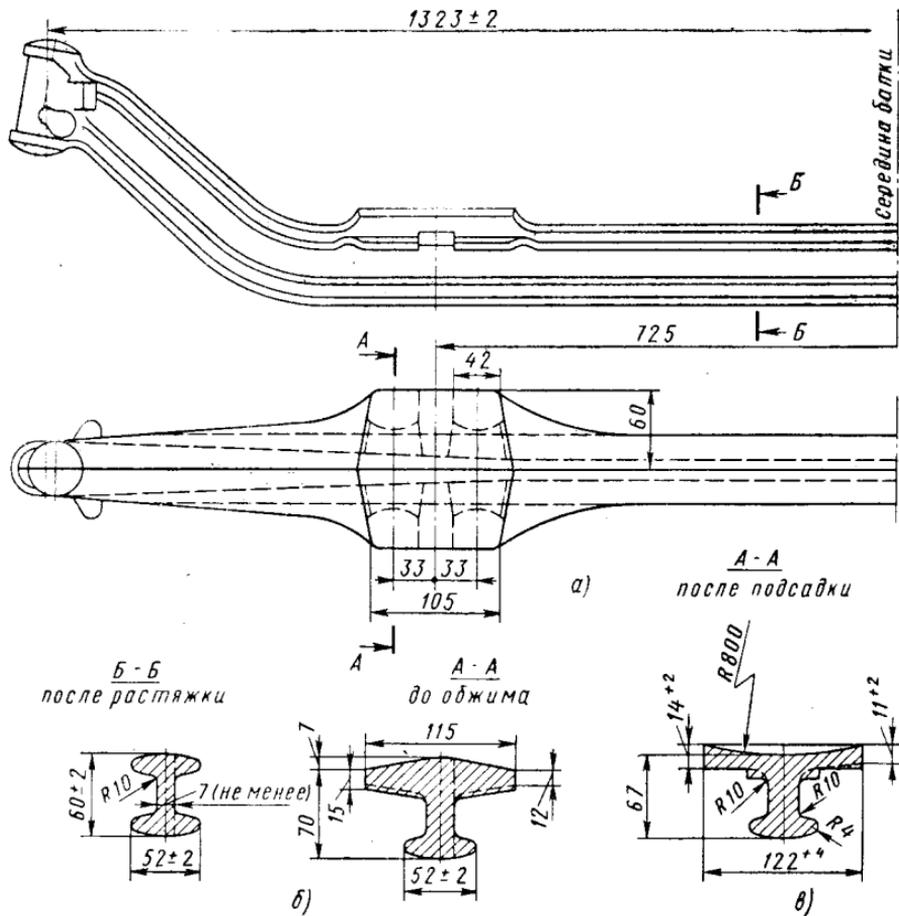


Рис. 333. Поковка балки передней оси автомобиля

Поэтому его преимущества перед многоручьевой штамповкой реализуются в полной мере лишь при массовом производстве и не всегда при крупносерийном производстве поковок. Однако в отдельных случаях применение расчлененных процессов бывает необходимо и при меньшей программе производства, когда заданная форма поковки такова, что ее невозможно изготовить всю целиком, используя лишь один штамповочный агрегат, например только молот или только горизонтально-ковочную машину. В таких случаях организация поточных линий бывает затруднительна. Поэтому штамповку обычно разбивают на несколько не связанных одним нагревом операций и производят за несколько нагревов.

При расчлененном процессе штамповки иногда применяют комбинирование машин одного и того же вида и даже одинаковых усилий.

Например, балку передней оси автомобиля (рис. 333, а) или колесного трактора часто для уменьшения массы падающих частей молота или усилия прессы штампуют по половине. Отштамповав одну половину поковки, обрезают заусенец. Затем с того же нагрева и в тех же штампах штампуют вторую половину и также обрезают заусенец. При этом штамповочный молот или пресс и обрезной пресс во времени ис-

пользуют только последовательно. При массовом производстве балок первую половину поковки можно изготавливать на одном штамповочном участке, а вторую — с того же нагрева на таком же соседнем участке. При этом оба штамповочных молота или прессы и оба обрезных прессы можно использовать одновременно и непрерывно. За счет этого производительность двух участков получается значительно больше суммарной производительности этих участков при работе их порознь.

При такой штамповке по половине (особенно крупных поковок) получить точный размер общей длины поковки затруднительно. Поэтому такие поковки штампуют заведомо несколько укороченными, а затем после нагрева их средней части производят растяжку до требуемой длины, используя горизонтально-гибочную машину, или эту растяжку производят в специальных однопозиционных или многопозиционных закалочных машинах с использованием нагрева под закалку. Кроме того, при изготовлении балок крупными сериями рационально штамповать их с уменьшенными подрессорными площадками (рис. 333, б). Этим облегчается заполнение ручья при штамповке и достигается экономия металла. Затем площадки доводят до окончательных размеров (рис. 333, в) сразу после обрезки заусенца, используя для этого специальные прессы для посадки площадок или подсадочные штампы, устанавливаемые на обрезных прессах.

Штатун мотора средних размеров штампуют на молоте обычно последовательно из заготовки на две поковки с поворотом заготовки. Горячую обрезку выполняют после штамповки обеих поковок. Первую поковку изготавливают, используя клещи с губками по размерам профиля исходной заготовки, вторую — в клещах с фасонными

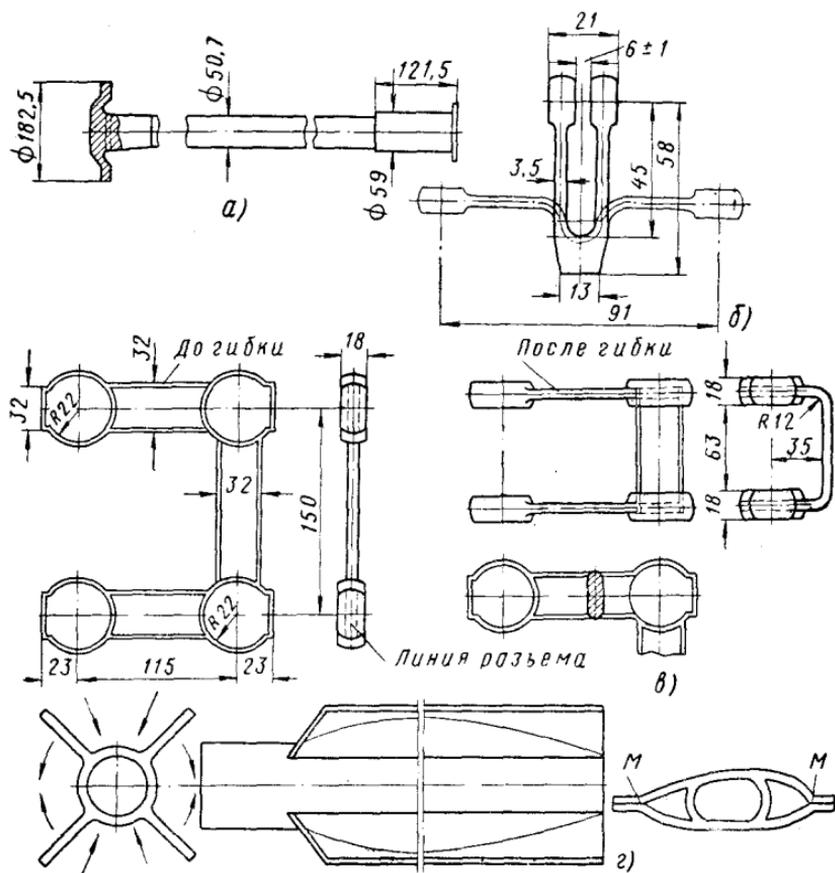


Рис. 334. Примеры поковок, изготавливаемых расчлененной штамповкой

губками, сделанными по форме поковки. При массовом производстве шатунов, если штамповать их на двух одинаковых соседних молотах не параллельно, а последовательно в одинаковых штампах (первую поковку на одном молоте, а другую на другом), производительность каждого из молотов увеличивается за счет исключения потерь времени штамповщиками на смену клещей, так как на первом молоте при этом используют только клещи под исходную заготовку, на втором — только фасонные. При этом всю обрезку можно выполнить на одном обрезном прессе.

Чаще штамповку шатунов приходится расчленять на два молота из-за сложного двутаврового профиля у стелевой части поковки, когда нецентральное расположение штамповочных ручьев приводит к большим сдвигам по разьему в предварительном ручье и браку по зажимам в окончательном ручье в результате надкусывания верхним штампом сдвинутого вбок края заготовки.

Расчленение процессов бывает также необходимо, когда этот вид брака получается в результате значительных сдвигов из-за больших расстояний от центров штамповочных ручьев до центра молотового штампа при расположении обоих штамповочных ручьев на одном штампе для широких поковок, например, коронных зубчатых колес или венцов, поворотных кулаков (цапф рулевого управления) и других подобных деталей.

Во избежание этого предварительный ручей приходится располагать в центре штампа на одном молоте, а окончательный — также в центре штампа на соседнем молоте. При этом используют обычно штучную заготовку.

Расчленение процесса штамповки по машинам одного вида, но различных усилий целесообразно для наиболее рационального их использования. Для этого, например, у полуоси автомобиля (рис. 334, а) фланец диаметром 182,5 мм штампуют на горизонтально-ковочной машине усилием 13 МН (1300 тс), а другой (шлицевой) конец диаметром 59 мм после отдельного нагрева высаживают на горизонтально-ковочной машине усилием 4,5 МН (450 тс).

При комбинировании машин различных видов рационально использовать горизонтально-ковочную машину для изготовления заготовок круглого постоянного сечения с одним или несколькими утолщениями. Такие заготовки после дополнительного нагрева успешно штампуют на молотах и прессах.

Еще более эффективна штамповка на молотах и особенно на прессах заготовок переменного сечения, получаемых на консольных ковочных вальцах (см. гл. VI, § 1 и гл. IX, § 3). В таких случаях весь процесс, как правило, осуществляют с одного нагрева. Бывает, что и горизонтально-ковочную машину, молот или пресс успешно используют для штамповки поковок, окончательная форма которых получается вальцовкой (рис. 123). Довольно часто после штамповки на молотах и прессах завершающие штамповочные операции выполняют на обрезных прессах после обрезки заусенца. К ним относятся гибка, например, вилки (рис. 334, б), серьги (рис. 334, в) и различных рычагов и крюков, штампуемых в разогнутом виде; обжим штамповочных уклонов (рис. 333, б, в) и др. Завершающие штамповочные операции после штамповки на молотах или прессах и обрезки заусенца производят также на горизонтально-ковочных машинах, например, при штамповке лопастей винтов (высадка фланца для крепления маховика). Кроме того, некоторые коленчатые валы сложной формы после обрезки заусенца и высадки фланца подвергают скручиванию на специальных машинах (см. гл. IX, § 7). Один из вариантов изготовления пустотелых стальных лопастей предусматривает сварку кромок *М* после окончательной штамповки (рис. 334, г), которой подвергают (после соответствующей механической обработки) заготовки, получаемые штамповкой выдавливанием. Сварку поковок широко применяют в различных штамповсварных конструкциях. Иногда сварке подвергают заготовки перед их штамповкой.

**ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ТЕХНОЛОГИИ КОВКИ
И ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ**

За последние годы в кузнечном производстве произошли большие изменения. Резко возросла мощность прессового оборудования, появились новые более совершенные способы нагрева,ковки и штамповки, созданы новые средства механизации и автоматизации процессов и т. д. Увеличились масса и размеры кованных и штампованных деталей, значительно повысились точность размеров, сложность форм и другие качественные показатели поковок. Увеличилась производительность труда в кузнечных цехах и снизилась стоимость их продукции.

Однако в целом уровень технологииковки и объемной штамповки во многих действующих кузнечных цехах отстает от современных требований. Это объясняется рядом причин и чаще всего тем, что громоздкость кузнечно-прессового оборудования, его фундаментов, трубопроводов и т. д. не всегда позволяет быстро перестраивать производство так, чтобы своевременно создавать условия, необходимые для реализации новейшей техники. Вместе с тем эти трудности перестройки кузнечного производства заставляют его работников проявлять больше изобретательности, чтобы в существующих условиях и на имеющемся оборудовании непрерывно повышать качество выпускаемых поковок, уменьшать отходы металла, увеличивать производительность, снижать трудоемкость, улучшать условия труда и вместе с этим снижать эксплуатационные расходы и прежде всего расходы на штампы.

Основными средствами для решения указанных задач являются: 1) совершенствование существующих, а также создание и освоение новых методовковки и штамповки; 2) совершенствование инструмента, приспособлений и штампов; 3) модернизация действующих и освоение новых видов кузнечного оборудования; 4) освоение новых видов заготовок. Конкретное содержание этих задач по мере их разрешения изменяется. Так, к актуальным задачам технологии кузнечного производства можно отнести, например, следующие.

Из новых видов ковочного оборудования большой интерес представляют быстроходные гидравлические молоты, весьма нужные в первую очередь дляковки труднодеформируемых сплавов. Следует ожидать, что при освоении таких молотов можно будет полностью заменить ими паровоздушные ковочные и частично пневматические молоты.

Продолжается замена паровоздушных штамповочных слотов кривошипными горячештамповочными прессами со всеми вытекающими отсюда последствиями (см. гл. VI). Одновременно все шире осваивается выдавливание при штамповке поковок и успешно внедряются в технологию кузнечного производства методы прокатки: получение периодического проката, вальцовка и раскатка заготовок и поковок, накатка на них зубьев, шлицев, резьб и т. д.

Для штамповки труднодеформируемых сплавов особый интерес представляют машины высоких энергий (см. гл. IX, § 7). Освоение этих машин, очевидно, значительно расширит возможность получения поковок точных размеров и сложной формы не только из труднодеформируемых материалов. При этом будет более глубоко изучена природа пластической деформации металлов при сверхвысоких скоростях деформирования.

Продолжается освоение других новых, в том числе специализированных и специальных машин, например, кривошипных прессов-автоматов для штамповки колец подшипников (вместо штамповки их на универсальных горизонтально-ковочных машинах), многоползунных гидравлических прессов для штамповки в разъемных матрицах (вместо штамповки на универсальных прессах в очень сложных штампах) и т. п.

Намечается более широкое применение холодной калибровки (в том числе плоскостной с ограничителями) и значительное расширение области применения холодной высадки и холодной объемной штамповки главным образом в направлении увеличения размеров штампуемых деталей.

Решены далеко не все вопросы механизации и автоматизации процессов кузнечного производства, начиная с механизации тяжелых работ, освоения ковочных и штамповочных манипуляторов, проектирования и пуска автоматизированных и автоматических линий, в том числе с применением изотопов и электронной техники. Большим тормозом остается имеющееся отставание в создании новых более стойких материалов для штампов, в первую очередь для автоматизированного производства поковок и холодной объемной штамповки. Качество штамповых кубиков должно быть улучшено. Крайне необходимо дальнейшее совершенствование нагревательных устройств прежде всего для безокислительного нагрева, а также модернизация существующих пламенных кузнечных печей. Желательно более широкое применение печей и устройств для термообработки поковок с использованием ковочной теплоты.

Все шире осваивается термомеханическая обработка, которую выполняют в двух вариантах. В первом варианте стальную заготовку нагревают выше критических температур A_{c1} — A_{c3} , тут же подвергают штамповке с последующей закалкой, а затем низкотемпературному отпуску. Во втором варианте после такого же нагрева быстро охлаждают до температур временной устойчивости аустенита между интервалами перлитного и промежуточного превращения (при 500—550° С), затем штампуют с последующей закалкой и низкотемпературным отпуском. В обоих вариантах штамповка должна

быть выполнена с достаточно большими степенями деформации. При этом значительно увеличивается плотность дислокаций (не-совершенств) кристаллографической решетки зерен аустенита. В результате предел прочности стали практически достигает 2500—2800 МН/м² (250—280 кгс/мм²) при относительном удлинении 6—8%. Таким образом, термомеханическая обработка повышает механические свойства стали по сравнению с обычной термообработкой по крайней мере в 1,5—2,0 раза. Значительным здесь является также то, что вторичная (обычная) закалка с кратковременным нагревом в значительной мере сохраняет механические свойства, полученные при первичной термомеханической обработке. Этот новый и еще не освоенный полностью способ обработки уже с успехом начинают применять для упрочнения не только стали, но также титановых и некоторых других сплавов.

В последние годы большое внимание привлекает к себе так называемая штамповка жидкого металла (стали и цветных металлов). Процесс заключается в том, что расплавленный в плавильной печи металл заливают в установленный на гидравлическом прессе штамп с ручьем закрытого вида и подвергают давлению до момента полного затвердения, а затем извлекают из штампа. Процесс требует точного дозирования жидкого металла. Изделие получается без литейных прибылей. Непрерывное сжатие металла во время кристаллизации приводит к заполнению усадочных раковин и пустот. При этом удельные усилия пресса составляют до 500 МН/м² (5 тс/см²). Металл получается более высокого качества, чем в отливках. Поверхность ручья довольно продолжительное время соприкасается с металлом, имеющим высокую температуру. Поэтому при обработке стали стойкость ручья получается намного меньше, чем при обычной штамповке. Явления, протекающие при жидкой штамповке, подробно изучают в общем курсе технологии литейного производства.

Вместе с тем вопросы технологии литейного производства все больше начинают интересовать технологов кузнечного производства в связи с все более широким применением в качестве исходных заготовок специальных слитков (удлиненных, малоприбыльных, безприбыльных, пустотелых), а также центробежных отливок и фасонного литья.

Перед технологиейковки и объемной штамповки остается еще много задач, связанных с трудностями при освоении новых труднодеформируемых сталей и сплавов с особыми физико-механическими свойствами. Необходимо дальнейшее совершенствование методики расчетов технологических процессов и штампов. Необходима дальнейшая разработка классификации поковок и процессов, а также типовых процессов и штампов, рекомендуемых для производства. Предстоит большая работа по нормализации и стандартизации кузнечных штампов.

Совершенствование технологииковки и объемной штамповки приводит к сближению ее с технологией окончательной обработки деталей. В частности, освоение современных методов точной штамповки поковок является предпосылкой к существенному изменению

во взаимоотношениях кузнечных цехов с механосборочными. Высокая культура современного кузнечного производства позволяет встраивать отдельные кузнечно-штамповочные участки в поточные линии механосборочных цехов. В то же время становится возможным и рациональным перевод некоторых металлорежущих операций (главным образом сверлильных и шлифовальных) в кузнечные цехи, которые при этом начинают выдавать часть своей продукции, минуя механические цехи, непосредственно на сборку изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабенко В. А., Бойцов В. В., Волик Ю. П.** Объемная штамповка. Атлас схем и типовых конструкций штампов. М., «Машиностроение», 1965, 156 с.
2. **Брюханов А. Н.** Ковка и объемная штамповка. М., Машгиз, 1960, 376 с.
3. **Брюханов А. Н., Ребельский А. В.** Горячая штамповка. М., Машгиз, 1952, 664 с.
4. **Бялковская В. С., Брянский Г. А.** Технические и экономические основы кузнечного производства. М., «Машиностроение», 1972, 272 с.
5. **Ковка и объемная штамповка стали.** Справочник. Т. 1. Под ред. М. В. Сторожева, «Машиностроение», 1967, 436 с.
6. **Ковка и объемная штамповка стали.** Справочник. Т. 2. Под ред. М. В. Сторожева М., «Машиностроение», 1968, 448 с.
7. **Ковка и штамповка цветных металлов.** Справочник. Колл. авт. М., «Машиностроение», 1971, 232 с.
8. **Охрименко Я. М.** Технология кузнечно-штамповочного производства. М., «Машиностроение», 1966, 600 с.
9. **Ребельский А. В.** Основы проектирования процессов горячей объемной штамповки. М., «Машиностроение», 1965, 248 с.
10. **Семенов Е. И.** Ковка и объемная штамповка. М., «Высшая школа», 1972, 352 с.
11. **Сторожев М. В., Середин П. И., Кирсанова С. Б.** Технологияковки и горячей штамповки цветных металлов и сплавов. М., «Высшая школа», 1967, 350 с.
12. **Сторожев М. В., Попов Е. А.** Теория обработки металлов давлением. М., «Машиностроение», 1971, 424 с.
13. **Тарновский И. Я., Трубин В. Ф., Златкин М. Г.** Свободная ковка на прессах. М., Машгиз, 1967, 328 с.
14. **Холодная объемная штамповка.** Справочник. Под ред. Г. А. Навроцкого. М., «Машиностроение», 1973, 496 с.
15. **Хржановский С. Н.** Проектирование кузнечных цехов и заводов. М., «Машиностроение», 1972, 128 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

А

- Автоматы** специальные 348
 — холодновысадочные 309—313
Анизотропия при ковке 48—50

Б

- Бойки** 59
 — Материал для изготовления 59
 — Способы крепления 59

В

- Вальцовка** 331—338
 — Вальцы ковочные закрытые и консольные 331—334
 — Заготовка вальцованная 336—337
 — Коэффициент вытяжки 334—336
 — Расчет ручьев 335—338
Выдавливание прямое и обратное на КГШП 223—225
 — холодное на прессах 316—318
Высадка на ГКМ 275—279
 — холодная на автоматах 305—307

Г

- ГОСТ** 712—65 53
 713—74 265
 2590—71 16, 29
 2591—71 16
 31403—74 99
 4692—57 16
 4693—57 16
 5384—73 374
 5626—70 313
 6039—71 198, 219
 6283—67 313
 6414—68 313
 6809—70 220
 7023—70 269
 7024—65 134, 198
 7062—67 84
 7284—70 53
 7417—57 16
 7505—74 143, 144, 149, 152,
 227, 274, 298, 378
 7829—70 84

- 7831—71 206, 219
 8248—67 18, 22
 8319—57 17
 8320—57 17
 9752—61 53
 9753—61 371
 12933—67 309
 13931—68 311
 16434—70 331
 16435—70 331

Д

- Дефекты** слитка
 — Заливины 15
 — Ликвация зональная и дендритная 14
 — Плены 14, 15
 — Пузыри газовые, подкорковые, сотовые 14
 — Раковина усадочная 13, 14
 — Трещины 15
 — Флокены 15

З

- Заготовка для штамповки на ГКМ** —
 см. *Разработка технологического процесса штамповки на ГКМ*
 — деформируемая часть 277—279
 — исходная 276, 285, 286
 — трубная 284
Заготовка для штамповки на КГШП —
 см. *Разработка технологического процесса штамповки на КГШП*
 — мерная 239
 — расчетная 233
 — фасонная 233, 234
Заготовка для штамповки на молотах —
 см. *Разработка технологического процесса штамповки на молотах*
 — расчетная 168, 169
 — сложная 169
 — фасонная 171
 — штучная 172
 — элементарная 169, 170

И

Инструмент для ковки 59, 60 — см.
Бойки, Обжимки, Раскатки

К

Калибровка горячая 274
— криволинейная 273
— объемная 273, 274
— плоскостная 273, 379
— холодная 274—377
Ковка на гидравлических прессах 107—
121
— молотах 99—107
Ковка сплавов нежелезных 127
Ковка стали легированной
— Интервал температурный 122, 123
— Особенности процесса 121, 122
— Подготовка слитка 122
— Режим нагрева 122

Л

Линии автоматические 348

М

Матрицы для штамповки на ГКМ
293, 394
— обрезные 352—356
Машины вертикально-ковочные 346
— выкрутные 347
— высоких энергий 346
— гибочные 319—324
— горизонтально-ковочные 269—
271
— импульсные 346
— кузнечные специальные 347
— радиально-ковочные 344, 345
— электровысадочные 346, 347
Металл для ковки и штамповки
— Прокат стальной 16—18
— Слитки 12—16
Молоты ковочные 134, 135
— паровоздушные 53
— пневматические 53
— штамповочные паровоздушные
133, 134

Н

Нагрев под ковку и штамповку
— Возврат 32
— Выбор температур нагрева 35, 36
— Интервал температурный 32, 34
— Контроль 43, 44
— Оборудование для нагрева 41—44
— Очистка от окалины 42
— Охлаждение металла 39—41
— Рекристаллизация 32, 33

— Скорость нагрева 36
Накатка стопками 341
— штучная 340

О

Обжимки 60, 61
Операции завершающие и отделочные
— Организация рабочего места 365, 366
— Правка поковок 370—372
— Ручей правочный 372
— Съёмники для снятия заусенца
356—358
— Усилие обрезки 351
Осадка
— Зоны деформации 54, 55
— Оборудование 56—58
— Работа, степень деформации 58
— Способы 59—63
— Усилие 57
ОСТ 1042 196
Отрубка
— Способы 80, 81
— Инструмент 80

П

Площадки для осадки, оттяжки и
разгонки 186, 187
Прессы ковочные гидравлические 53
— специализированные 346
— чеканочные 380
Примеры штамповки
— на автоматах 313, 316—318
— на гидравлических прессах 259—
261
— на ГКМ 298—304
— на КГШП 250—252
— на молотах 313—219
Прокатка поперечная 327—331
— продольная 325—327
Протяжка 63—67
— Работа деформации 67
— Способы 67—74
— Усилие обжима 67
Пуансоны на ГКМ 288—293
— обрезные 356

Р

Разделка прутков
— Дефекты при резке 20, 21
— Допуски на длину заготовки 30, 31
— Зоны резки 20
— Расчет длины заготовок 29
— Способы разделки 18—20
— Усилие резки 22, 23
Разработка технологического процесса
ковки на молотах
— Выбор инструмента, операций 85,
86

- оборудования ковочного, нагревательного, подъемно-транспортного 98, 99
- Инструмент для манипулирования 93—98
- Карта технологическая 99
- Классификация 86—90
- Нормы выработки 98, 99
- Расчет диаметра, массы, стороны квадрата исходной заготовки 91—93
- Режим нагрева 98

Разработка технологического процесса штамповки на ГКМ

- Вид заготовки 285, 286
- Обрезка заусенца 286—288
- Отрезка и вытяжка прутка, вальцовка конца заготовки 283
- Переходы штамповки 275—279
- Прошивка 280—282
- Усилие штамповки 284, 285
- Формовка 279, 280
- Штамповка поковок из трубных заготовок 284

Разработка технологического процесса штамповки на КГШП

- Канавка заусенечная 230, 231
- Переходы штамповки 231—239
- Усилие деформации 228—230

Разработка технологического процесса штамповки на кузнечно-прессовых автоматах

- Выбор автомата 313, 314
- Конструирование штампов 314—315
- Усилие холодной высадки 313, 314

Разработка технологического процесса штамповки на молотах

- Выбор переходов штамповки 165, 166
- Заготовка 172—177
- Масса падающих частей молота 163—165
- Объем заусенца и размеры заусенечной канавки 159—163
- Эпюра сечений 166—168

Раскатка при закрытой схеме 338, 339

— открытой схеме 338

Раскатки 60

- Резка заготовок — Конструкции ножей 23—25**
- Оборудование 22, 23
- Резка заготовок ножницами 22, 23
- пилами дисковыми, ленточными 28

Ручьи на ГКМ

- закрытые 288
- наборные 288
- обрезные 288, 292
- открытые 288
- отрезные 288
- пробивные 288, 292, 293
- прошивные 288

— формовочные 288

Ручьи на КГШП

- окончательный 240
- предварительный 240, 241
- Ручьи на молотах**
- гибочные 181, 182
- заготовительно-предварительные 178—180
- окончательные 177
- отрубные 188
- пережимные 182
- подкатные 182—184
- предварительные 177, 178
- протяжные 184—188
- формовочные 180, 181

С

Скручивание — Момент крутящий, усилие 79

Слитки стальные 12, 13

Стали, сплавы цветные 11

Ш

Штамповка на автоматах объемная холодная

- Конструирование штампов 314, 315
- Применение 313
- Редуцирование 307, 308
- Усилие холодной высадки на автоматах 313, 314
- на прессах 315—318

Штамповка на ГКМ

- Допуски, напуски, уклоны, штамповочные, 274, 275
- Классификация поковок 271—273
- Ножи 293
- Поковки из трубных заготовок 284
- Примеры штамповки 298—304
- Пробивка 282, 283
- Профиль зажимной части ручья 289—292
- Прошивка 280—282
- Стали и нормы твердости деталей штампов 296
- Стойкость матриц цельноблочных, пуансонов 296
- Усилие деформации 284, 285
- Формовка 279, 280

Штамповка на КГШП

- Выталькиватели 244
- Классификация поковок 226, 227
- Конструирование поковки 227, 228
- ручьев 240, 241
- Материалы и нормы твердости деталей штампов 254, 255
- Особенности штамповки 220—223
- Переходы штамповки 231—239
- Преимущества 226, 227

- Расположение оборудования 255—257
- Усилие деформации 228—230
- Штамповка на молотах**
- Виды ручьев 128—130, 132, 133, 137—140
- Классификация поковок 135, 137
- Образование заусенца 129—133
- Обработка технологическая конструкции штампованной детали 156, 157
- Перемычки под прошивку отверстий 154—156
- Переходы штамповки 133, 165, 166, 170
- Радиусы закругления поковок 152—154
- Разъем штампов 141, 142, 150—152
- Уклоны штамповочные 146—150
- Штамповка на прессах винтовых фрикционных**

- Конструкции штампов 267, 268
- Область применения 265, 266
- Энергия удара 264
- Штамповка на прессах гидравлических**
- Область применения 257—261
- Протяжка 264
- Прошивка глубокая 261—264
- Штампы гибочные 323—325**
- горизонтально-ковочных машин 269—271
- для резки заготовок 25 — см. *Резка заготовок*
- калибровочные 380, 381
- молотовые 188—211
- обрезающие 358, 359
- последовательные 361
- правочные 372
- пробивные 360, 361
- прошивные 359, 360
- совмещенные 361—364
- хладноломы 26—28 — см. *Резка заготовок*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
§ 1. Ковка и объемная штамповка как виды обработки металлов давлением	3
§ 2. Основные операции, выполняемые в кузнечном производстве	5
§ 3. Краткие сведения из истории кузнечного производства	6
§ 4. Основные направления развития кузнечного производства	8
§ 5. Задачи курса «Ковка и объемная штамповка»	10
Глава I. Металлы и заготовки, обрабатываемые ковкой и штамповкой	11
§ 1. Общие сведения	11
§ 2. Стальные слитки	12
§ 3. Стальной прокат	16
§ 4. Разделка прутков на мерные заготовки	18
Глава II. Термический режимковки и штамповки	32
§ 1. Температурный интервалковки и штамповки	32
§ 2. Режим нагрева и охлаждения	36
§ 3. Нагрев и очистка от окалины	41
§ 4. Контроль термического режима	43
Глава III. Влияние кузнечной обработки на структуру и механические свойства металла	45
§ 1. Структура металла при ковке и штамповке. Уковка	45
§ 2. Влияниековки на механические свойства	48
§ 3. Способыковки и штамповки в зависимости от формы и назначения поковок	50
Глава IV. Ковка	53
§ 1. Область применения и основные операции	58
§ 2. Разработка чертежа поковки	82
§ 3. Разработка технологического процесса	85
§ 4. Примерыковки и организация рабочего места	99
§ 5. Ковка малопластичной легированной стали и нежелезных сплавов	121
Глава V. Штамповка на молотах	128
§ 1. Общие сведения об объемной штамповке	128
§ 2. Особенности штамповки на молотах	133
§ 3. Классификация поковок и виды штамповочных ручьев	135
§ 4. Конструирование поковки	140
§ 5. Разработка технологического процесса	159
§ 6. Конструирование штампа	177

§ 7. Эксплуатация штампов и технические требования на их изготовление	202
§ 8. Организация рабочего места и примеры штамповки	211
Глава VI. Штамповка на прессах	220
§ 1. Особенности штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах	220
§ 2. Технология штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах	227
§ 3. Штампы кривошипных горячештамповочных прессов	240
§ 4. Примеры штамповки на кривошипных горячештамповочных прессах	249
§ 5. Эксплуатация штампов и технические условия на их изготовление	253
§ 6. Организация рабочего места при штамповке на кривошипных горячештамповочных прессах	255
§ 7. Штамповка на гидравлических прессах	257
§ 8. Глубокая прошивка и протяжка на гидравлических прессах	261
§ 9. Штамповка на винтовых фрикционных прессах	264
Глава VII. Штамповка на горизонтально-ковочных машинах	269
§ 1. Особенности штамповки	269
§ 2. Конструирование поковки	274
§ 3. Разработка технологического процесса штамповки. Переходы штамповки	275
§ 4. Конструирование штампов	288
§ 5. Эксплуатация штампов и технические условия на их изготовление	295
§ 6. Организация рабочего места и примеры штамповки	297
Глава VIII. Холодная объемная штамповка	305
§ 1. Особенности холодной высадки на кузнечно-прессовых холодновысадочных автоматах	305
§ 2. Типовые технологические процессы штамповки на кузнечно-прессовых холодновысадочных автоматах	309
§ 3. Разработка технологического процесса штамповки на кузнечно-прессовых автоматах	313
§ 4. Холодная объемная штамповка на прессах	315
Глава IX. Штамповка на машинах узкого назначения и специализированные процессы	319
§ 1. Работы на гибочных машинах	319
§ 2. Прокатка	325
§ 3. Вальцовка	331
§ 4. Раскатка	338
§ 5. Накатка	340
§ 6. Работы на ротационно-ковочных и радиально-ковочных машинах	342
§ 7. Штамповка на прочих машинах и автоматах	346
Глава X. Завершающие и отделочные операции	349
§ 1. Обрезка заусенца после штамповки	349
§ 2. Термическая обработка поковок	366
§ 3. Очистка поковок	367
§ 4. Правка поковок	370
§ 5. Калибровка поковок	373
Глава XI. Технический контроль поковок	382
§ 1. Технические требования на поковки	382
§ 2. Виды брака и исправление дефектных поковок	383

§ 3. Задачи и способы технического контроля	383
§ 4. Измерительный инструмент и контрольные приспособления	384
Глава XII. Выбор варианта технологического процесса	389
§ 1. Факторы, влияющие на выбор технологического процесса	389
§ 2. Комбинирование кузнечных машин при проектировании расчлененных процессов штамповки	393
Глава XIII. Перспективы развития технологииковки и объемной штамповки	397
Список литературы	401
Предметный указатель	402

Андрей Николаевич БРЮХАНОВ
КОВКА И ОБЪЕМНАЯ ШТАМПОВКА

Редактор издательства *Ю. Л. Маркиз*
Технический редактор *Е. П. Смирнова*
Корректор *В. А. Воробьева*
Переплет художника *Л. С. Вендрова*

Сдано в набор 24/XII 1974 г. Т-05192
Подписано к печати 2/IV 1975 г.
Формат 60×90^{1/16} Бумага типографская № 2
Усл. печ. л. 25,5 Уч.-изд. л. 30,5
Тираж 25 000 экз. Заказ № 2 Цена 1 р. 30 к.

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
107885, Москва, Б-78, 1-й Басманный пер., 3

Ленинградская типография № 6 Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
193144, Ленинград, С-144, ул. Моисеенко, 10