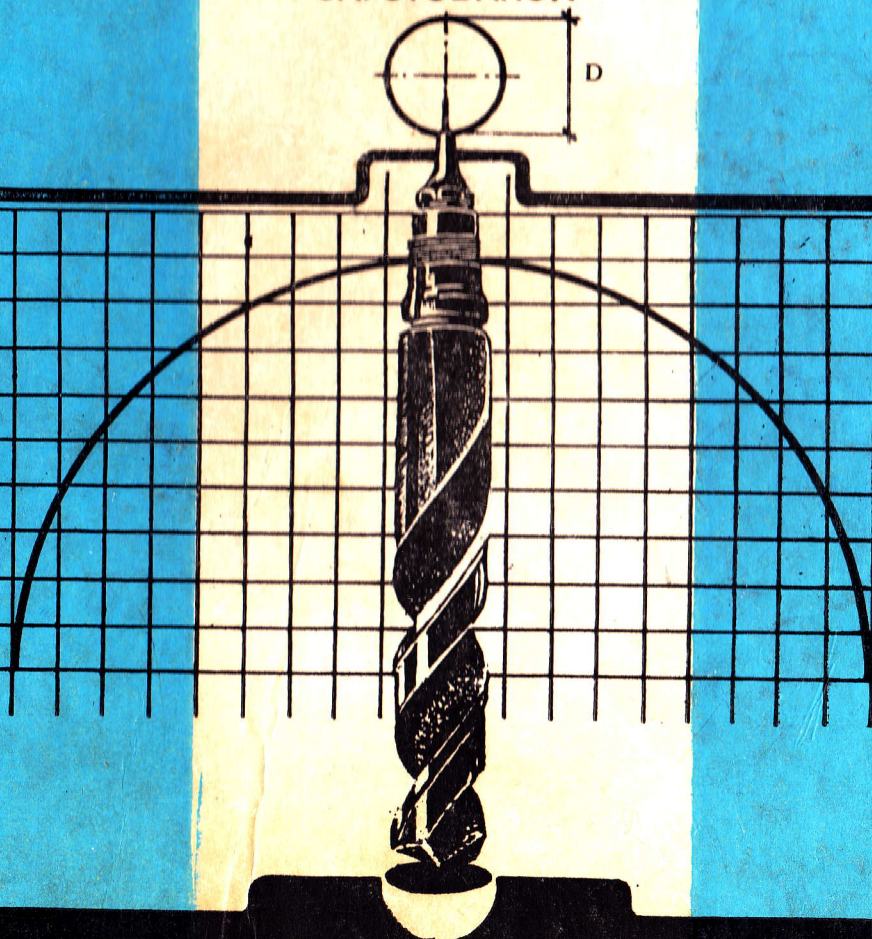


Л.І.Боженко

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРОЕКТУВАННЯ
ТА ВИРОБНИЦТВО
ЗАГОТОВАНІК

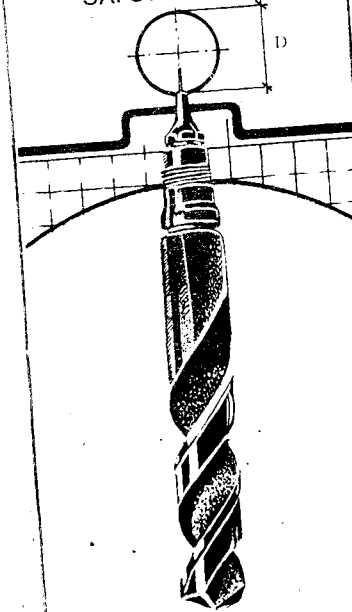


Л.І.Боженко

621(083)
Б76

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРОЕКТУВАННЯ
ТА ВИРОБНИЦТВО
ЗАГОТОВАНOK



Затверджено Міністерством освіти України
як підручник для студентів машинобудівних
спеціальностей вищих навчальних закладів

БІБЛІОТЕКА
Львівського
Університету

Львів
ВИДАВНИЦТВО «СВІТ»
1996

ББК 34.5я73
Б76
УДК 621.9.06.62.4

Рецензенти:

канд. техн. наук, доц. С. С. Добрянський,
(Київський політехнічний інститут),
канд. техн. наук, проф. П. О. Руденко
(Черкаський інженерно-технологічний інститут)

Редактор Л. І. Крючкович

Боженко Л. І.

Б76 Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. — Львів: Світ, 1996. — 368 с.; іл.

ISBN 5-7773-0319-6.

У підручнику викладено основи технології виробництва, добору матеріалів і способів виготовлення заготовок у машинобудуванні; описано технологічні процеси виготовлення робочих креслень і технологічних документів; наведені рекомендації щодо забезпечення технологічності конструкцій заготовок, виконання необхідних розрахунків, обґрунтувань та аналітичних висновків. Подано розв'язки інженерних задач, вправи, завдання для самостійної роботи, питання для самоконтролю, а також довідкові матеріали.

Для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Б 2704000000-038
225-96 Замовне

ББК 34.5я73

ISBN 5-7773-0319-6

© Боженко Л. І., 1996

ПЕРЕДМОВА

У комплексі проблем, що стоять сьогодні перед вищою школою, чільне місце посідає забезпечення студентів і спеціалістів, які працюють у народному господарстві, технічною літературою. Особливо гострою для політехнічних вузів є потреба в підручниках зі спеціальних технічних дисциплін.

З 1990 р. в Україні почав діяти закон про мову, згідно з яким навчання в українських вузах слід проводити державною українською мовою. З огляду на це забезпеченість підручниками є дуже низькою взагалі, зокрема в галузі машинобудування.

Дисципліна «Проектування та виробництво заготовок» є однією з основних у програмі підготовки фахівців з технології машинобудування. До 1985 р. проектування та виробництво заготовок належало до дисципліни «Технологія машинобудування». Беручи до уваги значущість виготовлення заготовок у виробничих процесах, було визнано за доцільне виділити його в окрему дисципліну.

Підручники з цієї дисципліни відсутні не тільки українською, а й російською мовами. Розділи з питань проектування та виробництва заготовок у машинобудуванні, що є у підручниках, посібниках та довідниках із технології машинобудування, здебільшого недостатні за обсягом і не охоплюють багатьох способів виготовлення заготовок, розповсюджених у сучасному виробництві. Тому появу підручника з проектування та виробництва заготовок можна вважати цілком доречною.

Виробництво деталей для машин і механізмів сьогодні неможливе без виготовлення виливків, кованих, штампованих, пресованих, зварюваних, склепуваних, склеюваних, пластмасових, гумових, порошкових заготовок, значного розмаїття сортового та спеціального прокату, композитних матеріалів тощо. Сучасні способи формоутворення дають змогу отримувати заготовки великих і малих розмірів з високою точністю та якістю поверхонь, що вимагають незначного оброблення різанням.

На стадії отримання заготовки закладаються основні техніко-експлуатаційні параметри майбутнього виробу. Використання прогресивних способів формування заготовок дає змогу забезпечити задану якість виробів за умови мінімальної трудомісткості та вартості їх виготовлення.

Основною тенденцією розвитку машинобудівного виробництва на сучасному етапі є наближення заготовок за їх формою та

розмірами до готових виробів. Виробництво заготованок на вітчизняних підприємствах відзначається достатньо високим технологічним рівнем, але застарілими формами його організації і, перш за все, низьким рівнем спеціалізації та кооперації. Це зумовлює неафективне використання наявних виробничих ресурсів. Спеціалізація виробництва, що концентрує в одному чи декількох місцях виготовлення конструктивно та технологічно однорідної продукції або виконання технологічних операцій (робіт, послуг), дає змогу застосовувати сучасну високоефективну техніку та технологію, високоякісні конструкційні матеріали, впроваджувати раціональні форми праці та досягати за рахунок цього належної конкурентоспроможності готових виробів.

Дисципліна «Проектування та виробництво заготованок» — основна складова частина курсу технології машинобудування — базується на набутих знаннях з фізики, математики, хімії, матеріалознавства, технології конструкційних матеріалів, креслення, стандартизації, технічних вимірювань тощо.

Матеріал підручника поділено на 23 глави. В перших главах для ліпшого засвоєння матеріалу, поєднання його з набутими раніше знаннями подано основи організації технологічних процесів виготовлення заготованок, конструкційні матеріали та їх використання, способи визначення припусків на оброблення різанням, розрахунки розмірів заготованок, визначення технологічності конструкцій заготованок.

У наступних главах наведено класифікацію, розглянуто характеристику, технологічні процеси, основне устаткування та спорядження для формування виливків, кованок, штампованих, порошкових, пластмасових, гумових, складаних заготованок. Кожний зі способів проілюстровано рисунками заготованок, схемами для розрахунків, конструктивними схемами основного устаткування тощо.

У главах наведено методика розв'язання практичних завдань, подано завдання та вправи для самостійної роботи, приклади розв'язання задач.

Підручник супроводжують додатки, де наведено витяги з державних стандартів, прейскурантів цін, технічні довідкові матеріали тощо. Перелічені інформаційні матеріали можуть використовуватись тільки для навчальних розрахунків і порівнянь, під час добору способу виготовлення заготованок. Для розрахунків і техніко-економічного обґрунтування обраного способу отримання заготованок для реального виробництва потрібно користуватися чинними на даний час методиками, стандартами та нормативами.

Значне місце в підручнику відведено контролю якості заготованок і їх застосуванню, правилам занесення інформації в конструкторську та технологічну документацію, питанням безпеки праці.

Матеріали, викладені в підручнику, можуть бути використані не тільки в процесі вивчення даної дисципліни, але й для виконання курсових і дипломних робіт, розв'язання практичних інженерних задач.

Усі зауваження та побажання щодо першого видання підручника просимо надсилати за адресою: 290013, м. Львів, вул. Степана Бандери, 12, Державний університет «Львівська політехніка», кафедра технології машинобудування.

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТОВАНОК

1.1. Об'єкти виробництва

Об'єктом машинобудівного виробництва є *виріб*, яким називають продукт кінцевої стадії виробництва. Ним може бути будь-який предмет або множина предметів виробництва, які виготовляють на підприємстві. Для автомобільного заводу виробом є автомобіль, для моторного — мотор, для заводу поршнів — поршень, для заводу з виробництва заготованок — виливок, ковбанка тощо.

Вироби, залежно від їх призначення, поділяють на вироби основного та допоміжного виробництва. Вироби основного виробництва призначені для споживачів, вироби допоміжного виробництва виготовляють тільки для власних потреб підприємства-виготовлювача. Стандарти передбачають такі види виробів: деталі, складальні одиниці, комплекси та комплекти. *Деталь* — це виріб, який виготовляють без складальних операцій, наприклад валик з одного шматка металу, хромована гайка, трубка, що зварена з одного шматка матеріалу, коробка, що склеєна з одного шматка картону. *Складальна одиниця* — це виріб, складові частини якого з'єднуються між собою внаслідок виконання складальних операцій (згвинчування, склеювання, зварювання, лютування, запресовування, зшивання, розвальцювання, заклепування), наприклад автомобіль, верстат, редуктор, зварена ферма чи корпус, набір кінцевих мір. *Комплекс* — це дві та більше складальні одиниці, що не з'єднані між собою на заводі-виготовлювачі складальними операціями та призначені для виконання взаємопов'язаних експлуатаційних функцій. *Комплект* має загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру, наприклад, комплект запасних частин, інструменту, пристроїв, вимірювальної апаратури.

Стандартами передбачені також: *напівфабрикат* — виріб, який підлягає додатковому обробленню або складанню; *заготованка* — виріб, з якого внаслідок зміни форми, розмірів, шорсткості поверхні та властивостей матеріалу отримують деталь чи суцільну складальну одиницю; *вихідна заготованка* — заготованка перед першою технологічною операцією; *комплектувальний виріб* — виріб, що є складовою частиною іншого виробу та виготовляється іншим підприємством. *Складану заготованку* отримують шляхом з'єднан-

ня окремих частин (заготованок) за допомогою зварювання, склеювання, заклепування, згвинчування тощо.

Таким способом можна зменшити масу заготованки, використати належні матеріали для її відповідних частин.

Виріб, що належить до близьких за конструкцією виробів і має найбільшу кількість конструктивних і технологічних ознак всієї групи, називають *типовим*. Матеріал, з якого виготовляють вихідну заготованку, називають *основним*, а матеріал, що використовують у технологічному процесі, як додатковий до основного, називають *допоміжним*.

1.2. Типи машинобудівного виробництва

Мета будь-якого виробництва — випуск високоякісної продукції (виробів) за умови найменших матеріальних і трудових витрат. Кількість виробів, виготовлених за одиницю часу (рік, квартал, місяць, декаду), називають *виробничою програмою*. Під час виготовлення виробів на робочих місцях виконують технологічні операції. Для цього обладнують робоче місце, тобто готують основне устаткування. Його встановлюють на запланованій ділянці виробничої площі, споряджують необхідними інструментами, технологічними пристроями, засобами механізації та автоматизації праці, вимірювальними та контрольними засобами, розробляють і виконують заходи з безпеки праці. Виконання перелічених робіт вимагає значних трудовитрат і часу. Тому для підвищення продуктивності праці та устаткування намагаються збільшити кількість робіт, що виконуються на одному робочому місці (в одній операції), тобто підвищують серійність виробництва. Якщо на одному робочому місці безперервно виконується одна й та ж робота, а устаткування, спорядження та інструмент — спеціальні (високий ступінь спеціалізації), то таке робоче місце називають *робочим місцем масового виробництва*.

Робоче місце, на якому здійснюється багато різних операцій, що не повторюються або повторюються через невизначені проміжки часу (спеціалізація відсутня), називають *робочим місцем одиничного виробництва*. Робоче місце, де виконують невелику кількість різних операцій, що періодично повторюються (середня ступінь спеціалізації), називають *місцем серійного виробництва*. Таким чином, розрізняють три основних типи виробництва: масове, серійне та одиничне. Серійне виробництво поділяють ще на дрібносерійне та багатосерійне.

Основні поняття та терміни, що характеризують типи виробництва, регламентовані державними стандартами, в яких сказано, що тип виробництва — це класифікаційна категорія виробництва, яка характеризується ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску виробів.

Однією з ознак типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій, під яким розуміють відношення кількості всіх операцій, що виконуються протягом одиниці часу (місяць), до кількості робочих місць, тобто

$$K_{з.о} = \frac{N_o}{M_p}, \quad (1.1)$$

де $K_{з.о}$ — коефіцієнт закріплення операцій; N_o — кількість усіх операцій; M_p — кількість робочих місць. Для масового та багатосерійного виробництва $1 < K_{з.о} < 10$, для середньосерійного $10 < K_{з.о} < 20$, для дрібносерійного $20 < K_{з.о} < 40$.

Масове виробництво характеризується великим обсягом випуску продукції, що безперервно виготовляється на одних і тих же робочих місцях впродовж великого проміжку часу, широким застосуванням спеціалізованого устаткування та спорядження, автоматизованих пристроїв і автоматичних ліній, спеціальних інструментів, механізованого та автоматизованого транспортування заготовок у процесі їх виготовлення. В масовому виробництві невисокі вимоги до кваліфікації робітників, кількість працівників мінімальна, а собівартість заготовок найменша. Коефіцієнт закріплення операцій у масовому виробництві прямує до 1. Для масового виробництва властиві такі особливості: устаткування розташоване в послідовності виконання операцій, використовується високопродуктивне устаткування, широко застосовуються досягнення науки та техніки, проектування автоматизоване, виконання та керування виробничими процесами здійснюється разом з контролем якості виробів. Найбільш досконалою формою організації масового виробництва є *потокове* виробництво, де технологічне устаткування розташоване згідно з порядком виконання операцій технологічного процесу та визначеним інтервалом випуску виробів. За таким принципом будують автоматичні лінії оброблення заготовок.

Одиничне виробництво характеризується випуском різноманітних заготовок практично без їх повторюваності чи партій (серій) заготовок, використанням здебільшого універсального устаткування, технологічного спорядження, інструментів і транспортних засобів, низьким рівнем механізації та автоматизації. В одиничному виробництві висувають переважно високі вимоги до кваліфікації робітників, збільшується кількість працівників, значно зростає вартість заготовок, переважає ручна праця, устаткування розташовують за його типом чи моделлю.

Серійне виробництво відзначається обмеженою номенклатурою заготовок, що обробляються партіями, і відносно великим обсягом випуску готових виробів. За технічними характеристиками багатосерійне виробництво близьке до масового, а дрібносерійне —

до одиничного. Підвищення серійності виробництва зумовлює збільшення продуктивності праці, зниження вартості виробів і підвищення їх якості [18].

1.3. Виробничий та технологічний процеси

Сукупність усіх дій людей за допомогою знарядь виробництва, необхідних для виготовлення чи ремонту виробів, що випускаються підприємством, називають *виробничим процесом*. Під час виконання виробничого процесу матеріали та напівфабрикати перетворюються в готову продукцію (вироби), що відповідає своєму службовому призначенню. Виробничий процес — це підготування засобів виробництва та обслуговування робочих місць; отримання та зберігання матеріалів і напівфабрикатів; усі стадії виготовлення деталей машин; транспортування матеріалів, напівфабрикатів, заготовок, деталей та готових виробів; складання вузлів і виробів; контроль, випробування та атестація виробів; розбирання складаних одиниць і виробів (у разі ремонтування); виготовлення тари; пакування виробів та інші дії, необхідні для їх виготовлення. Виробничий процес виконується в просторі та часі в тісному зв'язку об'єктів і засобів виробництва.

Територію, необхідну для виконання виробничого процесу, називають *виробничою площею*. Частина виробничого процесу, під час якого змінюють і визначають новий стан предмета виробництва, має назву *технологічного процесу*. *Технологічне устаткування* — це знаряддя виробництва, в яких для виконання частин технологічного процесу перебувають матеріали або заготовки, засоби впливу на них і джерела енергії. *Технологічне спорядження* — це знаряддя виробництва, які використовують разом з технологічним устаткуванням для виконання визначеної частини технологічного процесу. Розрізняють технологічні процеси лиття, кування, штампування, пресування, зварювання, склеювання, термічного, хімічного та механічного оброблення заготовок, складання та ремонту виробів тощо. У технологічних процесах виготовлення заготовок матеріал перетворюється у заготовки шляхом лиття, внаслідок оброблення тисненням, різанням та іншими способами. У процесі термічного оброблення відбуваються структурні перетворення, що змінюють властивості матеріалу заготовки. Технологічний процес складання передбачає створення різних і нерознімних з'єднань складових частин виробів (деталей) у більш складному виробі (вузлі, машині).

Технологічний процес виконують на робочих місцях. *Робоче місце* — це ділянка виробничої площі, обладнана відповідно до виконуваної на ній роботи. Технологічний процес поділяють на операції. *Технологічною операцією* називають закінчену частину

технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці. Операція охоплює всі дії робітників і устаткування над одним чи кількома об'єктами, які обробляють одночасно. Визначення складу та послідовності виконання операцій входить у завдання розроблення технологічного процесу. Операція є основою складовою частиною технологічного процесу. За допомогою операцій визначають трудомісткість процесу, кількість необхідних робітників, матеріально-технічне забезпечення (устаткування, пристрої, інструмент). Крім технологічних розрізняють *допоміжні операції*. До них належать транспортування, маркування, вимірювання та контроль параметрів якості заготовок і виробів. За обсягом виконуваної роботи технологічні операції поділяють на технологічні та допоміжні переходи.

Технологічним переходом називають завершену частину операції, що характеризується сталістю інструменту та поверхонь виробу, які утворюються внаслідок оброблення чи з'єднань у процесі складання. *Допоміжний перехід* — це завершена частина технологічної операції, яка складається з дій людини та устаткування, що не змінюють форму, розміри та якість поверхонь, але потрібні для виконання технологічного переходу. *Робочий хід* — це завершена частина технологічного переходу, яка полягає в одноразовому переміщенні інструменту відносно заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, якості поверхонь чи властивостей матеріалу. *Допоміжний хід* — це одноразове переміщення інструменту відносно заготовки, що не зумовлює у них перелічених змін, але є необхідним для виконання робочого ходу.

Залежно від зміни положення оброблюваної заготовки операція може складатися з кількох установів і позицій. *Установом* називають частину технологічної операції, яку виконують без зміни закріплення оброблюваної заготовки. *Позиція* — це фіксоване положення, яке займає незмінно закріплена заготовка разом з пристроєм відносно інструменту чи нерухомої частини устаткування для виконання визначеної частини операції.

Проектування операцій виконують методом концентрації чи диференціації необхідних переходів, внаслідок чого скорочується чи збільшується виробничий цикл виготовлення заготовок, зменшується або зростає кількість одиниць потрібного устаткування, спорядження, виробничі площі, гнучкість виробництва, число працівників. Наведена структура виробничого технологічного процесу та технологічної операції узагальнена для різних виробничих процесів і ґрунтовно розроблена та описана для оброблення заготовок різанням.

Окремі виробничі чи технологічні процеси можуть складатися тільки з однієї чи кількох операцій, а останні можуть виконуватися за допомогою одного установу та в одній позиції. Існують технологічні процеси та операції, в яких предметом оброблення є не

штучна заготовка, а насипний матеріал чи рідина. Тому поділ технологічних процесів на операції та переходи, визначення установів і позицій потребує конкретизації кожного технологічного процесу зокрема. Структуру технологічних процесів виготовлення заготовок розглянемо нижче в процесі їх вивчення.

Прикладами операцій для технологічних процесів лиття заготовок може бути приготування формувальної чи шишкової суміші, виготовлення форми чи шишки, складання форми, приготування рідкого металу, заливання форм тощо. До технологічних операцій оброблення металів тисненням належать нагрівання вихідних заготовок, кування, штампування, пресування, зачищення кованок від вигоранки (циндри) та облою тощо. Технологічними переходами для виготовлення виливків є заповнення опоки формувальною сумішшю, ущільнення суміші в опці, знімання готової опоки з модельної плити тощо. Технологічними переходами для виготовлення кованок можуть стати штампування заготовки в окремих рівчаках штампів, обрізання облою на тому ж устаткуванні, де виконувалось штампування, тощо.

1.4. Нормування часу

Операція — це основний розрахунковий елемент технологічного процесу. Трудомісткість і вартість виконання операції є критеріями, що характеризують доцільність її виконання за заданих умов.

Технічно обґрунтованою *нормою часу* називають регламентований час виконання технологічної операції в конкретних організаційних умовах. Технічно обґрунтовану норму часу визначають відповідно до експлуатаційних можливостей устаткування, інструментів та інших знарядь виробництва за умови використання методів праці, що відповідають сучасним досягненням науки та техніки, з урахуванням набутого досвіду виробників.

Технічною *нормою виробітку* називають величину, обернену до норми часу. Її вимірюють кількістю виробів, виготовлених за одиницю часу.

Штучний час — це відношення часу виконання технологічної операції до кількості виробів, одночасно виготовлених на одному робочому місці.

Штучний час визначають для кожної операції як

$$t_{шт} = \frac{1}{n} (t_o + t_d + t_T + t_{орг} + t_{ц}), \quad (1.2)$$

де n — кількість одночасно оброблюваних на одному робочому місці заготовок, штук; t_o — основний технологічний час; t_d — допоміжний час; t_T — час технічного обслуговування; $t_{орг}$ —

час організаційного обслуговування; $t_{п}$ — час перерв у праці, хв.

За одиницю часу обирають хвилину. Основний час враховує зміну стану об'єкта виробництва в процесі оброблення; допоміжний час — встановлення, закріплення та зняття заготовки, керування механізмами та інструментами, вимірювання та контроль якості заготовки; час технічного обслуговування — зміну інструментів, пристроїв, доналагодження устаткування; час організаційного обслуговування — підготування робочого місця до початку праці та його прибирання в кінці зміни, змащення та чищення устаткування; час перерв у праці — відпочинок робітника.

У разі оброблення заготовок партіями визначають підготовчо-підсумковий час ($T_{пп}$), що витрачається робітником на ознайомлення зі завданням, документацією та налагоджування устаткування, пристроїв та інструментів, зняття та здавання інструментів, пристроїв і виконаного завдання. Норма часу на задану партію

$$T = T_{пп} + n \cdot t_{п} \quad (1.3)$$

1.5. Організація виробничих процесів

Запускання виробів у виробництво може виконуватись безперервно, періодично та одноразово. Групу заготовок одного найменування та типорозміру, яку беруть для оброблення одночасно або безперервно протягом заданого інтервалу часу, називають *виробничою партією*. Виробничий запас заготовок чи складових частин виробу, призначених для виконання технологічного процесу, називають *наробком*.

Технологічні процеси в масовому та серійному виробництві характеризуються тактом або ритмом випуску. *Такт випуску* — це інтервал часу, через який періодично випускають вироби заданих найменувань, типорозміру та виконання. *Ритм випуску* — це кількість виробів, які отримують за одиницю часу, тобто величина, обернена до такту випуску.

В організації технологічних процесів розрізняють дві форми — групову та потокову. *Групова форма* — це групування виробів, технологічного спорядження однієї або кількох технологічних операцій та спеціалізація робочих місць. *Потокова форма* — це спеціалізація кожного робочого місця щодо проведення конкретної операції, узгодження та ритмічне виконання кожної операції технологічного процесу на основі такту випуску, розміщення робочих місць у послідовності, що відповідає технологічному процесу. Для групової форми виробництва устаткування в цеху розташовують за його типами, а заготовки обробляють на різних дільницях цеху, а у разі потокової форми устаткування розміщу-

ють відповідно до послідовності операцій технологічного процесу, обробляючи заготовки на одній дільниці цеху. Залежно від кількості найменувань, типорозмірів оброблюваних заготовок і кількості потоків лінії можуть бути: одно- й багатомономенклатурні, одно- й багатопотокові, а залежно від характеру руху заготовок — перервні та безперервні. Потокові лінії, на яких заготовки виготовляють послідовно партіями, називають *змінно-потоківими*. Вони характерні для серійного виробництва та виготовлення типових деталей.

Основні напрями поліпшення виробничих і технологічних процесів: 1) удосконалення форм і методів організації виробництва шляхом використання нових досягнень науки, техніки та наукової організації праці; 2) максимальне скорочення процесів оброблення металів різанням з використанням заготовок, наближених за формою, розмірами та якістю поверхонь до готових деталей; 3) використання для виробництва заготовок високопродуктивного устаткування, технологічного спорядження та інструментів, швидкодійних пристроїв і засобів механізації та автоматизації праці; 4) пошук нових методів і засобів виготовлення заготовок і підвищення їхньої надійності та довговічності; 5) поліпшення відомих і пошук нових методів механічного, хімічного, термічного, електрофізичного та інших оброблень заготовок.

1.6. Класифікація технологічних процесів виробництва заготовок

Єдина система технологічного підготування виробництва (ЄСТПВ) — це встановлена державними стандартами система організації та керування технологічним підготуванням виробництва, в якій широко застосовуються прогресивні типові технологічні процеси, стандартне технологічне спорядження, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів.

Технологічне підготування виробництва сприяє розв'язанню багатьох завдань, які можна згрупувати за такими основними функціями: забезпечення технологічності конструкції виробу; розроблення технологічних процесів; проектування та виготовлення засобів технологічного спорядження; організація та керування технологічним процесом. Центральне місце належить розробленню типових технологічних процесів виготовлення заготовок, деталей, складальних одиниць, що входять у галузеві та державні фонди технологічної документації. На підприємствах, окрім згаданих, розробляють одиничні та групові технологічні процеси, які становлять заводські фонди технологічної документації.

Вид технологічного процесу визначається кількістю виробів, на які він поширюється, та складом технологічної документації.

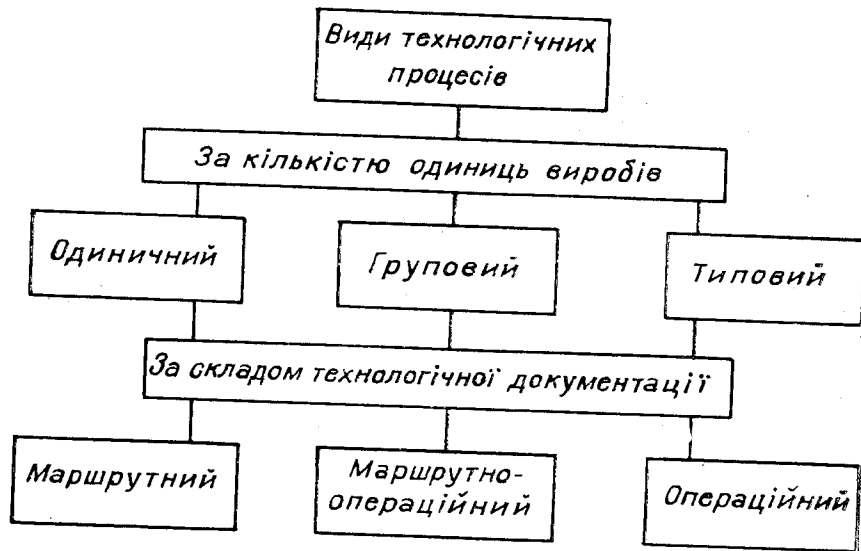


Рис. 1.1. Класифікація видів технологічних процесів.

Класифікацію видів технологічних процесів (ТП) подано на рис. 1.1.

Одиничний ТП використовують для виробів одного найменування (типорозміру, виконання) незалежно від типу виробництва (одиничне, серійне, масове). *Уніфікований ТП* (груповий чи типовий) застосовують для групи виробів. *Типовий ТП* характеризується єдністю складу та послідовності технологічних операцій для групи виробів зі спільними конструктивними ознаками. Його розробляють для виробу, який є типовим представником усієї групи. *Груповий ТП* відрізняється спільністю устаткування та технологічного спорядження для виконання окремих операцій (типові операції) над групою виробів (як однотипних, так і різнотипних). За структурою технологічні процеси складаються з окремих частин (операцій переходів, проходів, ходів тощо).

Розглянемо класифікацію видів виробництва у машинобудуванні (рис. 1.2). *Лиття* — це отримання заготовки з рідкого металу шляхом заповнення ним порожнини заданої форми з наступним твердненням. *Оброблення тисненням* — це формування заготовки шляхом пластичного деформування чи відокремлення матеріалу без виходу стружки. *Формування* — це утворення заготовки з порошкового чи волокнистого матеріалу шляхом заповнення ним порожнини заданої форми з подальшим стискуванням. *Гальванопластика* — це формування заготовки з рідкого матеріалу шляхом випадання в осад металу з розчину під



Рис. 1.2. Класифікація видів виробництва у машинобудуванні.

дією електричного струму. *Оброблення різанням* — це отримання заготовки шляхом відокремлення поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки. *Термічне та хіміко-термічне оброблення* полягає в зміні структури та властивостей матеріалу заготовки під дією теплових чи теплових і дифузійних впливів одночасно. *Електрофізичне оброблення* — це зміна форми та розмірів заготовки внаслідок дії електричних розрядів, магнітострикційного ефекту, плазмового променя, електронного та оптичного випромінювання. *Електрохімічне оброблення* — це зміна форми та розмірів заготовки розчиненням частини матеріалу в електроліті під дією електричного струму. *Покривання* — це утворення на заготовці поверхневого шару зі заданого чужорідного матеріалу (фар-

бування, анодування, металізація, напилювання, оксидація тощо). *Склеювання* — це формування заготовки внаслідок з'єднання окремих її частин шляхом зварювання, лютування, склеювання, зливання тощо. *Зварювання* — це нерознімне з'єднання матеріалів молекулярним зчепленням, якого досягають у результаті розтоплення матеріалів чи їх розм'якшення. *Лютування* (паяння) — це нерознімне з'єднання матеріалів молекулярним зчепленням внаслідок змочування твердих поверхонь матеріалів іншим рідким металом, що має нижчу температуру топлення. *Склеювання* — це нерознімне з'єднання матеріалів молекулярним зчепленням у результаті змочування твердих поверхонь матеріалів клеями, які після висихання чи рекристалізації тверднуть. *Зв'язування та заклепування* — це способи з'єднання та скріплення окремих частин чи деталей за допомогою гвинтів, прогоничів, шпильок, гайок, заклепок, вкрутів, шайб тощо.

Для складання, крім згаданих вище способів з'єднання окремих частин та деталей, застосовують також спеціальні конструктивні елементи (гачки, виступи, прорізи, пази, скоби, пружини тощо), які часто забезпечують отримання надійних та ефективних рознімних з'єднань.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Виріб як об'єкт виробництва.
2. Виробничий процес і його структура.
3. Технологічний процес, його структура.
4. Технологічна операція як основний розрахунковий елемент технологічного процесу.
5. Що таке технологічно обґрунтована норма часу та норма виробітку?
6. Штучний час і його складові частини.
7. Що таке виробнича партія, такт і ритм випуску продукції?
8. Форми організації технологічних процесів та їхні короткі характеристики.
9. Єдина система технологічної підготовки виробництва (ЄСПВ).
10. Види технологічних процесів, їх класифікація.
11. Класифікація видів виробництва у машинобудуванні.
12. Типи машинобудівних виробництв.
13. Як визначають тип машинобудівного виробництва за коефіцієнтом закріплення операції?
14. Лигтя заготованок.
15. Оброблення тисненням.
16. Формування заготованок.

ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВАНOK У МАШИНОБУДУВАННІ

2.1. Роль виробництва заготованок у машинобудуванні

Виготовлення заготованок є одним з основних етапів машинобудівного виробництва, що визначає витрати матеріалів і енергії, трудомісткість виготовлення та якість виробів. Виробництво деталей машин завжди починається з формування заготованок у заготовчельних цехах і дільницях.

Практично всі машинобудівні заводи та об'єднання виготовляють заготовки. Розвиток інтеграції та кооперації машинобудівного виробництва вимагає централізації виробництва заготованок для окремих виробничих об'єднань, галузей, міністерств, регіонів тощо [18].

Основним напрямом розвитку машинобудування залишається підвищення ефективності виробництва та докорінне поліпшення якості продукції. Розвиток машинобудування в перспективі передбачає широке впровадження високопродуктивної та маловитратної технології. Розв'язання цих завдань здебільшого залежить від ефективності виробництва заготованок.

У машинобудуванні сьогодні існує багато способів виготовлення деталей та заготованок. Це велике розмаїття, з одного боку, дає змогу суттєво підвищити якість деталей машин та ефективність їх виготовлення, а з другого — створює значні труднощі у доборі найліпшого варіанта. Для прийняття оптимального рішення потрібний комплексний аналіз техніко-економічної ефективності всіх альтернативних варіантів з урахуванням інтересів як окремого підприємства чи об'єднання, так і всього народного господарства. Дібраний спосіб має забезпечити підвищення продуктивності праці, зниження матеріало- і енергомісткості, заданий рівень якості виробів, збереження чистоти довкілля.

Фактори, від яких залежить вартість виробництва у машинобудуванні, поділяють на конструктивні, виробничі та технологічні. Всі вони взаємопов'язані, оскільки конструкція виробу, марка матеріалу, його фізичні та механічні властивості здебільшого визначають форму заготовки, спосіб її отримання, характер виробництва та його організаційний рівень: Урахування всіх цих ви-

мог впливає на техніко-економічну ефективність виготовлення самого виробу.

Якщо вважати, що вартість виготовлення виробу

$$C_B = C_M + C_z + C_c, \quad (2.1)$$

де C_B , C_M , C_z і C_c — вартість відповідно виробу, матеріалів, заробітної плати та спорядження, крб; і врахувати, що виробництво виробів може бути одиничним, серійним чи масовим, то з практики відомо, що частина витрат на матеріали, заробітну плату та спорядження істотно залежить від типу виробництва.

В одиничному виробництві у вартості виробу переважає вартість заробітної плати, в масовому — вартість матеріалів, а в серійному їх частка залежить від рівня серійності. Незалежно від типу виробництва, матеріаломісткість виробу та трудомісткість його виготовлення завжди визначається вдалим добром заготовки та способу її утворення.

У багатьох випадках вдало дібраний вид заготовки та спосіб її виготовлення дають змогу отримати готовий виріб без механічного оброблення, в умовах автоматизованого та екологічно чистого виробництва.

Максимальне наближення геометричних форм і розмірів заготовки до форми та розмірів готової деталі є однією з головних тенденцій технічного прогресу у виробництві заготовок.

Сьогодні маємо багато нових конструкційних матеріалів, розроблено та впроваджено прогресивні методи їх виробництва, отримання заданих властивостей, способи виготовлення заготовок; успішно вирішуються питання автоматизації проектування конструкцій заготовок і технологічних процесів їх виготовлення, керування процесами їх виробництва. Та ефективне вирішення основних питань виробництва заготовок здебільшого залежить від вдалого розв'язання конструктором, технологом і організатором виробництва завдань оптимізації добору, конструювання та виготовлення заготовок.

2.2. Короткі відомості з історії виробництва заготовок

Лиття є одним із найдавніших способів виготовлення виробів з металів. У стародавніх Єгипті, Греції, Китаї, Римі, Індії з золота, срібла, міді та їх сплавів виготовляли вироби релігійного культу, зброю, статуї, прикраси тощо. В епоху розквіту афінської культури художник Фідій вилив з бронзи статую богині Афін-воїниці заввишки близько 15 м. У VI—V ст. до н. е. у Китаї та Греції зародилося виробництво чавуну (слово «чавун» з китайської пере-

кладається як ливарник). Литтям металів займався Леонардо да Вінчі, який запропонував кілька проектів металургійних печей, розробив технологію отримання та оброблення деяких сплавів.

Перші вилиті вироби, знайдені на території України, належать до періоду трипільської культури (III—II тис. до н. е.), майстерністю лиття добре володіли скіфи, які населяли частину території України близько 2,5 тис. років тому. Широкий розвиток лиття отримало в Київській Русі. В XII—XIII ст. київські ливарники виготовляли складні виливки, зокрема вони відлили дзвони для Софійського собору в Новгороді. У XVIII ст. «залізні» заводи діяли на Чернігівщині, у Глухові, Києві, Стародубі та інших містах. В 1795—1797 рр. на березі річки Лугані було збудовано перший на Україні ливарно-гарматний завод, у 1885 р. в Макіївці — перший труболиварний завод. Розвиток ливарного виробництва був пов'язаний з виготовленням ядер, гармат, дзвонів, пам'ятників тощо. В середині XIX ст. починається виробництво литва з ковкого чавуну та сталі, закладаються наукові основи технології лиття.

Наукові основи металургії вперше узагальнив М. В. Ломоносов у 1793 р., подальший розвиток наука лиття отримала в працях П. П. Аносова, О. С. Лаврова, М. В. Калакуцького, Д. К. Чернова, О. П. Гавриленко, А. А. Бочвара та ін. Авторами ґрунтовних праць з ливарної справи були А. Ф. Мевіус (перший в Україні професор у галузі металургії) та В. С. Кнаббе (професор Харківського технологічного інституту). Слід відзначити праці в галузі ливарної технології німецького вченого Б. Ошана, англійських дослідників Д. Пірса, Д. Морро, вчених — американця Гагнебіна, чеха Ф. Пішека та інших.

Значний поштовх для розвитку металургії дала електрометалургія сталі, чавуну та кольорових металів. Сьогодні практично всю вітчизняну сталь виготовляють за допомогою електрометалургії.

Половину всієї сталі використовують на литво. Частка сталевого литва становить 23% в загальному його балансі, 73% — це чавунне литво як найдешевший матеріал для виготовлення заготовок.

Зростає потреба у легованих конструкційних матеріалах, у високоміцних, вогнетривких, економнолегованих сталях. Виникли такі способи лиття, як ковшова металургія, за якою у виливальному ківші перенесено процеси легування, розкислювання, десульфатції, модифікування, вакуумування; електрошлакове лиття, яке дає змогу значно підвищити якість виробів.

Сьогодні значна увага приділяється механізації та автоматизації трудомістких процесів лиття, організації потокових методів виробництва заготовок. У повоєнні роки перші ливарні цехи з повною механізацією всіх процесів створені на Харківському

тракторному заводі, Мелітопольському заводі сільськогосподарських машин, Новокраматорському заводі важкого машинобудування, Січеславському заводі металургійного устаткування тощо. В Україні в 1958 р. організовано Інститут ливарного виробництва АН України.

Виробництво виливків постійно вдосконалюється, створюються механізовані та автоматизовані лінії, які широко застосовуються на заводах масового виробництва автомобілів, тракторів та інших машин, приладів. Продовжують вдосконалюватись давно відомі способи лиття та розробляються нові. Зараз у всіх країнах світу виготовляється понад 80 млн тонн литва, з якого до 80% припадає на лиття у піщано-глиняні форми.

Друге місце після лиття у виробництві заготованок належить обробленню металів тисненням (ОМТ). На початку 80-х років ОМТ піддавалося понад 90% виплавленої сталі і понад 50% кольорових металів і сплавів.

Для виготовлення багатьох заготованок використовуються послідовно декілька способів оброблення (лиття, ОМТ, листове штампування, зварювання тощо).

Ковальське оброблення металів — це один з найдавніших способів виготовлення заготованок. Холодне кування самородків золота, а також метеоритного заліза було відоме ще до того, як люди навчилися добувати метал з руди, за кілька тисячоліть до н. е. Ще до н. е. з'явилося гаряче кування. В VIII—VII ст. до н. е. скіфи, а в IV—VI ст. н. е. слов'яни використовували кування металів. Стародавні ковалі були універсалами — вони виконували операції лиття, кування, штампування, термічного та художньо-ювелірного оброблення. В Київській Русі ковалів вважали навіть знахарями та чаклунами. У X—XI ст. ковалі уже утворювали ремісничі об'єднання. Але до XVI ст. єдиним способом виготовлення кованок було ручне кування. Механізація кування починається з появою перших механічних молотів із водяним рушієм у XVI ст. На початку XIX ст. починають застосовувати машинне штампування. Великою подією для кування було винайдення в середині XIX ст. Дж. Несмітом (Англія) парового молота. Такою ж подією була поява наприкінці XIX ст. гідравлічного преса.

2.3. Класифікація заготованок

У сучасному машинобудівному виробництві широко розповсюджені такі заготованки [31]: прокат зі сталей та кольорових металів; виливки з чавуну, сталі та кольорових металів; кованки із сталей та кольорових металів; порошкові металеві, керамічні та пластмасові заготованки; складані заготованки.

Заготованки з прокату. У машинобудуванні застосовують товарні заготованки; сортові та фасонні профілі загального, галузевого та спеціального призначення; трубний прокат, гнуті, пресовані та періодичні профілі. Товарні заготованки — колоди ковані круглого (блюнси) та квадратного (сляби) перетинів, товсті плити — використовують як заготованки для кування та штампування великих заготованок (валів, осей, важелів, тяг тощо). Прості сортові профілі загального призначення — круглі, квадратні, шестигранні, штабові — придатні для формування гладких і східчастих валів (з невеликими різницями в діаметрах), втулок, стаканів, важелів, клинів, фланців, поршнів, фасонних профілів загального призначення; сталь кутову рівнобічну та нерівнобічну, таври та швелери застосовують для виготовлення металоконструкцій, рам, ферм, підставок, кронштейнів, каркасів; фасонні профілі прокату галузевого та спеціального перетину використовують в автомобільному, тракторному, залізничному, енергетичному, електротехнічному та сільськогосподарському машинобудуванні. Трубний прокат — сталевий, безштовковий, гарячокатаний, холоднотягнутий, холоднокатаний — іде на виготовлення циліндрів, гільз, втулок, шпинделів, стаканів, барабанів, роликів, порожнистих валів. Гнуті профілі придатні для виготовлення кузовів автомобілів і тракторів, опор, кронштейнів, каркасів, консолей, ферм, ребер жорсткості.

Пресовані профілі складної форми використовують для утворення напрямних елементів, декоративних виробів. Періодичні профілі прокату правлять заготованками для багатьох деталей. Профілі поздовжнього прокатування застосовують для виготовлення балок, осей, валів, лопаток турбін; поперечно-гвинтового прокатування — для шпинделів верстатів, важелів, валів електродвигунів; поперечно-клинового прокатування — для формування валів коробок передач, кришок, фланців, дисків; поперечного прокатування — для виготовлення кульок вальниць кочення, профільованих трубчастих деталей тощо.

Механічні властивості періодичного прокату ліпші, ніж властивості гладкого прокату, що пояснюється розташуванням волокон відповідно до конфігурації заготованки [35].

За способом оброблення прокат буває гарячокатаний, холоднокатаний, холоднотягнутий, пресований, калібрований, шліфований (сріблянка), а за способом термооброблення — термооброблений, загартований та без термооброблення.

Виливки. До 80% за масою виливків займають заготованки, виготовлені за допомогою лиття в разові, здебільшого піщано-глиняні форми. Спеціальні способи лиття значно підвищують вартість виливків, але дають змогу виготовити заготованки підвищеної якості та з меншим обсягом механічного оброблення. Класифікують виливки за способами лиття [31, 37].

Внаслідок лиття отримують заготовки різних розмірів і конфігурацій. Виливки можуть мати складні та криволінійні поверхні, розташовані під різними кутами одна до одної. Точність форми поверхонь, їх розмірів і шорсткість залежать від способу виготовлення виливків. Їх можна виготовляти практично зі всіх металів та їх сплавів, масою від кількох грамів до сотень тонн, а за формою від найпростіших до найскладніших конструкцій. Лиття заготовок є найбільш універсальним способом їх виготовлення.

Ковані та штамповані заготовки. Внаслідок оброблення металів тисненням отримують заготовки шляхом кування, штампування та спеціальних технологічних процесів. За допомогою кування заготовкам надають простої форми з великими напусками та припусками на механічне оброблення. Гарячим і холодним штампуванням виготовляють більш складні за конфігурацією, але обмежені за габаритами та масою заготовки. Заготовки, які отримують шляхом оброблення металів тисненням, класифікують за видом і температурою оброблення, типом основного устаткування.

У масовому та багатосерійному виробництві широко застосовують профілі, що виготовляються прокатуванням, пресуванням, волочінням, вальцюванням тощо. Ці способи дають змогу отримувати заготовки з високою якістю матеріалів, низькою вартістю, з мінімальними припусками для механічного оброблення, а деколи обходиться і без механічного оброблення.

В одиничному виробництві для виготовлення заготовок застосовують вільне кування. Цей спосіб не має альтернативи для виготовлення кованок масою 200...300 тонн. Об'ємне штампування кованок дає змогу отримувати заготовки більш складної конфігурації деталей. Холодноштамповані заготовки за якістю не поступаються виливкам, що виготовлені спеціальними методами лиття й часто потребують лише мінімального подальшого оброблення.

Заготовки з порошків. Цим способом виготовляють заготовки з металів, кераміки та пластмас. Класифікують їх за способами виготовлення, матеріалами, наповнювачами, барвниками тощо [24, 32]. Ці заготовки часто мало чим відрізняються від готових деталей та вимагають здебільшого тільки оздоблювального оброблення.

Складані заготовки класифікують за матеріалами, способами з'єднання та виготовлення їх складових частин. Так, зварювані заготовки бувають зварнолітні, зварноковані, зварноштамповані, кованолітні, металоскляні, металокерамічні тощо. Для з'єднання окремих частин заготовки використовують різні способи зварювання, лютування, склепування, склеювання, згвинчування, закручування тощо. Ці заготовки дають змогу виготовляти склад-

ні за конфігурацією, масивні та такі вироби, до окремих елементів яких висувають підвищені вимоги.

Інші заготовки. Значну кількість заготовок формують шляхом механічного оброблення сортового та спеціального прокату за допомогою металорізальних верстатів, ножиць, штампів, а також газових, електричних, променевих і механічних різаків.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Виробництво заготовок у машинобудуванні.
2. Основна тенденція розвитку машинобудівного виробництва у формотворенні деталей.
3. Які фактори визначають вартість виробів у машинобудуванні?
4. Ливарне виробництво заготовок в Україні.
5. Оброблення металів тисненням як найстаріший спосіб виготовлення заготовок.
6. Класифікація заготовок у машинобудуванні.
7. Структура та частка окремих видів виробництва заготовок на сучасному етапі розвитку машинобудування.
8. Технічна революція у виробництві заготовок у XVII—XVIII ст.
9. Основні способи виготовлення заготовок у машинобудуванні.
10. Заготовки з прокату.
11. Що таке виливки?
12. Ковані та штамповані заготовки.
13. Складані заготовки.

ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ЗАГОТОВАНОК

3.1. Основні поняття

Під *технологічністю конструкції виробу* розуміють сукупність його властивостей, які визначають відповідність даної конструкції оптимальним витратам на його виготовлення, експлуатацію та ремонт для заданих показників якості, обсягу випуску та умов виконання робіт.

Якість виробу поряд з технологічністю конструкції характеризується також його функціональністю, тобто здатністю виробу реалізувати свою основну функцію, надійністю, ергономічністю, естетичністю, економічністю, безпечністю та екологічністю. Всі перелічені складові якості виробу зумовлені його конструктивною будовою, матеріалом і визначають технологічність конструкції в цілому. *Функціональність* виробу — відповідність виробу умовам реалізації його основних функцій за призначенням. *Надійність* (безвідмовність, довговічність, ремонтоздатність, схоронність) характеризує здатність виробу зберігати задану якість і виконувати певні функції в умовах його використання, обслуговування, ремонту, зберігання та транспортування протягом заданого часу. *Ергономічність виробу* — це здатність його функціонувати у системі людина—виріб. Під *естетичністю* виробу розуміють його художньо-конструкторське оформлення, що відповідає сучасним вимогам. *Безпечність* виробу повинна задовольняти вимоги безпеки праці в процесі його виготовлення, транспортування, зберігання, технологічного обслуговування, ремонту та утилізації. *Екологічність* виробу характеризує рівень шкідливих дій, що виникають під час його виробництва, експлуатації та ремонту, на довкілля.

Технологічність конструкції виробу характеризує можливість його виготовлення, експлуатації та зберігання за умов використання наявних у виготовлювача та споживача виробу трудових, матеріальних, енергетичних та інших ресурсів. Будь-який виріб повинен бути технологічно раціональним для заданих конкретних умов підготовки його виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту. Ці вимоги слід знати конструктору до початку розроблення конструкції виробу.

Конструювання заготовки та деталі органічно поєднані між собою, тому у більшості випадків креслення деталі містить також основні технологічні вимоги до заготовки та способи її виготовлення. Конструктор чи технолог, створюючи конструкцію та крес-

лення деталі, одночасно задає вимоги до її заготовки, а подекуди визначає й спосіб її виготовлення. Крім цього, згідно з вимогами державних стандартів, слід забезпечити технологічність деталей. Це стосується також конструкцій вузлів, агрегатів і машин. Форма та розміри заготовки значною мірою впливають як на технологію її виготовлення, так і на наступні оброблення. Точність розмірів і форми заготовки здебільшого визначає трудомісткість виготовлення та вартість готового виробу (деталі). Форма, розміри, стан поверхонь і поверхневих шарів заготовки можуть істотно впливати на обсяг подальшого її оброблення. Тому більшість заготовок піддають попередньому обробленню, яке полягає в тому, щоб забезпечити їхню технологічність для наступного механічного оброблення на металорізальних верстатах. До такого оброблення належать зачищення, виправлення, розрізування, центрування, термічне оброблення тощо. Особливого значення набуває попереднє оброблення заготовок в умовах автоматизованих і гнучких виробництв.

Забезпечення технологічності заготовок зводиться до виконання таких правил: конструкція деталі повинна бути або повністю стандартною (типовою), або складатись зі стандартних елементів (частин); деталі при можливості слід виготовляти зі стандартних заготовок (прокату, виливків, ковачок, пресованих заготовок); базові поверхні мають забезпечувати точність розташування та закріплення заготовок у процесі їх оброблення, контролю та вимірювання; під час виготовлення деталей повинні виконуватись стандартні (типові, групові) технологічні процеси.

3.2. Оцінка технологічності заготовки.

Технологічність виробу (заготовки, деталі) визначається матеріалом, геометричною формою, розмірами та їх точністю, якістю поверхонь, заданими фізичними та механічними властивостями. Оцінка технологічності деталей може бути якісною та кількісною. Для якісної оцінки альтернативні вирішення конструкції деталі розрізняють тільки як ліпші чи гірші, або прийнятні чи неприйнятні за технологічністю для заданих умов. Критеріями порівняння технологічності конструкції деталі вважають простоту конструкції, форму, розміри та шорсткість поверхонь, їх допустимі відхилення, розміри базових поверхонь, доступність для виготовлення та механічного оброблення поверхонь, жорсткість і можливість забезпечити необхідну стійкість до жолоблення в процесі термічного оброблення, довжину та технологічну доцільність розмірних ланцюгів.

Кількісну оцінку технологічності виконують для заданих умов за параметрами технологічності або за відносними чи абсолютни-

ми коефіцієнтами, які визначають за прийнятою методикою. До загальних показників технологічності конструкції виробу належать матеріаломісткість, енергомісткість, трудомісткість, технологічна вартість виробу у виготовленні, експлуатації та ремонті.

Достовірну оцінку технологічності конструкції виробу можна отримати розрахунковим методом [36], що являє собою сукупність прийомів, за допомогою яких визначають і порівнюють числові значення показників технологічності виробу та відповідних базових показників. Результатом кількісної оцінки є формування цільової функції та алгоритму забезпечення технологічності виробу. Для цього застосовують абсолютний, відносний та різницевий способи оцінки технологічності за результатами визначення таких показників:

абсолютний показник $K = K_1, \dots, K_n$;

відносний показник $K_p = \frac{K}{K_c}$;

різницевий показник $\Delta K = K - K_b$,

де K_1, \dots, K_n — показники технологічності різних варіантів виробу, K_b — показник технологічності виробу, прийнятий за базовий.

Цільова функція для забезпечення технологічності виробу відповідно має вигляд $K \rightarrow K_b$; $K_p \rightarrow 1$; $\Delta K \rightarrow 0$.

Блок-схему алгоритму забезпечення технологічності конструкції виробу зображено на рис. 3.1. Кількісну оцінку технологічності конструкції заготовок [37] виконують за коефіцієнтами використання матеріалу, який визначають як

$$K_{в.м} = \frac{G_d}{G_z + G_v} 100\%, \quad (3.1)$$

де G_d , G_z , G_v — маса відповідно готової деталі, заготовки та відходів, кг.

Відходи складаються з суми витрат матеріалу на вигорання металу, облой, прибутки, ливникову систему, а також витрати матеріалу вихідних заготовок, зумовлені неkratністю розмірів заготовки та використовуваного прокату (прутка, листа, стрічки, штаби тощо). Відходи матеріалу, утворені припусками на механічне оброблення та напусками, є складовою частиною маси заготовки.

Як видно з переліку складових частин відходів, встановити їх досить складно, тому часто для наближених розрахунків визначають тільки відходи на припуски та напуски заготовки, розраховуючи замість коефіцієнта використання матеріалу коефіцієнт точності маси заготовки:

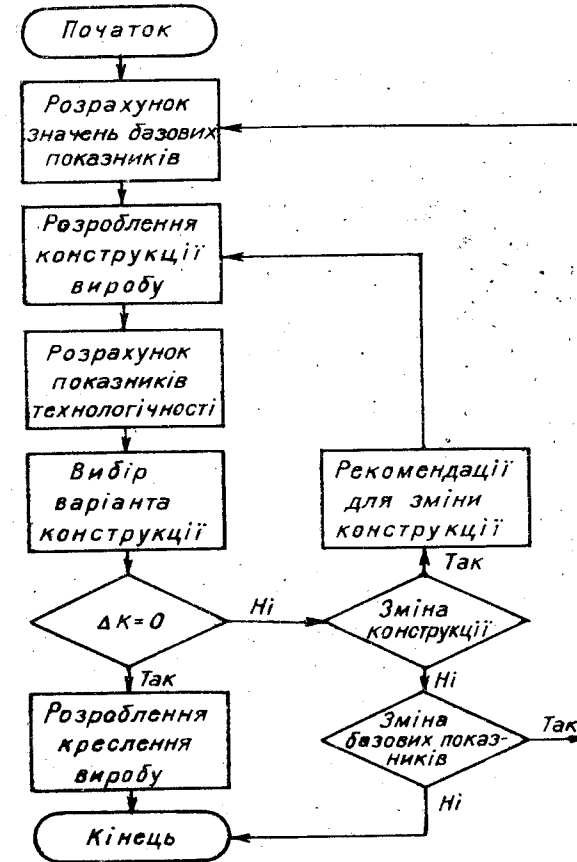


Рис. 3.1. Блок-схема алгоритму забезпечення технологічності конструкції.

$$K_T = \frac{G_d}{G_z}, \quad (3.2)$$

чи коефіцієнт виходу придатного металу

$$K_{пм} = \frac{G_z}{G_{в.з}}, \quad (3.3)$$

де $G_{в.з}$ — маса вихідної заготовки (кг), що визначається як

$$G_{в.з} = G_z + G_v. \quad (3.4)$$

вані поверхні слід робити достатньо доступними та уніфікованими з урахуванням оброблення їх мінімальною кількістю інструментів.

Крім цих рекомендацій та порад конструктор враховує ще й рекомендації для забезпечення технологічності заготованок, з яких виготовляють деталі чи готові вироби.

Технологічність виливків забезпечується добром матеріалу та способу їх отримання, простотою форми, мінімальною кількістю шишок та жеребійок, відсутністю зовнішніх шишок і знімних частин, можливістю виконати внутрішні порожнини без шишок або з наявністю достатньої кількості вікон у стінках вилівка для закріплення шишок.

Співвідношення габаритних розмірів виливків, товщин стінок, радіусів заокруглень та нахилів мають бути в межах рекомендованих нормативами значень, а їх конструкція повинна допускати машинне формування, використання сталих ливарних форм, стандартних опок тощо.

Технологічність кованок, що виготовляються вільним куванням та штампуванням, забезпечується відповідністю розмірів і маси кованок до можливостей заводського устаткування та спорядження, співвідношенням розмірів кованок до вимог стандартів; простотою їх форми; мінімальною кількістю штампувальних рівчаків, потрібних для її виготовлення; можливістю використання універсальних і складаних штампів; відсутністю різких переходів між окремими поверхнями, потовщень тощо.

Технологічність зварюваних заготованок забезпечується відповідністю матеріалів окремих частин заготованок до вимог зварюваності та отримання найменших внутрішніх напружень, узгодженістю конструкцій та розмірів зварюваних швів з вимогами технологічних інструкцій, мінімальною кількістю швів з накладанням матеріалів, мінімальною довжиною швів, надійністю взаємного базування окремих частин заготовки у процесі зварювання, вільним доступом до місць зварювання, можливістю використання автоматичного зварювання.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке технологічність конструкції виробу?
2. Як впливає технологічність конструкції на якість виробу?
3. Які є критерії технологічності?
4. Якісна та кількісна оцінка технологічності конструкції заготовки.
5. Порядок забезпечення технологічності конструкції.
6. Основні рекомендації для поліпшення технологічності заготованок.
7. Технологічність виливків.
8. Технологічність кованок.
9. Технологічність зварюваних заготованок.

МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗАГOTOВАНOK

4.1. Добір матеріалу заготовки

У процесі добору матеріалу заготовки враховують його експлуатаційні та технологічні властивості, а також економічну ефективність використання. Матеріал заготовки практично визначає можливість виконання функцій деталі, яка буде виготовлена з цієї заготовки, а також виготовлення деталі з найменшими виробничими витратами.

Розробляючи конструкцію деталі, конструктор разом з технологом передбачають конструктивну форму та розміри заготовки, з якої будуть виготовляти деталь, добирають спосіб формування заготовки, визначають точність її форми та розмірів, а також можливі технологічні процеси її оброблення. Поради щодо добору матеріалів і способів отримання заготованок для деталей машинобудування наведено в довідковій та спеціальній літературі [3, 13, 27, 31, 32]. Крім цього, для остаточного добору матеріалу заготовки виконують необхідні розрахунки, дослідження, випробовування, а також аналіз наявного досвіду виготовлення та експлуатації аналогічних деталей.

Часто добір матеріалу однозначно зумовлює й добір способу виготовлення заготовки. Це стосується таких матеріалів, які мають явно виражені технологічні властивості (рідкоплинність, здатність до пластичного деформування тощо). Так, добір чавуну, окремих марок латуней чи бронз зумовлює одночасно добір вилівка як заготовки, а добір як матеріалу деталі кераміки чи пластмаси зумовлює одночасний добір способу виготовлення заготовки пресуванням з порошкових матеріалів і відповідного термічного оброблення.

Для попередньої оцінки економічності матеріалу заготовки визначають дефіцитність і вартість дібраного матеріалу. Але техніко-економічне обґрунтування виконують на основі розрахунків, наведених нижче.

Заготовки, як вироби металургійних, ливарних, кувальних, штампувальних, пресово-розрізувальних, штампувально-заготівельних цехів і дільниць, виготовляють із вихідних заготованок чи

матеріалів. У машинобудівних цехах для формування заготовок застосовують продукцію металургійної, металодобувної та металообробної промисловості. Так, у машинобудівних цехах для виготовлення заготовок широко використовують сортовий прокат, шихтові та порошкові матеріали, металобрухт тощо.

Для формування виливків вихідним матеріалом може бути металева шихта, металобрухт, чушковий метал і, навіть, виливки та прокат. Для утворення кованих і штампованих заготовок вихідними заготовками можуть бути виливки та прокат, які попередньо обробляють механічно (зачищенням, розтинанням, виправленням). Часто вихідними заготовками для кованих є заготовки, виготовлені іншими способами [39]. У таких випадках процес формування заготовки складається з двох стадій — виготовлення вихідної та остаточної заготовки. В окремих випадках кількість стадій виробництва заготовки може бути ще більшою. Наприклад, для виготовлення складних деталей у машинобудуванні часто використовують такі технологічні схеми: виливок—прокат—кованка; виливок—прокат—кованка—штампування; виливок—штампування—карбування; виливок—прокат—вальцювання; виливок—прокат—вальцювання—штампування—карбування тощо.

4.2. Вимоги до матеріалів заготовок

Якість і надійність деталей у машинобудуванні значно залежать від конструкційних матеріалів, з яких вони виготовлені. З одного боку правильний добір матеріалу заготовки сприяє виготовленню деталі з найменшими виробничими витратами, а з другого — забезпечує задані її якість, довговічність і ремонтоздатність.

Добираючи конструктивний матеріал, слід враховувати його експлуатаційні, технологічні властивості та економічну ефективність. Від експлуатаційних властивостей матеріалу залежить виконання деталлю заданих функцій. Технологічні властивості дають змогу ефективно обробляти матеріал доступними технологічними методами чи способами. Часто технологічні властивості конструкційного матеріалу заздалегідь визначають спосіб формування заготовки та технологічний процес її подальшого оброблення. Наприклад, чавун допускає тільки лиття заготовок, не вимагає температурного оброблення, не обробляється тисненням, погано зварюється тощо.

Економічна ефективність конструкційного матеріалу визначається його вартістю, дефіцитністю та технологічними властивостями, від яких залежить економічність методів отримання заготовки та їх подальшого оброблення.

Залежно від призначення заготовки та способу виготовлення до її матеріалу можуть висуватися різні вимоги. Їх можна поділити на дві групи: загальні, що стосуються матеріалів усіх заготовок, і часткові — до матеріалу заготовки заданого способу виготовлення.

Розглянемо групу загальних вимог:

1) хімічний склад і структура матеріалу мають забезпечити стабільні протягом усього строку оброблення та експлуатації заготовки фізико-механічні та фізико-хімічні властивості;

2) матеріал повинен мати задані технологічні властивості залежно від способу виготовлення заготовки (литтям, куванням, різанням, зварюванням);

3) виробництво та оброблення матеріалу не мають супроводжуватись виділенням токсичних і шкідливих для життя речовин, погіршувати екологію довкілля;

4) для виготовлення матеріалу слід застосовувати дешеві та недефіцитні складники;

5) виготовлення та оброблення матеріалу повинно бути економічно доцільним.

Часткові вимоги до матеріалів заготовок визначають, виходячи з умов конкретного способу їх виготовлення. Наприклад, матеріал для лиття повинен мати високу плинність у рідкому стані, незначні усідання та схильність до поглинання газів, ліквідації, прилипання до стінок ливарної форми. Матеріали заготовок, які виготовляють прокатуванням, штампуванням чи куванням, повинні відзначатися високою пластичністю, достатньо широким температурним інтервалом оброблення металу тисненням, низькою схильністю до окислення та прилипання поверхні до деформувального інструменту.

Дотримуватися всіх вимог у заданих умовах виробництва часто неможливо. Тому під час добору матеріалу заготовки задовольняють тільки основні з них, яким підпорядковують інші, другорядні для заданих конкретних умов. Це зумовлює значне зростання кількості матеріалів, що можуть застосовуватися для виготовлення заданих заготовок.

Кількість металів та їх сортів, які сьогодні використовують у промисловості згідно з чинними стандартами на хімічний склад, фізико-хімічні властивості та сортамент, перевищує чотириста назв (марок). Крім них у промисловості використовується значна кількість неметалевих матеріалів [3].

4.3. Марки матеріалів заготовок

Серед передбачених у стандартах для виготовлення та використання у виробництві матеріалів найбільш широко застосовують такі метали та їх стопи [3]:

вуглецеві сталі звичайної якості (Ст.0, Ст.1, ..., Ст.6);
сталі конструкційні підвищеної та високої оброблюваності різанням (А12, А20, ..., А40Г);
вуглецеві якісні конструкційні сталі (08, 15, 20, ..., 85, 60Г, 65Г, 70Г);
вальницькі сталі (ШХ15, ШХ15СГ);
леговані конструкційні сталі (20Х, ..., 50Х, 30ХМА, 35ХМ, 18ХГ, 18ХГТ, 30ХНЗА тощо);
інструментальні вуглецеві сталі (У7, У8, ..., У13, У7А, ..., У13А, У8ГА);
сталь зносостійка за умов абразивного тертя (110Г13Л);
сталі з особливими тепловими властивостями (Н36, Н42);
сталі теплостійкі (12МХ, 20ХІМІФІБР, 12Х8ВФ тощо);
сталі корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні (20Х13, 12Х13, 12Х18Н10Т, 20Х17Н2 тощо);
сталі ливарні вуглецеві конструкційні (15Л, 20Л, ..., 55Л);
сталі ливарні леговані та високолеговані (20ГЛ, 35ГЛ, 30ГСЛ, 20ГФЛ, 20ФЛ, 30ХГСФЛ, 45ФЛ, 32ХО6Л, ХЛ, 110Г13Л) тощо;
сталі ливарні холодностійкі та зносостійкі (15ЛС, 10Х18Н9МЛС, 30ХМЛС);
сталі ливарні корозійностійкі (15Х13Л, 20Х13Л, 25Х5МЛ, 10Х14НДЛ);
сталі ливарні жароміцні, (40Х21Н46В8Л, 12Х18Н12М3ТЛ, 08Х17Н34В5Т3Ю2Л);
сталі ливарні жаростійкі (40Х9С2Л, 20Х25Н19С2Л, 45Х17Г13Н3ЮЛ);
сталі ливарні кислотостійкі (10Х18Н115Л, 12Х18Н9ТЛ, 14Х18Н4Т4Л, 12Х25Н5ТМФЛ);
чавуни сірі (СЧ00, СЧ12, ..., СЧ44);
чавуни високоміцні (ВЧ38, ВЧ42, ..., ВЧ120);
чавуни жаростійкі (ЖЧХ2, ..., ЖЧХ30, ЖЧС5Ш тощо);
чавуни антифрикційні (АЧС-4, АЧС-6, АЧК-1, АЧК-2);
чавуни модифіковані та леговані (ЧХ1, ЧХ2, ЧЮЧШ тощо);
бронзи олов'янофосфорні (БрОФ10-1);
бронзи олов'яні для оброблення тисненням (БрОФ7-0,2; БрОФ6,5-0,4; БрОФ6,5-0,15; БрОЦ4-3; БрОЦ4-4-2,5 тощо);
бронзи безолов'яні для оброблення тисненням (БрА5, БрАМц9-2 тощо);
латуні ливарні (ЛА67-2,5; ЛАЖМц66-6-3-2; ЛС69-1Л тощо);
латуні для оброблення тисненням (Л68, Л63, ЛО62-1 тощо);
алюмінієві стопи ливарні (АЛ-2, АЛ-4, АЛ-9, ..., АЛ-30);
алюмінієві деформовні стопи (АМц, АМ-6, Д16, Д18, АК4, АК6, АК8);
титанові ливарні стопи (ВТ5, ВТ5-1, ОТ4-0, ВТ6, ВТ8, ВТ9 тощо);

магнієві деформовні стопи (МА1, МА2, МА5, МА11, МА13, ВМ65, ВМД1).

Метали та стопи, які виготовляються промисловістю, можуть відрізнятися одні від одних також кількістю нормованих параметрів (групи А, Б і В у вуглецевих сталей); фізичним станом рідкої фази, з якого вони виготовлені (кп — кипляча, пс — напівспокійна, сп — спокійна); способом прокатування (гк — гарячокатана, хк — холоднокатана, к — кована); видом термічного оброблення (т — термічнооброблена, н — нагартована без термічного оброблення); механічними властивостями (групи 1, 2, 3, 4, 5; А — високоякісна, Ш — особливоякісна, а — для гарячого оброблення, б — для механічного оброблення, в — для волочіння, л — для лиття); способом механічного оброблення поверхні (сріблянка — шліфований круглий прокат). Із чавуну всіх марок формують тільки виливки.

Практично всі марки сталей так чи інакше надаються для оброблення тисненням та виливанням. Для визначення марки сталі потрібно враховувати її механічні, фізичні та технологічні властивості, наведені у відповідних стандартах, довідниках [3, 14, 17, 20, 27, 30, 31, 32], а також керуватись результатами спеціальних досліджень, про що мова піде нижче у відповідних розділах.

Алюмінієві стопи поділяють на дві групи: технічний алюміній та термічно зміцнювані стопи. Стопи першої групи відзначаються високою пластичністю, але мають гірші характеристики міцності.

З мідних стопів найбільше розповсюджені бронзи та латуні. Латуні характеризуються ліпшими ливарними властивостями, меншим усіданням і схильністю до окислення, ніж бронзи. Бронзи відрізняються високими механічними та антифрикційними властивостями. Для виготовлення виливків застосовують олов'яні, безолов'яні бронзи та латуні на основі цинку. Для виготовлення кованок здебільшого використовують алюмінієві, кремнієві та олов'яні бронзи.

Титанові стопи мають задовільну пластичність, високу міцність, але низьку оброблюваність різанням. Для ОМТ придатні титанові стопи марок ОТ4-1, ВТ14, ВТ3-1 тощо.

Магнієві деформовні стопи застосовують для ОМТ. Для виготовлення виливків використовують стопи марок МЛ5, МЛ6, МЛ8. Магнієві стопи порівняно з алюмінієвими мають більше усідання, гіршу рідкоплинність, схильність до самозаймання в рідкому стані.

До тугоплавких стопів належать стопи на основі титану, вольфраму, молібдену, ванадію, ніобію. Температура топлення деяких з них сягає 3000... 3500 °С, вони відрізняються високою міцністю в умовах високих температур.

Легкотопкими вважають стопи на основі олова, плюмбію, вісму та кадмію.

4.4. Умовні позначення матеріалів

Умовні позначення, що обов'язкові для вживання в технічній документації, подані в стандартах на кожний з матеріалів (сортамент, технічні вимоги) або в технічних вимогах щодо їх випуску чи виготовлення.

Наведемо приклади позначень матеріалів.

Сталь гарячекатана звичайної точності прокатування В діаметром 50 мм марки 30 другої категорії підгрупи б без термічного оброблення:

Круг $\frac{В=50 \text{ ГОСТ } 2591-71}{30-2-6 \text{ ГОСТ } 1050-74.}$

Сталь калібрована діаметром 10 мм класу точності 4 за ГОСТ 7417-75 марки 35 нагартowana -Н 5-ї категорії якості поверхні за групою Б:

Круг $\frac{10-4 \text{ ГОСТ } 7417-75}{35-Н-5-Б \text{ ГОСТ } 1050-74.}$

Сталь гарячекатана звичайної точності прокатування товщиною 20 мм, шириною 75 мм, якісна марки 20ХНМ для холодного механічного оброблення (підгрупа б) без термооброблення:

Штаба $\frac{20 \cdot 75 \text{ ГОСТ } 103-76}{20ХНМ-6-ГОСТ } 4543-71.$

Гарячекатаний лист зі сталі ст. 3 розміром 2,0×1000×2000 з допуском на товщину за класом В 3-ї категорії III групи якості поверхні:

Лист $\frac{В2,0 \cdot 1000 \cdot 2000 \text{ ГОСТ } 19903-74}{3-III-Ст.3 \text{ ГОСТ } 16523-70.}$

Куток рівнобічний 120·120·5 зі сталі марки В Ст. 3 кп 2 за ГОСТ 380-88:

Куток $\frac{120 \cdot 120 \cdot 5 \text{ ГОСТ } 19771-74}{В \text{ Ст.3 кп2 } \text{ ГОСТ } 11474-76.}$

Виливок II групи зі сталі марки 25Л:

Виливок 25Л-II ГОСТ 977-75.

Те ж III групи зі сталі марки 35ХГСЛ:

Виливок 35ХГСЛ-III ГОСТ 977-75.

Пруток тягнутий круглий з бронзи марки Бр ОЦ4-3 діаметром 30 мм:

Пруток Бр ОЦ4-3-т-кр30 ГОСТ 6511-60.

Те ж, пресований квадратний, розміром 12:

Пруток Бр ОЦ4-3-пр-кв12 ГОСТ 6511-60.

Стрічка холоднокатана прямокутного перетину нормальної точності м'яка товщиною 0,20 мм шириною 150 мм з латуні марки ЛМц58-2:

Стрічка ДПРНМ 0,20·150 НД ЛМц58-2 ГОСТ 2208-75.

Пресівний пластмасовий матеріал марки АГ-4 за ГОСТ 20437-75:

Прес. матеріал АГ-4 ГОСТ 20437-75.

Полістирол удароміцний марки УПМ-0503 I сорту термо- та світлостабілізований білий за ОСТ 6-05-406-80:

Полістирол УПМ-0503-білий сорт I ОСТ 6-05-406-80.

Поліетилен низького тиску базової марки 21008 зі середнім показником плинності 0,75 г/хв за ГОСТ 16338-85:

Поліетилен 21008-075 ГОСТ 16338-85.

Те ж з додатками відповідно до рецептури (барвника) 04:

Поліетилен 210-04 ГОСТ 16338-85.

Гума формова оліебензоморозостійка підвищеної твердості за ТУ 38.105.376-82:

Гума гр. МБ-П ТУ 38.105.376-82.

4.5. Використання матеріалів

Використання деяких основних конструкційних матеріалів у машинобудуванні наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Використання металевих конструкційних матеріалів

Марка	Вироби
1	2

1. Чавуни

СЧ15 Впускні та випускні трубопроводи двигунів, блоки циліндрів, маховики, натискні диски зчеплень, корпуси та кришки картерів і коробок передач, гільзи циліндрів, гальмівні барабани, циліндри гідрогальм і зчеплень

Литовані чавуни Гільзи циліндрів, гнізда клапанів, розподільні вали двигунів, поршневі кільця, диски зчеплень

Продовження табл. 4.1

1	2
BЧ45 BЧ50 BЧ60	Поршневі кільця, коромисла клапанів, колінчасті та розподільні вали, картери коробок передач, маточини коліс, гальмівні барабани, кронштейни двигунів і підвішувачів
KЧ35 KЧ37	Картери головних передач, задніх мостів, механізмів керування, маточини коліс, корпуси диференціалів, педалі, кронштейни
2. Сталі загального призначення (за ГОСТ 380-88)	
Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп	Огорожі, арматура, анкерні балки, зварювані маловідповідальні з'єднання
Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, Ст3кп, Ст3пс, Ст3сп, Ст4кп, Ст4пс	Маловідповідальні гвинти, прогоничі, гайки, заклепки, зварювані конструкції, арматура
Ст5пс; Ст6пс	Шпонки, клини, тяги, осі, вали
3. Сталі підвищеної та високої оброблюваності різанням (за ГОСТ 1414-75)	
A11, A12, A20, A30, A35, A40Г, AC40	Гвинти, прогоничі, затички, сухарі, ролики, валики, ходові гвинти металорізальних верстатів
AC14, AC35Г2, AC45Г2	Шестерні, вали механізму керування автомобілів, важелі перемикання передач, поршні
AC12ХН, AC14ХГН, AC19ХГН, AC30ХМ, AC40ХГНМ	Муфти, гайки, храповики, важелі, осі, пальці, вали, шестерні, стопорні кільця, ролики, шнеки
4. Конструкційні вуглецеві сталі (за ГОСТ 1050-74)	
08, 08кп, 10	Деталі кабін і кузовів автомобілів та їх вузлів, вкрути, деталі технологічних пристроїв, нестандартного устаткування
15, 15кп	Диски автомобільних коліс, пальці, осі, гайки, прогоничі, вилки, важелі

Продовження табл. 4.1

1	2
20, 20кп, 25	Вали, шнеки, троси, бампери, важелі, хомути, траверси, тяги, кронштейни, карданні вали, вилки, маховики, циліндри, станини верстатів
30, 35	Фланці, шестерні, гільзи, гаки, вилки, кріпильні деталі для автомобільних коліс, циліндри пресів, шпинделі, вали турбін і редукторів, ротори, станини верстатів
40, 45	Колінчасті та розподільні вали, шестерні та зубчасті колеса, прокатні валки, плунжери pomp і гідроциліндрів, поршневі пальці, осі коліс автомобілів і редукторів, муфти, вилки, втулки, вінці маховиків, кулаки гальм
50, 60	Шнеки, штовхачі, прокатні вали, поршневі кільця, ведені диски зчеплення
5. Сталі леговані конструкційні (за ГОСТ 4343-71)	
40Г, 50Г, 45Г2, 47ГГ	Шатуни, осі автомобільних коліс, колінчасті вали
15Х, 20Х	Штовхачі, поршневі пальці, хрестовини, розподільні вали
30Х, 35Х, 40Х, 45Х, 20ХГНР, 15ХГН2А	Вали-шестерні редукторів, балки передніх осей, поворотні цапфи, важелі керування, хрестовини, коромисла, прогоничі корінних і шатунних вальниць
18Х1ГТ, 30ХГТ, 25ХГМ, 25ХГТ	Шкворні, розподільні вали, шестерні, хрестовини
12ХН2, 12ХН3А, 20ХН3А, 30ХН2ВА, 40ХН, 20ХН3М	Поршневі пальці, хрестовини карданів, вали керівних механізмів, шестерні-сателіти, ротори, шнеки, шлицеві вали, шпонки
40ХФА	Пружини клапанів, торсіони, шатуни, колінчасті вали
45Х, 30ХРА	Кривошипи, клапани впускні, ключі гайкові, корби

Продовження табл. 4.1

1	2
30XM, 30XMA	Деталі, що працюють при температурі до 480 °С
40MФА	Колінчасті вали, нецементовані шестерні, шатуни силові, шпильки, пальці
38XНЗМФА	Найбільш відповідальні деталі турбін, двигунів, компресорів
38X2M10A	Азотовані деталі: штоки, клапани, гільзи, втулки
<i>6. Сталі високолеговані, корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні (за ГОСТ 5632-72)</i>	
13X11H2B24Ф	Диски компресорів, лопатки турбін
20X13	Деталі з підвищеною пластичністю, предмети домашнього вжитку
30X13, 40X13	Різальний, вимірвальний, хірургічний інструмент, пружини, предмети домашнього вжитку
14X17H2	Важконавантажені деталі, що працюють в агресивних середовищах, в умовах ударних навантажень і стирання
12X17	Деталі, що працюють в азотнокислих середовищах, предмети домашнього вжитку
15X11MФ	Робочі та напрямні лопасті парових турбін
12X18H9T, 12X18H10	Зварювана апаратура для хімічної промисловості
20X23H18	Деталі для газових турбін, двигунів внутрішнього згоряння
XH77TЮP	Деталі турбін і реактивних двигунів, що працюють при високих температурах
<i>7. Ливарні мідно-цинкові стопи (латуні)</i>	
ЛЦ40С	Фасонне лиття, лиття під тиском

Продовження табл. 4.1

1	2
ЛЦ40Mц1,5	Арматура, втулки
ЛЦ23A6ЖЗMц2	Вінці шнекових коліс, прогоничі, гвинти, гайки, деталі, що працюють в умовах знакоперемінних навантажень
ЛЦ40MцЗЖ, ЛЦ40Mц3A, ЛЦ38Mц2C2, ЛЦ30A3	Нескладні за формою деталі (втулки, штуцери, вклади), корозійностійкі деталі
ЛЦ16K4	Складні деталі, що працюють при температурі до 250 °С і у морській воді
<i>8. Деформовні латуні (за ГОСТ 15527-70)</i>	
Л90, Л96, Л85, Л180, ЛН65-2	Листи, стрічки, труби, радіатори
Л170, Л68, Л63, Л160	Втулки генераторів, баки радіаторів, клапани, деталі пневмосистем, заклепки
ЛА77-2	Арматура радіаторів
ЛМц58-2, ЛО70-1, ЛЮ60-1	Прутки та дрід для газового зварювання, стрічки
ЛС63-3, ЛС74-3, ЛС64-2, ЛС59-1, ЛС59-1B	Стрічки, листи, труби, прутки, кутки, трійники, штовхачі, жиклери, затички, втулки
ЛК80-3, ЛМш68-0,05	Ковані та штамповані заготовки, труби
<i>9. Деформовні бронзи (за ГОСТ 5017-74)</i>	
БрОФ8,0-0,3, БрОФ7-0,2, БрОФ6,5-0,4, БрОФ6,5-0,15, БрОФ4-0,25	Дрід для сіток і пружин, стрічки, труби
БрОФ2-0,25	Прогоничі, стрічки, дрід для зварювання

1	2
БрОЦ4-3, БрОЦС4-4-2,5, БрОЦС4-4-4	Дріт для пружин, штуцери, втулки, тяги, вальниці
<i>10. Бронзи безолов'яні (за ГОСТ 18175-78)</i>	
БрА5, БрА7	Контакти, хімічностіїкі деталі
БрАМц9-2, БрАЖ39-4	Прогоннічі, гвинти, вали, гайки, зносостійкі деталі
БрАМц10-2	Фасонні виливки
БрАЖМц10-3-1,5, БрАЖН10-4-4	Корозійно- і вогнестійкі деталі
БрБ2, БрБНТ1,7, БрБНТ1,9МГ	Пружини, втулки зносостійкі
БрКМц3-1, БрАЖНМц9-4-4-1	Хімічностіїкі деталі
БрМц5	Деталі, що працюють при температурі до 250 °С
БрМц0,3	Колектори електродвигунів
<i>11. Алюмінієві ливарні стопи (за ГОСТ 2685-75)</i>	
АЛ2, АЛ4, АЛ9, АЛ34, АК9, АК7	Головки циліндрів двигунів, картери, поршні, корпуси, трубо- проводи
АЛ3, АК5, АК6, АЛ32, АК5М2, АК5М7, АК7М2, АК4М4	Корпуси карбюраторів, паливних помп, арматура, кришки, патрубки, ненавантажені деталі
АЛ7, АЛ19, АЛ33	Арматура, кромштейни

1	2
АЛ8, АЛ13, АЛ22, АЛ23, АЛ27	Декоративні деталі
АЛ1, АЛ11, АЛ21, АК21М2,5, ІІ2.5, АК4М2ЦВ	Поршні двигунів внутрішнього згорання

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Загальні рекомендації добору матеріалу для заготовки.
2. Зв'язок матеріалу заготовки та способу її отримання.
3. Матеріали для вихідних заготовок.
4. Матеріали для виливків.
5. Матеріали для кованок.
6. Загальні вимоги до матеріалів заготовок.
7. Які вимоги до матеріалів виливків?
8. Які вимоги до матеріалів кованок?
9. Наведіть приклади конструкційних матеріалів для заготовок.
10. Основні характеристики чорних і кольорових металів, їх стопів.
11. Умовні позначення матеріалів у технічній документації.

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ЗАГОТОВАНОК

5.1. Припуски на оброблення заготовок різанням

Припуск — це шар матеріалу, який знімають з поверхні заготовки для досягнення потрібних розмірів та якості оброблюваної поверхні. Припуски призначають тільки для поверхонь заготовки, точність форм і розмірів яких не можуть бути забезпечені дібраним способом отримання заготовки. Припуск вимірюють у напрямку нормалі до поверхні, для якої він призначений.

Значення припуску суттєво впливає на вартість виготовлення деталі. Зі збільшенням припуску зростають витрати праці, матеріалів, різальних інструментів, енергії. Зменшення припуску вимагає використання дорожчих способів отримання та подальшого оброблення заготовки, вищої кваліфікації працівників, прецизійного устаткування та спорядження тощо. Малі припуски часто є причиною появи бракованих деталей, особливо в умовах автоматизованого виробництва. Тому призначений припуск повинен бути оптимальним для заданих умов виробництва. Розміри припуску залежать від марки матеріалу, конфігурації та розмірів заготовки, способу її формування, товщини дефектного шару тощо. Наприклад, виливки можуть мати значний дефектний поверхневий шар з неметалевими вкрапленнями, порожнини, відбілений шар (для чавуну); кованки — вигоранку, задирки, облой, зневугльцюваний шар тощо.

Припуск може бути призначений згідно з довідковими таблицями незалежно від технологічного процесу механічного оброблення та умов його виконання та визначений розрахунково-аналітичним методом з урахуванням факторів, що впливають на його розміри [31, 37]. Розрахунковий метод вимагає розроблення структури технологічного процесу, добору основного устаткування та спорядження, врахування всіх факторів, що впливають на значення припусків на всіх стадіях оброблення кожної з поверхонь. Порівняно з табличним, розрахунковий метод більш трудомісткий, але дає змогу призначати мінімальні припуски на механічне оброблення, що має істотне значення для серійного та, особливо, масового виробництва. Тому табличним способом користуються

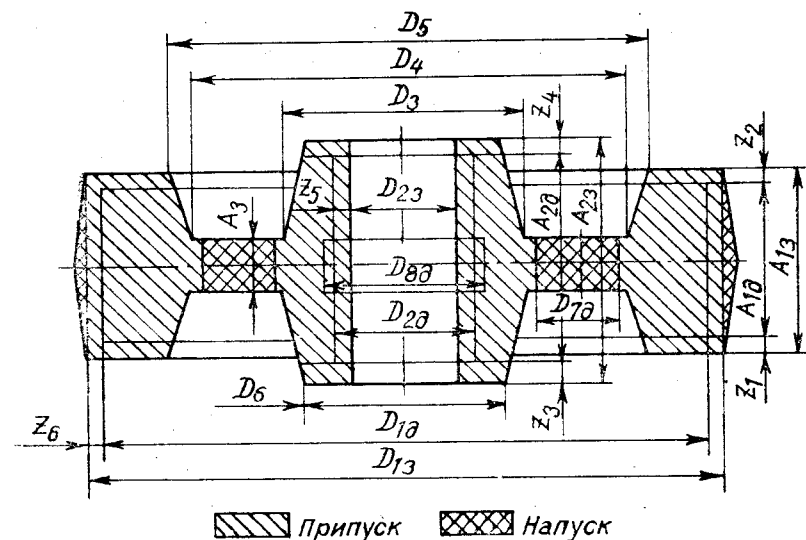


Рис. 5.1. Заготовка шестерні. Розміри, напуски та припуски на оброблення різанням.

здебільшого для одиничного та дрібносерійного виробництва, а розрахунковим — для серійного та масового. Припуски розраховують послідовно для всіх технологічних переходів оброблення поверхні, після чого, підсумовуючи всі проміжні припуски, визначають розміри заготовки. Мінімальним вважають припуск, достатній для усунення похибок і дефектів оброблення, отриманих на попередньому переході, а також компенсації похибок на виконуваному переході. У припусках також враховують напуски, нахили, прибутки, заокруглення тощо.

Напуском називають надлишок матеріалу на поверхні заготовки, зумовлений технологічними вимогами спрощення конфігурації заготовки для поліпшення умов її виготовлення. Здебільшого напуск знімають з поверхні в процесі її механічного оброблення, а деколи залишають в деталі (ливарні та штампувальні нахили, радіуси заокруглень тощо). На рис. 5.1 показано заготовку шестерні, для якої поверхні розмірів A_3 , D_3 , D_4 , D_5 , D_6 не підлягають механічному обробленню різанням, поверхні розмірів A_{1a} , A_{2a} , D_{1a} , D_{2a} обробляють різанням і тому на них є відповідні припуски Z_1 , Z_2 , Z_3 , Z_4 , Z_5 , Z_6 після зняття яких отримують поверхні деталі A_{1d} , A_{2d} , D_{1d} , D_{2d} . Поверхні деталі розмірів D_{7d} і D_{8d} утворюються після зняття відповідних напусків.

5.2. Розрахунково-аналітичний метод визначення розмірів заготовок

Зменшення припусків для оброблення різанням заготовок дає змогу заощаджувати матеріал, різальний інструмент, енергоресурси, зменшувати трудомісткість виготовлення та вартість виробів.

Мінімальний припуск визначають як

$$Z_{\min} = a \cdot (R_z + F + \bar{\rho} + \bar{\zeta}), \quad (5.1)$$

де a — кількість шарів припуску заданого розміру заготовки, $a=1$ для механічного оброблення поверхні з одного боку (рис. 5.1) і $a=2$ для механічного оброблення з двох боків (рис. 5.2); R_z — висота нерівностей поверхні заготовки, що обробляється, мм;

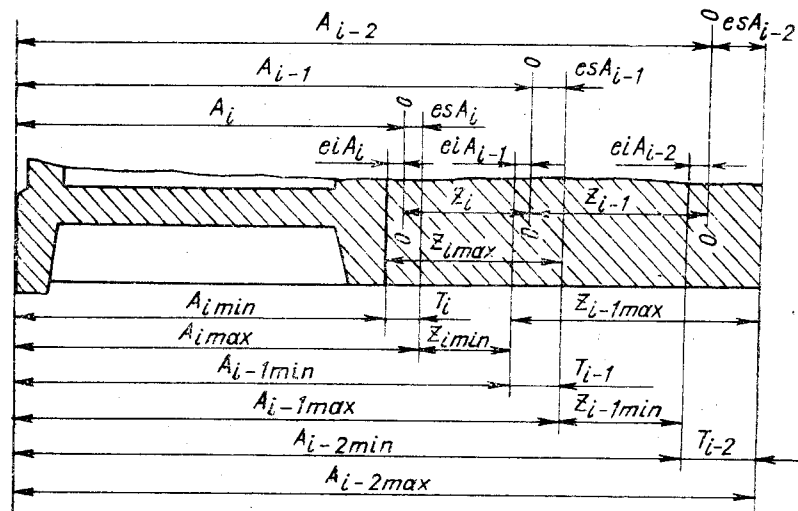


Рис. 5.2. Схема розмірів, припусків та їх відхилень для заготовок.

F — товщина дефектного шару заготовки, мм; $\bar{\rho}$ — сумарні похибки форми оброблюваної поверхні та її розташування відносно поверхні заготовки, що є базовою на заданому етапі механічного оброблення, мм; $\bar{\zeta}$ — сумарна похибка встановлення заготовки під час її оброблення, мм. Перші три складові частини (5.1) R_z , F і $\bar{\rho}$ оброблюваної поверхні належать до попереднього технологічного переходу, а четверта частина $\bar{\zeta}$, як і мінімальне значення припуску Z_{\min} , — до виконуваного технологічного переходу.

Коли напрямки векторів $\bar{\rho}$ і $\bar{\zeta}$ визначити неможливо, мінімальний припуск враховують як

$$Z_{\min} = a \cdot (R_z + F + \sqrt{\bar{\rho}^2 + \bar{\zeta}^2}). \quad (5.2)$$

Схема розмірів готової деталі, проміжної та початкової заготовок, а також припуски на механічне оброблення для випадку одностороннього механічного оброблення призматичної заготовки показано на рис. 5.2, де A_i , $A_{i \min}$, $A_{i \max}$ і T_i — відповідно номінальний, найменший та найбільший допустимі розміри та допуск розміру готової деталі; A_{i-1} , $A_{i-1 \min}$, $A_{i-1 \max}$ і T_{i-1} — те ж, для проміжної заготовки; A_{i-2} , $A_{i-2 \min}$, $A_{i-2 \max}$ і T_{i-2} — те ж, для початкової заготовки. Індеси i , $i-1$, $i-2$ означають, що те чи інше значення розміру, припуску, допуску стосується відповідно виконуваного, проміжного чи початкового стану заготовки (технологічного переходу).

Враховуючи це, можна переписати вирази (5.1) і (5.2) як

$$Z_{i-(j-1)\min} = a \cdot [R_{z_{i-j}} + F_{i-j} + \bar{\rho}_{i-j} + \bar{\zeta}_{i-(j-1)}], \quad (5.3)$$

$$Z_{i-(j-1)\min} = a \cdot [R_{z_{i-j}} + F_{i-j} + \sqrt{\bar{\rho}_{i-j}^2 + \bar{\zeta}_{i-(j-1)}^2}], \quad (5.4)$$

де j — номер технологічного переходу механічного оброблення заданої поверхні у зворотному порядку його виконання. Мінімальний припуск на кожному технологічному переході є різницею між мінімальним розміром заготовки, що є вихідною для заданого технологічного переходу і максимального розміру заготовки чи деталі, яку отримують у результаті виконання цього технологічного переходу.

Найменші припуски для оброблення різанням є основою для визначення розмірів вихідної та проміжних заготовок, максимальних і номінальних значень припусків. Максимальні значення припусків враховують для визначення глибини різання та потужності різального устаткування. Номінальні значення припусків і номінальні розміри проміжних і початкової заготовок використовують для встановлення розмірів формоутворювальних частин технологічного різального інструменту та спорядження (штампів, матриць, прес-форм тощо).

Найбільший припуск для оброблення різанням кожної поверхні заготовки для заданого технологічного переходу у загальному випадку можна записати як

$$Z_{i-(j-1)\max} = Z_{i-(j-1)\min} + T_{i-(j-1)} + T_{i-j}, \quad (5.5)$$

а сумарне значення мінімального припуску на механічне оброблення для кожного розміру в n технологічних переходах

$$Z_{\Sigma \min} = \sum_{j=1}^n Z_{i-(j-1)\min}, \quad (5.6)$$

де n — кількість технологічних переходів (етапів) механічного оброблення.

Найбільший розмір заготовки є сумою найбільшого розміру деталі, мінімальних значень припусків і допусків розмірів проміжних заготовок на всіх технологічних переходах, разом з початковою заготовкою, тобто

$$A_{i-j \max} = A_{i \max} + \sum_{i=1}^n Z_{i-(j-1) \min} + \sum_{i=1}^n T_{i-j}. \quad (5.7)$$

Для визначення розмірів внутрішніх поверхонь знаходять найменший розмір заготовки як різницю між найменшим розміром цієї поверхні для деталі та сумою мінімальних значень припусків усіх проміжних заготовок, тобто

$$A_{i-j \min} = A_{i \min} - \sum_{i=1}^n Z_{i-(j-1) \min} - \sum_{i=1}^n T_{i-j}. \quad (5.8)$$

Номинальний розмір заготовки визначають як алгебричну суму номінального розміру готової деталі та номінальних значень припусків на механічне оброблення для всіх технологічних переходів

$$A_{i-j} = A_i \pm \sum_{i=1}^n Z_{i-(j-1)}. \quad (5.9)$$

Номинальні припуски для оброблення різанням

$$Z_{i-(j-1)} = Z_{i-(j-1) \min} + esA_{i-(j-1)} - eiA_{i-j}, \quad (5.10)$$

де $esA_{i-(j-1)}$ і eiA_{i-j} — відповідно верхнє та нижнє відхилення розмірів $A_{i-(j-1)}$ і A_{i-j} .

Номинальні розміри проміжних заготовок заокруглюють до значень співмірних з точністю до допусків чи відхилень цих розмірів, а номинальні розміри початкової заготовки заокруглюють відповідно до вимог стандартів для заданого способу її отримання. Усі розміри заокруглюють у бік збільшення припусків на механічне оброблення.

Наприклад, для випадку, показаного на рис. 5.1, маємо два технологічних переходи, які нумеруються в порядку, зворотному до їх виконання. Першим технологічним переходом вважають останній перехід, у якому з проміжної заготовки отримують готову деталь. Для цього переходу, підставивши $j=1$ у (5.3), (5.5) і (5.7), отримаємо вирази для визначення відповідно мінімального й максимального значень припуску та максимального розрахункового значення розміру проміжної заготовки:

$$Z_{i \min} = R_{z i-1} + F_{i-1} + \bar{\rho}_{i-1} + \bar{\zeta}_i, \quad (5.11)$$

$$Z_{i \max} = Z_{i \min} + T_i + T_{i-1}, \quad (5.12)$$

$$A_{i-1 \max} = A_{i \max} + Z_{i \min} + T_{i-1}, \quad (5.13)$$

де $R_{z i-1}$ — шорсткість поверхні проміжної заготовки; F_{i-1} — глибина її дефектного шару; $\bar{\rho}_{i-1}$ — нерівності її форми; $\bar{\zeta}_i$ — похибка встановлення проміжної заготовки у пристрої верстата; T_i — допуск розміру деталі згідно з кресленням; T_{i-1} — допуск на розмір проміжної заготовки, який призначають [31] згідно зі способом виготовлення проміжної заготовки; $Z_{i \min}$ і $Z_{i \max}$ — відповідно найменше й найбільше розрахункові значення припуску для встановлення розміру проміжної заготовки; $A_{i \max}$, $A_{i-1 \max}$ — найбільші значення розмірів деталі згідно з кресленням і проміжної заготовки (розрахункове) відповідно.

Другим технологічним переходом є передостанній перехід, в якому з початкової отримують проміжну заготовку. Для цього переходу, підставивши $j=2$ у (5.5)–(5.7), дістанемо вирази для визначення відповідно мінімального та максимального значень припусків й максимального розрахункового розміру початкової заготовки:

$$Z_{i-1 \min} = R_{z i-2} + F_{i-2} + \bar{\rho}_{i-2} + \bar{\zeta}_{i-1}, \quad (5.14)$$

$$Z_{i-1 \max} = Z_{i-1 \min} + T_{i-1} + T_{i-2}, \quad (5.15)$$

$$A_{i-2 \max} = A_{i \max} + Z_{i \min} + Z_{i-1 \min} + T_{i-1} + T_{i-2}, \quad (5.16)$$

де $R_{z i-2}$, F_{i-2} , $\bar{\rho}_{i-2}$ — відповідно шорсткість поверхні, глибина дефектного шару та нерівність форми початкової заготовки; $\bar{\zeta}_{i-1}$ — похибка у встановлення її у пристрої верстата; T_{i-2} — допуск розміру початкової заготовки, який призначають [31] згідно зі способом її виготовлення; $Z_{i-1 \min}$ і $Z_{i-1 \max}$ — відповідно найменше та найбільше розрахункові значення припуску для встановлення розміру початкової заготовки; $A_{i-2 \max}$ — найбільше розрахункове значення початкової заготовки.

Розміри заготовок визначають з урахуванням особливостей їх геометричної форми та результатів аналізу розмірних ланцюгів.

5.3. Рекомендації для розрахунку та призначення припусків для оброблення заготовок різанням

Для кожної оброблюваної поверхні призначають кількість і послідовність виконання технологічних переходів механооброблення, при основному устаткуванні, технологічні пристрої, спосіб виготовлення початкової заготовки, застосовуваний різальний та ви-

Таблиця 5.1

Розрахунок припусків і розмірів заготовок

Поверхня	Операція або перехід		Складові припуску, мм				Припуск $Z_{i-(j-1)}$, мм	Розмір A_{i-j} , мм	Допуски T_{i-j} , мм	Розмір A_{i-j} , мм
	номер	назва	$R_{z(i-j)}$	F_{i-j}	P_{i-j}	δ_i				
1	4	Фінішна	▽	▽	▽	→	→	→	→	→
3		Чистова	→	→	→	→	→	→	→	→
2		Напівчистова	→	→	→	→	→	→	→	→
1		Чорнова	→	→	→	→	→	→	→	→
0		Заготівельна	⊙	⊙	⊙	-	-	⊙	⊙	⊙

Примітка: ▽ — параметри готової деталі за кресленням; → — параметри проміжних заготовок; ⊙ — параметри вихідної заготовки; — — відсутність параметра.

мірювальний інструмент, базові поверхні, спосіб базування та закріплення заготовки в процесі механічного оброблення.

Мінімальні значення припусків знаходять для кожної поверхні та для кожного переходу по чергові (від останнього до першого переходу). Інколи, для більшого уяочення розрахунків, складають розрахункову карту чи таблицю, яка містить умовне позначення поверхні, назву переходів оброблення, складові та значення мінімального припуску, допуски розмірів оброблюваних поверхонь на кожному з переходів оброблення, мінімальні та максимальні значення розмірів [34]. Схему розрахунку припусків і розмірів заготовок наведено в табл. 5.1.

Для заготовок із чавуну та кольорових сталей після першого технологічного переходу (чорнове оброблення), а також для сталей після термічного оброблення глибину дефектного шару прирівнюють до нуля (не враховують). Не беруть до уваги під час розрахунку й похибки взаємного розташування та форми поверхонь, якщо у виконуваному переході вони не усуваються, наприклад у процесі протягування отворів, чи їх розверчування самоустановною розвертачкою.

Похибки взаємного розташування та форми поверхонь обов'язково враховують у перших двох переходах оброблення лезовим інструментом і після термічного оброблення. У чистовому та фінішному переходах ними нехтують. Якщо ці відхилення є складовими частинами допусків розмірів поверхонь, то у розрахунках окремо їх не беруть до уваги. Похибки взаємного розташування

та форми поверхонь для заготовок беруть із довідкових таблиць (стандартів), або визначають за формулами, отриманими експериментальним шляхом для кожного зі способів виготовлення заготовок. Сумування цих похибок виконують за правилами векторної алгебри.

Розрахунок і призначення припусків заготовок для автоматизованого проектування заготовок і технологічних процесів їх механічного оброблення здійснюють за допомогою підпрограм, які є складовими частинами САПР К і САПР ТП. Автоматизоване проектування значно скорочує час на розроблення заготовки, підвищує продуктивність праці конструкторів і технологів, забезпечує високу якість виконуваних проектів і розрахунків [2].

5.4. Завдання та вправи

Приклад 1. Визначити припуски та розміри заготовок для виготовлення вала, зображеного на рис. 5.3, із каліброваного прокату круглого перетину за ГОСТ 7417-75.

Розв'язання. 1. Добираємо структуру технологічного процесу виготовлення вала:

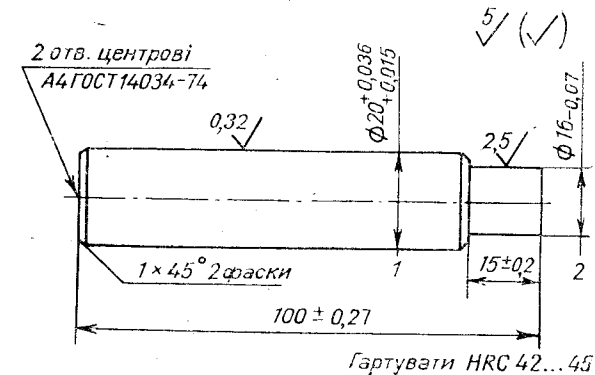


Рис. 5.3. Вал із каліброваного прокату круглого перетину.

операція 005 — чистове обточування поверхонь 1 і 2, виконання фасок і відрізування заготовки з прокату на токарному верстаті в цанговому патроні;

операція 010 — виконання центрових отворів на обох торцях вала на токарному верстаті в цанговому патроні;

операція 015 — термічне оброблення вала;

операція 020 — чистове шліфування в конусах на круглошліфувальному верстаті.

2. Оскільки повздовжній розмір вала виконують в операції 005 на токарному верстаті шляхом відрізування з пруткової вихідної заготовки, що закріплена в цанговому патроні, то розмір заготовки за довжиною відповідає розміру вала, тобто $100 \pm 0,27$ і припуски на торцеві поверхні не призначають.

3. Діаметральний розмір поверхні 2 та її довжина також не потребують розрахунку припусків, тому що виконуються в операції 005, в одному технологічному переході безпосередньо з вихідної заготовки, діаметр якої значно більший за потрібний діаметр поверхні 2, тобто має місце припуск і напуск.

4. Мінімальний сумарний припуск на поверхню 1 визначимо за (5.6)

$$Z_{\Sigma \min} = Z_{i \min} + Z_{i-1 \min},$$

де $Z_{i \min}$ і $Z_{i-1 \min}$ — діаметральні припуски відповідно для чистового шліфування (операція 020) та чистового обточування (операція 005), мм.

Відповідно до (5.3), враховуючи, що $\alpha=2$, та користуючись даними таблиць [31, 34] чи додатків 5, 6, 8, 9 та рекомендаціями розділу 5.3, отримаємо для операції 020

$$Z_{i \min} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + F_{i-1} + \rho_{i-1} + \zeta_i) = 2 \cdot (3,2 + 0 + 12,5 + 4) = 40 \text{ мкм} = 0,040;$$

для операції 005

$$Z_{i-1 \min} = 2 \cdot (R_{z_{i-2}} + F_{i-2} + \rho_{i-2} + \zeta_{i-1}) = 2 \cdot (60 + 50 + 30 + 30) = 340 \text{ мкм} = 0,340;$$

сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = Z_{i \min} + Z_{i-1 \min} = 0,040 + 0,34 = 0,380 \text{ мм.}$$

5. Максимальне значення розміру вихідної заготовки визначимо за (5.7) як

$$A_{i-2 \max} = A_{i \max} + Z_{\Sigma \min} + T_{i-1} + T_{i-2},$$

де T_{i-1} — допуск діаметра заготовки, виготовленої в операції 005 (чистове обточування), може бути виконаний за 8 класом точності, що згідно з дод. 15 дорівнює 0,033 мм, а T_{i-2} — допуск каліброваного прокату, який згідно з дод. 5 для п'ятого класу точності становить 0,280.

Тоді

$$A_{i-2 \max} = 20,036 + 0,380 + 0,033 + 0,280 = 20,729.$$

Згідно з сортаментом прутків, виготовлених за ГОСТ 7417-75, вибираємо найближчий до розрахункового розмір, який забезпечує більший від розрахункового припуск для механічного оброблення, тобто $\varnothing 21_{-0,28}$.

Приклад 2. Визначити припуск і розміри заготовок для виготовлення вала, зображеного на рис. 5.3, з гарячкатоного прокату круглого перетину за ГОСТ 2590-71.

Розв'язання. 1. Вибираємо структуру технологічного процесу виготовлення вала:

операція 005 — напівчорнове або чорнове обточування поверхонь 1 і 2, чистове обточування поверхонь 1 і 2, виконання фасок і відрізання заготовки на токарному верстаті в цанговому патроні;

операція 010 — виконання центрових отворів на обох торцях вала на токарному верстаті в цанговому патроні;

операція 015 — термічне оброблення вала;

операція 020 — чистове шліфування в конусах на круглошліфувальному верстаті.

2. Як і в попередньому прикладі немає потреби визначати припуски на торцеві поверхні та циліндричну поверхню 2.

3. Мінімальний сумарний припуск на поверхню 1 згідно з (5.6)

$$Z_{\Sigma \min} = Z_{i \min} + Z_{i-1 \min} + Z_{i-2 \min},$$

де $Z_{i \min}$, $Z_{i-1 \min}$, $Z_{i-2 \min}$ — діаметральні припуски відповідно для чистового шліфування (операція 020), чистового та напівчорнового обточування (операція 005) поверхні.

За даними [31, 34] чи дод. 5, 6, 8, 9, 16 і рекомендаціями розділу 5.3 для $\alpha=2$ згідно з (5.3) отримаємо для операції 020

$$Z_{i \min} = \dots = 2 \cdot (3,2 + 0 + 12,5 + 4) = 40 \text{ мкм} = 0,040;$$

для операції 005

$$Z_{i-1 \min} = \dots = 2 \cdot (63 + 50 + 20 + 0) = 266 \text{ мкм} = 0,266;$$

$$Z_{i-2 \min} = \dots = 2 \cdot (125 + 150 + 50 + 250) = 1050 \text{ мкм} = 1,050.$$

Сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = \dots = 0,040 + 0,266 + 1,050 = 1,356.$$

4. Максимальне значення розміру вихідної заготовки згідно з (5.7)

$$A_{i-3 \max} = A_{i \max} + Z_{\Sigma \min} + T_{i-1} + T_{i-2} + T_{i-3},$$

де $T_{i-1} = 0,033$ і $T_{i-2} = 0,130$ — допуски проміжних заготовок, що виготовляються відповідно чистовим і напівчорновим обточуван-

ням поверхні 1 в операції 005 і можуть бути виконані за 8 і 11 квалітетами точності (дод. 10 і 15), а $T_{i-3}=0,900$ — допуск гарячочокатаного круглого прокату (дод. 5). Підставивши ці значення, отримаємо:

$$A_i z_{\max} = 20,036 + 1,356 + 0,033 + 0,130 + 0,900 = 22,455.$$

Згідно з сортаментом прутків звичайної точності прокатування, що виготовляються за ГОСТ 2590-71, вибираємо найближчий до розрахункового розмір, що забезпечує більший від розрахункового припуск на механічне оброблення, тобто $23 \begin{matrix} +0,4 \\ -0,5 \end{matrix}$ мм.

Завдання для самостійного розв'язування

Визначити припуски та розміри заготовок для виготовлення східчастих валів, зображених на рис. 5.4, і варіантів розмірів і шорсткості поверхонь (табл. 5.2), приймаючи за вихідну загото-

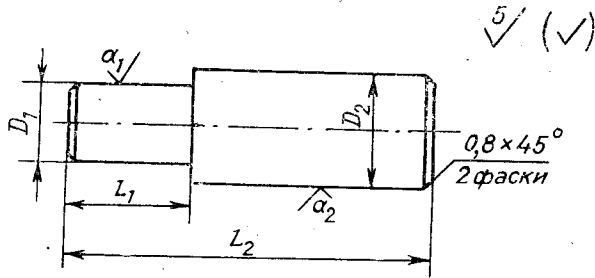


Рис. 5.4. Східчастий вал.

ванку круглий прокат згідно з ГОСТ 7417-75, ГОСТ 14955-77 чи ГОСТ 2591-71 (дод. 5).

Для самостійної роботи та домашніх завдань можна виконати розрахунки розмірів заготовок для інших деталей відповідно до виданих робочих креслень.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Припуск на механічне оброблення.
2. Способи визначення припусків на механічне оброблення.
3. Мінімальний, максимальний і номінальний припуски на механічне оброблення та їх складові.
4. Визначення граничних розмірів заготовок.
5. Номінальні розміри та їх відхилення для проміжних і вихідної заготовок.
6. Порядок визначення розмірів заготовок.

Розміри та шорсткість поверхонь до рис. 5.4

Варіант	Розміри, мм				Шорсткість, Ra, мкм	
	D1	D2	L1	L2	a1	a2
1	8h6	12j6	16js10	40js12	0,16	0,32
2	12g7	16h7	20js12	80js15	0,32	0,63
3	14h7	16f8	22js15	85js16	0,63	0,80
4	16g8	18g7	24js16	90js15	1,25	0,32
5	18f8	20h7	26js16	60js12	0,16	0,63
6	20h7	22h8	32js14	65js16	0,25	0,32
7	22g7	25h8	35js16	75js14	0,32	0,63
8	25js7	28js8	40js17	80h15	0,63	1,25
9	28h6	32g7	45h14	90h16	0,25	0,63
10	30f6	35h8	48h14	100h12	0,40	0,80
11	34g6	40f7	50h16	110h17	0,16	0,32
12	36f7	42e7	52h14	115h13	0,32	0,63
13	40d7	45g8	60h15	120h14	1,25	2,5
14	45h7	52g6	65h14	140h15	0,63	1,25
15	48h7	55f6	70h15	145h16	1,25	2,5
16	50g6	56e8	75h16	150h17	0,16	0,63
17	56g7	62h6	80h17	160h12	0,016	0,032
18	60h7	65f8	85h14	170h12	0,032	0,063
19	62h7	70f6	90h16	180h16	0,016	0,025
20	65e7	72h7	95h16	182h12	0,032	0,063
21	70f6	80g6	100h12	190h14	0,008	0,016
22	80f8	90g7	110h16	200h12	0,063	0,16
23	90h6	100e7	120h16	210h14	0,16	0,32
24	100g6	110h7	140h16	220h12	0,016	0,032
25	120g6	132h7	160h16	250h14	0,063	0,16

ЛИТИ ЗАГОТОВАНКИ

6.1. Вимоги до матеріалів виливків та їхні основні властивості

Якість виливків переважно залежить від фізичних, механічних, хімічних і технологічних властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені. Основними з них, що визначають якість литих заготовок, є рідкоплинність, усідання, схильність до ліквідації та газопоглинання.

Рідкоплинність — це здатність рідкого стопу заповнювати дрібні порожнини ливарної форми та чітко відтворювати обриси вилівка. Цю властивість матеріалу потрібно враховувати під час конструювання форми вилівка, встановлення його розмірів, товщини стінок, вибору ливникової системи.

Усідання — це зменшення об'єму матеріалу та лінійних розмірів вилівка в процесі його кристалізації та охолодження у твердому стані. Розрізняють об'ємне та лінійне усідання. Об'ємне усідання призводить до появи газових порожнин (раковин) у потовчених місцях. Для їх усунення в литих заготовках передбачають прибутки, які після застигання відрізають, або охолоджувачі (металеві вкладки) — їх заливають металом.

Лінійне усідання викликає внутрішні напруження та призводить до утворення тріщин. Тому шийки ливарних форм виготовляють із податливих матеріалів. Визначаючи розміри ливарних форм і моделей, враховують усідання чавуну 0,5...1,5%, сталей 1,5...2%, кольорових стопів 0,5...1,8%. Більші значення усідання стосуються менших за масою та простіших за формою виливків.

Ліквідація — це неоднорідність хімічного складу матеріалу в перетині вилівка. Розрізняють ліквідацію зональну (у всьому об'ємі вилівка) та дендритну (в межах одного зерна — дендриту). Ліквідація зумовлює неоднорідність механічних властивостей вилівка. Для її зменшення збільшують швидкість охолодження.

Газопоглинання — це здатність стопів у рідкому стані розчиняти кисень, азот, водень. У процесі охолодження ці гази виділяються зі стопу та зумовлюють появу газових раковин. Тому формувальна та шийкова суміш мають бути газопроникними. Ліпшими ливарними стопами є такі, що мають вищу рідкоплинність, менше усідання, не ліквують і не поглинають гази.

Для виготовлення виливків широко застосовують стопи на основі заліза, міді, алюмінію, титану, магнію, цинку тощо. Три чверті всіх виливків у машинобудуванні виготовляють із чавуну, який відрізняється низькою вартістю, добрими ливарними властивостями та порівняно високою міцністю. Найдешевшим серед чавунів є сірий чавун.

Вищими за міцністю та зносостійкістю є модифіковані, леговані, ковкі та високоміцні чавуни, що за своїми механічними та ливарними властивостями близькі до сталей, але значно дешевші від них, мають нижчу температуру топлення, ліпше обробляються різанням.

Майже 20% виливків за масою виготовляють зі сталей. Ливарні сталі порівняно з чавунами мають нижчу рідкоплинність і більше усідання. Близько 5% виливків за масою виготовляють із кольорових металів та їх стопів.

Найбільше розповсюджені стопи на основі міді—латуні та бронзи. Найліпші ливарні властивості мають латуні. Високими ливарними властивостями характеризуються алюмінієві ливарні стопи, які містять мідь, магній, кремній та цинк. Ці стопи відрізняються порівняно низькою питомою вагою, вогнестійкістю, низькою вартістю та дають змогу виготовляти тонкостінні, складні за формою вилівки. Магнієві стопи мають порівняно з алюмінієвими гірші ливарні властивості. До туготопких належать стопи на основі титану, вольфраму, молібдену, ванадію та ніобію. Вони мають високу температуру топлення (2000...3500 °С) й підвищену міцність при високих температурах. Як конструкційний матеріал найбільше використовують титанові стопи, що характеризуються вузькими температурними інтервалами кристалізації та невисокою хімічною активністю до формувальних матеріалів.

Механічні властивості литих стопів здебільшого дещо гірші від деформованих внаслідок більшого розміру кристалів, неоднорідності структури, шпаристості та інших дефектів лиття. Біля поверхні метал має вищу твердість і міцність, ніж всередині. Міцність литого стопу залежить від температури заливання, товщини стінки, способу виготовлення та характеру охолодження вилівка у формі.

Точніші дані про властивості ливарних стопів наведені у відповідних стандартах і довідниках.

6.2. Класифікація способів виготовлення виливків

Способи виготовлення виливків класифікують: за кількістю заливань розплавів у ливарну форму (разові та багаторазові); за конструкцією ливарних форм (рознімні та нерознімні): за матеріа-

Таблиця 6.1

Характеристика способів виготовлення виливків

Стильність форм	Спосіб виготовлення		Найбільша маса, кг	Найменша товщина стінки, мм	Назва матеріалу
Разові	Ручне формування	У ґрунті	300 000	5—8	Чавун, сталь, кольорові метали — стопи
		За шаблоном	100 000		
		В опоках			
		В шишках	2 000		
	Машинне формування			3—5	
	Оболонкові форми	Піщано-смоляні	150	1—1,5	
		Хімічно-тверді	40 000		
З рідкого скла		100			
Багаторазові	Лиття за витопними, розчинними та заморожувальними моделями		150	0,5—1	Сталь легована, титан
	Гіпсові		100	2—3	Чавун, сталь, кольорові метали
	Піщано-цементні		70 000		
	Цегляні		200 000		
	Шамотно-кварцові		100 000		
	Глиняні		50 000		
	Графітові та кам'яні		150		
	Металокерамічні		30		
	Металеві форми (кокіль)		7 000	15	Чавун
			4 000	10	Сталь
			500	3	Кольорові метали
	Облицьований кокіль		250	10	Сталь
	Під тиском		100	0,5	Кольорові метали
	Відцентрове лиття		1 000	3,0	Чавун, сталь, кольорові метали
	Штампування рідких металів		300	0,3	Кольорові метали

лом, з якого виготовляють форми (піщано-глиняні, піщані, земляні, графітові, керамічні, металеві, шамотно-цегляні тощо); за тиском, під яким перебуває рідкий метал у формі (атмосферний,

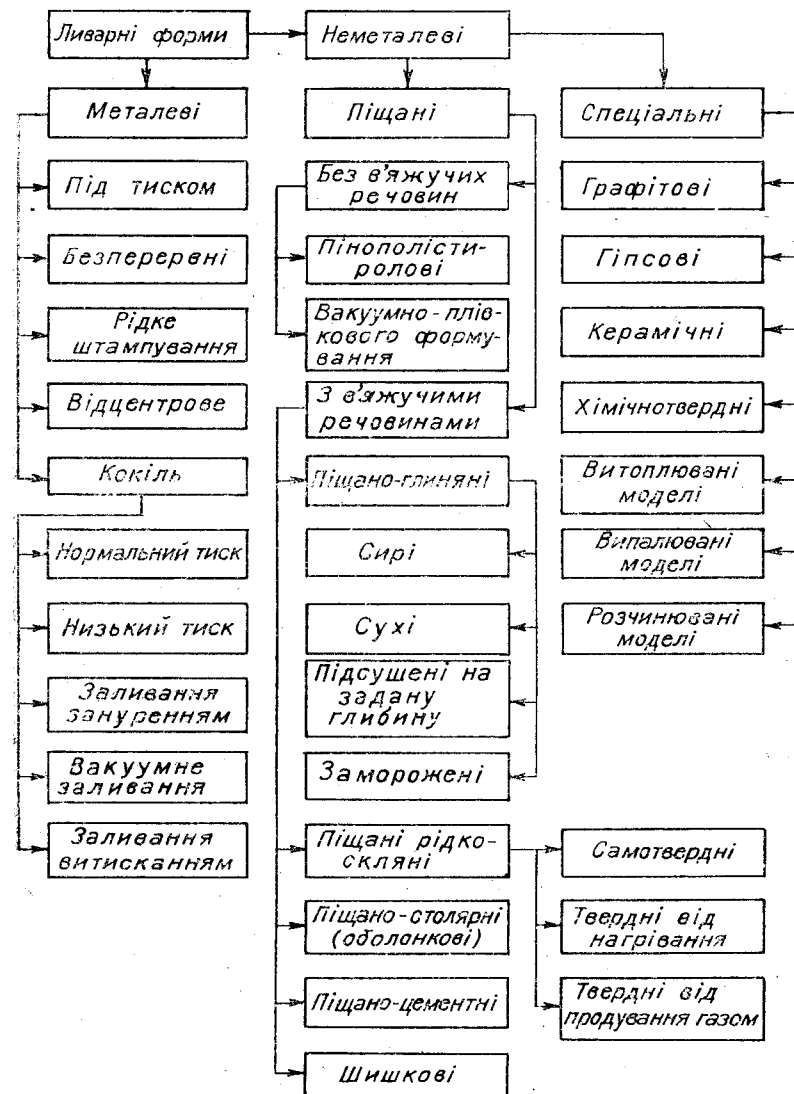


Рис. 6.1. Види ливарних форм і способи лиття.

низький, високий, вакуум); за способом подавання розтоплених стовів у форми (вільне лиття, вакуумне лиття, лиття за допомогою вібрації, ультразвуку, електромагнітних полів тощо).

На практиці застосовують також комбіновані способи, тому часто спосіб виготовлення виливка одночасно належить до різних

Таблиця 6.2

Умовна оцінка показників ТП та якості виливків
для основних способів лиття

Показник	Спосіб виготовлення				
	під тиском	за випонними мольдями	в оболонковій формі	у кокіль	у піщано-глиняній формі
Точність форми та розмірів	1	2	3	4	5
Складність конфігурації	3	1	4	5	2
Тонкостінність	1	2	3	5	4
Універсальність за матеріалом вилівка	4	2	3	5	1
Час на освоєння випуску	5	3	4	2	1
Вартість спорядження	5	2	3	4	1
Вихід якісної продукції	1	2	4	5	3
Економічність у серійному виробництві	1	5	4	2	3
Продуктивність праці	1	5	3	2	4

класифікаційних груп. У літературі можна зустріти поділ способів виготовлення виливків на звичайні, тобто поширені, та спеціальні, що мають конкретне (обмежене) застосування. Спеціальні способи дають змогу виготовляти вилівки вищої якості, точності розмірів, складності форми або зі спеціальних туготопких сплавів тощо. Така класифікація способів виготовлення виливків є умовною та тимчасовою.

Коротку характеристику способів виготовлення виливків наведено в табл. 6.1.

Перед вивченням різних способів виготовлення виливків треба відзначити, що їхнє розповсюдження визначається насамперед техніко-економічною доцільністю виготовлення заготовок. Як показує практика, часто вибір дорожчої, але якіснішої заготовки за рахунок зменшення обсягу її подальшого оброблення забезпечує нижчу вартість виробу. Тому в процесі добору способу виготовлення заготовки потрібний детальний та всебічний аналіз усіх альтернативних варіантів.

Нижче розглянемо основні способи виготовлення виливків і коротку характеристику технологічних процесів, їх структури, наслідки спорядження, а також аналіз основних переваг і недоліків способів і сфери їх розповсюдження. Сфера розповсюдження способу виготовлення виливків визначається переліком матеріалів, з яких можна виготовляти вилівки, їх масою та розмірами, складністю форми, точністю розмірів, якістю поверхонь, щільністю матеріалу, типом чи обсягом виробництва, умовами та безпекою праці тощо.

Різновиди ливарних форм, що використовуються для виготовлення литих заготовок у сучасному машинобудуванні, зображе-

но на рис. 6.1, а порівняльна характеристика основних способів лиття наведена в табл. 6.2, де цифрами позначено умовну оцінку окремих показників технологічного процесу виготовлення заготовок та їх якості. Найвища оцінка — 1, найнижча — 5.

6.3. Лиття в одноразові та напівсталі форми

6.3.1. ЛИТТЯ У ПІЩАНО-ГЛИНЯНІ ФОРМИ

Лиття у піщано-глиняні форми (рис. 6.2) — найбільш універсальний та розповсюджений спосіб виготовлення заготовок. Він

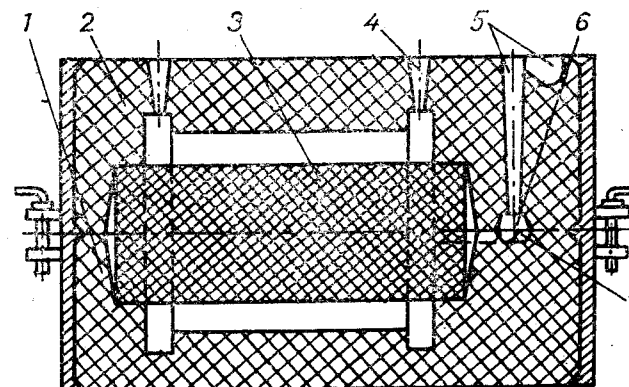


Рис. 6.2. Піщано-глиняна форма для виготовлення вилівки втулки:

1, 2 — частини форми; 3 — шийка; 4 — випор; 5 — стоек із заливальною чашею; 6 — жужелдовловлювач; 7 — ливник.

використовується в одиничному, серійному й навіть у масовому виробництві. Литтям у земляні форми звичайно виготовляють великі та середньогабаритні заготовки простої та складної форми в одиничному та дрібносерійному виробництві [30].

Механізоване та автоматизоване машинне формування опок сумішшю, її ущільнення, виймання моделей з форми, складання, фарбування, сушіння та транспортування форм використовується в серійному та масовому виробництві. Застосування роботизованих та автоматизованих ліній з програмним керуванням виробничим процесом забезпечує високу якість заготовок, поліпшені умови праці та високу продуктивність устаткування.

Розрізняють такі способи виготовлення форм для лиття заготовок: у двох, трьох і більше опоках; за розмірними та нероз-

пінними моделями; за моделями з відпінними частинами; з перекидною колодою; за шаблонами; за скелетною моделлю; у ґрунті, у шишках.

Форми за станом перед їх заливанням є сирі, напівсухі, хімічнотверді та самотверді. Останні забезпечують можливість організації автоматизованого та екологічно чистого виробництва.

Застосовують також лиття за газифікованими моделями. Суть його полягає в тому, що рідкий метал заливають через ливникову систему безпосередньо на заформовану в наповнювальну суміш пінополістиролову модель, яка під дією тепла рідкого металу згоряє (газифікується), звільняючи порожнину форми для заповнення її металом. Особливістю цього способу є використання невеликої перед заливанням форми разової пінополістиролової моделі, відсутність шишок і площини розлімання форми. Все це дає змогу розширити можливості процесу лиття в піщано-глиняні форми, отримати виливки складної конфігурації, сприяє підвищенню їх якості.

Для виготовлення моделей використовують бук, березу, клен, рідше сосну чи ялицю. Для машинного формування моделі та підмодельні плити виготовляють з металу.

Розрізняють такі формувальні суміші [30]: наповнювальні, облицювальні та універсальні. Основні вимоги, яким вони мають відповідати: вогнетривкість, пластичність, міцність, газопроникність, податливість, непригорання, негігроскопічність, довговічність, дешевизна та недефіцитність. Для приготування формувальних сумішей використовують як наповнювачі глину та кварцовий порошок; як протипригарні елементи — кам'яновугільний пил, тальк і графіт; як барвники — маршаліт, магнезит і цирконій. У шишкових сумішах замість глини застосовують оксоль, рідке скло, смоли, декстрин, патоку з додаванням дерев'яного трачиння та торфу, які, вигоряючи, підвищують пористість і податливість сумішей.

Для підвищення якості виливків формувальні суміші у формах пресують на гідравлічних пресових машинах або на машинах з гумовою діафрагмою під тиском 2...4 МПа [1].

Шишкові форми складають із сухих шишок у спеціальних металевих опсках. У масовому виробництві використовують оболонкові шишки, які виготовляють піскодувним способом у нагрітій металевій формі. Часто великі шишки роблять порожнистими, ще дає змогу економити матеріали для виготовлення сумішей.

6.3.2. ЛИТТЯ У ВАКУУМНО-ПЛІВКОВІ ФОРМИ

Суть способу полягає в тому, що на газопроникний модельний комплект накладають попередньо нагріту синтетичну плівку й за допомогою вакуумного пристрою створюють вакуум між плівкою та модельним комплектом. Завдяки цьому плівка щільно прилягає

до поверхні моделі. На такий модельний комплект накладають споку, засипають сухим піском, трамбують, покривають плівкою та створюють вакуум всередині опоки. Після відключення від вакуумного пристрою з готової напівформи знімають модельний комплект. Таким способом виготовляють усі частини ливарної форми. У процесі подальшого складання ливарної форми, заливання її металом і охолодження виливка форма (чи її складові частини) перебуває під дією вакууму. Після охолодження виливка відключають вакуумний пристрій, внаслідок чого знімається вакуум і пісок вільно висипається з форми. Вилівок легко відокремлюють від форми, а пісок транспортується для повторного використання після відповідного його очищення від порошу та бруду.

Таким способом виготовляють виливки практично зі всіх ливарних металів та їх сплавів в умовах одиничного, серійного та масового виробництва, масою від 1 до 10000 кг з габаритами до кількох метрів. Розміри виливків обмежуються тільки розмірами опок і продуктивністю вакуумних пристроїв. Форма та конфігурація виливків визначаються властивостями та товщиною використовуваної плівки. Найбільше розповсюдження отримала облицювальна плівка з сополімеру етилену та вінілацетату товщиною 0,05...0,10 мм. Плівка з поліетилену низького тиску добре витягується, але для цього потрібні значні зусилля. Плівки з поліпропілену мають добру пластичність, але в обмеженому температурному діапазоні. Полівінілхлоридна плівка під термічною дією виділяє хлор, який є токсичною речовиною. Зарубіжні фірми широко застосовують для цього плівку з іономірної синтетичної смоли, яка відзначається високою пластичністю, що мало залежить від температури та тривалості нагрівання. Застосовують плівки з різними доповнювачами, що підвищують їх пластичність та термостійкість, а також плівки, які можна напилювати в рідкому стані. Щоб уникнути прилипання плівки та піску до виливків, поверхню плівки покривають безводними фарбами, виготовленими на основі графіту, тальку, маршаліту тощо.

Ступінь розрідження повітря у формі повинен бути достатнім, щоб форма не руйнувалася, але не дуже високим, щоб не сприяти процесу пригорання металу. Чавун має високу рідкоплинність, тому в процесі заливання у формі підтримують менший ступінь розрідження, ніж для сталі. Здебільшого форми перед заливанням і під час заливання перебувають у вакуумі. Відключення від вакуумних пристроїв допускаються тільки на короткий час за умови їх повної герметичності. Транспортують готові ливарні форми чи їх частини разом з автономним вакуумним пристроєм.

Заливання форм слід виконувати швидко, щоб уникнути передчасного їх руйнування від втрати герметичності під час вигорання плівки. Для виходу газів з форми передбачені спеціальні отвори. Ливникову систему роблять відкритою. Часто її виготовляють з

каліфікованих матеріалів (пінополістиролу), що вигоряють під час заливання.

З пінополістиролу виготовляють і моделі, що забезпечують добрі умови вакуумування за рахунок шаристості матеріалу. Використання сухого піску замість формувальних сумішей дає змогу обходитись без складного устаткування для їх виготовлення, зменшує капітальні витрати та вартість виливків. Кількість формувальних матеріалів зменшується порівняно зі звичайним литтям у піщано-глиняні форми приблизно на 40%, а витрати піску за один цикл вилівання не перевищують 3%.

Відсутність зв'язувальних матеріалів і різних домішок, які вводять у формувальні суміші для поліпшення їх податливості, газопроникності, непригорання тощо, окрім зменшення витрат, дає змогу значно знизити забруднення довкілля.

6.3. ЛИТТЯ У НАПІВСТАЛІ ФОРМИ

Напівсталі форми залежно від матеріалу та рідкого стону витримують від кількох десятків до кількох сотень заливань. Наприклад, графітові форми, які використовують для виготовлення заготовок з жароміцних чавунів, сталей, молібденових, вольфрамових, вольфрамокобальтових та інших стопів з високою температурою топлення, витримують до 300 заливань. Графітові форми виготовляють з брикетованого графіту за допомогою оброблення різанням. Шамотні, гіпсові та металокерамічні форми витримують до 50...100 заливань. Металокерамічні форми залежно від вмісту металевих порошків дають змогу керувати швидкістю охолодження вилівка та напрямком тверднення його стінок.

Керамічні форми виготовляють з рідкої хімічнотвердої суміші, яку додатково обпалюють. Застосовують керамічні форми з пластичних і сипких сумішей, що виготовляються пресуванням. У керамічних формах утворюються вилівки масою від 0,2 до 10000 кг із різних матеріалів, з точністю розмірів виливків до 11 квалітету точності та якістю поверхонь до 5 мкм за параметром Ra. Це дає змогу отримувати фасонні вилівки для кавальсько-пресового та різального інструменту, лопаток турбін, роторів, арматури високого тиску з легованих сталей тощо. Вилівки з деяких стопів нікелю та титану отримують тільки внаслідок лиття у керамічні форми.

Для виготовлення графітових форм застосовують природний або штучний графіт, пірографіт, інші вуглецеві матеріали. Ці форми практично незамінні для виготовлення виливків з хімічно активних туготопких стопів на основі титану, урану, ніобію, вольфраму тощо. У таких формах отримують заготовки для деталей газотурбін, хімічного машинобудування, штампового інструменту, а також відповідальних деталей з легованих і конструкційних ста-

лей та кольорових металів. У виробництві застосовують як чисто графітові форми, так і форми, покриті вуглецевими композиціями, оболонкові вуглецеві та форми, виготовлені з вуглецевих сумішей за витопними моделями. Недоліками графітових і керамічних форм є дефіцитність і висока вартість матеріалу, необхідність їх обляювання тощо.

Останнім часом усе частіше застосовують одноразові форми, що тверднуть у спорядженні (на моделі, у формі). Загальним для них є використання синтетичних зв'язувальних матеріалів, які за відповідних умов безповоротно тверднуть. Вилівки, отримані в цих формах, відзначаються високою точністю розмірів, якістю поверхонь, малими припусками на оброблення різанням та незначними ливарними скосами. Технологічні процеси легко механізуються та автоматизуються.

Недоліками цього способу виготовлення виливків є висока вартість, дефіцитність і токсичність зв'язувальних матеріалів.

6.4. Виготовлення виливків у металевих формах

Форми (кокілі) для виготовлення заготовок (рис. 6.3) бувають повністю металевими або комбінованими з використанням неметалевих шишок. Основні переваги цього способу виготовлення виливків: можливість багаторазового використання ливарної форми; висока точність форми та її розмірів, якісна поверхня заготовки; дрібнозерниста структура матеріалу; порівняно висока продуктивність; низькі трудомісткість і вартість заготовок; відсутність необхідності в модельному, опочному спорядженні та формувальних сумішах; добрі умови праці; економічність у серійному виробництві; не вимагає високої кваліфікації робітників; потрібні порівняно менші виробничі площі; відсутні операції очищення виливків від суміші, ливникової системи; придатність до механізації та автоматизації.

До недоліків цього способу виготовлення виливків належать: висока вартість спорядження, можливість утворення тріщин у вилівках; чавунні вилівки відбілюються та вимагають додаткового відпалювання; неможливість виготовлення тонкостінних виливків через підвищену швидкість їх охолодження та виливків із значною масою. Тому кокільне лиття, як правило, використовують для виготовлення нескладних за конфігурацією виливків із чавуну, сталі та кольорових металів у серійному та масовому виробництві.

Кокілі дають змогу отримувати вилівки з точними розмірами поверхонь (12 квалітет) і шорсткістю їх до 4 мкм за параметром Ra.

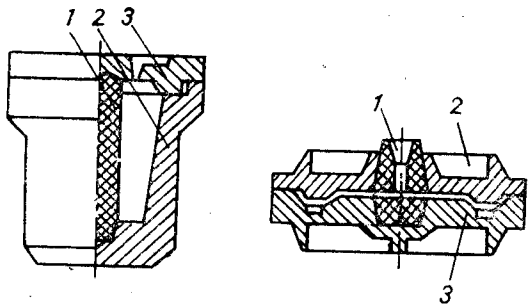


Рис. 6.3. Металеві форми (кокілі) для виготовлення виливків корпуса (а) та диска (б): 1 — шишка; 2, 3 — частини форми.

Як ливарні форми використовують різні та нерознімі кокілі з вертикальними та горизонтальними поверхнями рознімання. Для прискорення охолодження зі зовнішнього боку кокілів передбачені штирі або ребра. Щоб запобігти відбілюванню чавуну, для виливків вибирають відповідний хімічний склад ливарного стопу, а перед заливанням форму нагрівають до 250...300 °С і зменшують час охолодження вилівка у формі. Підігрівання форми використовується тільки перед першим заливанням, а під час наступних заливань форму (нагріту вилівком) охолоджують стисненим повітрям до потрібної температури. В процесі виготовлення виливків з силуміну (стоп алюмінію та кремнію) подрібнення структури матеріалу вилівка має позитивний ефект. У разі заливання у кокіль стопів на основі міді ливарні форми змащують жирними фарбами, які запобігають пригорянню. Стійкість чавунних кокілів становить для сталевого лиття 50...500 виливків, чавунного — 400...8000 виливків, а кольорових металів — десятки тисяч виливків.

Матеріал для виготовлення металевих форм вибирають залежно від матеріалу вилівка, вимог до його якості, програми випуску заготовок. Часто для цього використовують чавуни марок ВЧ 50, СЧ 18; сталі 25, 35, У7, У10; леговані сталі 30ХГС, 25ХНС17.

Для підвищення стійкості кокілів їхні робочі поверхні покривають вогнестійкими матеріалами та перед кожним заливанням фарбують.

6.5. Виготовлення виливків під тиском

Дія на рідкий метал зовнішніх сил під час заповнення форми та кристалізації вилівка є одним із ефективних засобів усунення дефектів лиття та отримання високоякісних заготовок. Техноло-

гічні процеси лиття під тиском, окрім цього, є високо продуктивні, нескладні, мають короткочасний цикл, легко піддаються механізації та автоматизації. Розрізняють лиття під високим і низьким тиском.

6.5.1. ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ ПІД ВИСОКИМ ТИСКОМ

Лиття заготовок під високим тиском здійснюють у спеціальні металеві форми, що мають задану герметичність порожнини (рис. 6.4, 6.5). Перевагами цього способу виготовлення виливків, крім вказаних для кокільного способу, є порівняно вища якість

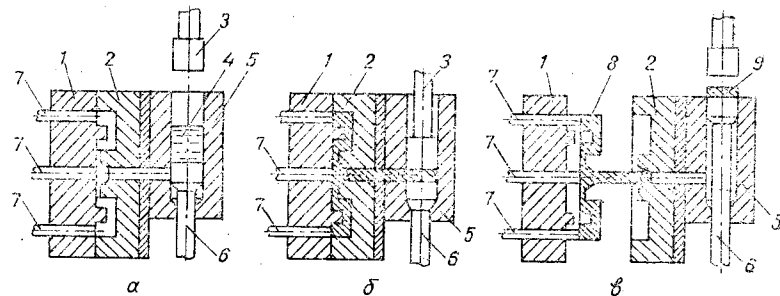


Рис. 6.4. Схема машини для лиття під тиском з холодною камерою стискання:

а, б, в — стадії виготовлення вилівка; 1, 2 — частини форми; 3 — стискувальний поршень; 4 — рідкий метал; 5 — камера стискання; 6 — виштовкувальний поршень; 7 — виштовкувачі; 8 — вилівок із частиною ливника; 9 — надлишок металу (ливника).

вилівків (розміри можуть мати 9-й квалітет точності, шорсткість поверхонь — 1,25 мкм за параметром Ra), можливе виливання тонких стінок (0,5 мм), отримання малих отворів (1 мм) і поверхонь з різями, відсутність прибутків, шпаристостей, раковин і припусків на оброблення різанням. До недоліків цього способу лиття належать висока вартість ливарних форм; придатність способу в основному для матеріалів із низькою температурою топлення; можливість виникнення внутрішніх напружень і тріщин у вилівках. Стопи для лиття під тиском повинні бути достатньо міцними при високих температурах, щоб вилівки під час їх виштовкування з форм не ламались, мати мінімальне усідання, високу рідкоплинність і невеликий інтервал температур кристалізації. Цим способом виготовляють вилівки зі стопів на основі алюмінію, міді, цинку та магнію [7].

Як основне устаткування для лиття під тиском використовують компресорні та поршневі машини з холодною (рис. 6.4) чи гарячою (рис. 6.5) камерами стискання, розташованими горизонтально

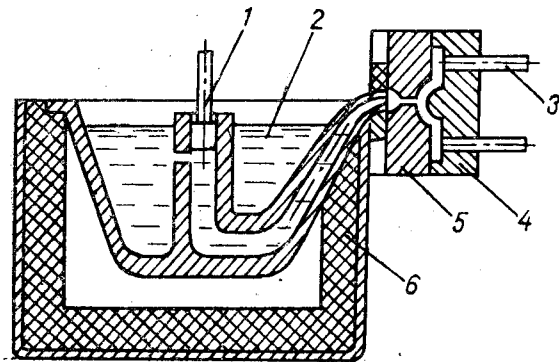


Рис. 6.5. Схема машини для лиття під тиском з гарячою камерою стискування:

1 — стискувальний поршень; 2 — рідкий метал; 3 — виштовхувач; 4, 5 — частини форми; 6 — корпус з електронагрівачем.

чи вертикально, з продуктивністю до 200...400 виливків за годину. На компресорних машинах продуктивність значно вища і становить 3500 виливків за годину. Машини з гарячою камерою, що перебуває безпосередньо в рідкому металі, використовують для матеріалів з температурою топлення до 500°C. Машини з холодною камерою, що розміщена за межами рідкого металу, придатні для більш туготопких матеріалів. Тиск у формі підтримується до моменту повної кристалізації виливка.

У машинах з холодною камерою поршень контактує з гарячим металом короткочасно, а це дає змогу використовувати вищі робочі тиски (100...300 МПа), ніж для машин з гарячою камерою (20 МПа). Для підвищення продуктивності машин та їхньої стійкості використовують водяне охолодження прес-форм [7].

Основні частини прес-форм, які контактують з рідким металом, виготовляють з високолегованих сталей, з шорсткістю робочих поверхонь 0,32...1,25 мкм за параметром Ra.

Для конструювання прес-форм використовують уніфікацію, наприклад, універсальні форм-пакети, нормалізовані деталі, вузли, блоки, спеціальні форм-пакети, універсальні блок-форми, що дає змогу використовувати їх в умовах масового, серійного та дрібно-серійного виробництва, а також у гнучких виробничих системах. Щоб уникнути пригоряння та підвищення стійкості прес-форм, використовують мастила з парафіну, моторної олії, графіту, церезину, воску, трихлоретилену тощо.

Прес-форми для лиття виливків із металів з високими температурами топлення (леговані сталі) виготовляють із спечених матеріалів на основі молібдену та вольфраму.

На сучасних машинах для лиття під високим тиском автоматизовані операції обдування та змащування форми, дозування та заливання металу у форму, виштовхування виливків з форми та їх транспортування, а також очищення виливка від ливникової системи та підтримування належної температури форми під час кристалізації виливка. Пневматичні дозатори забезпечують високу чистоту металу, мінімальне зниження його температури та високу точність маси. Для зменшення шпаристості виливків і збільшення їх міцності в процесі заливання форми застосовують вакуумування порожнини форми, а у разі виготовлення виливків зі сталей передбачають ливники збільшеного перетину та спеціальні вентиляційні канали від найтонших частин виливка.

6.5.2. ЛИТТЯ ПІД НИЗЬКИМ ТИСКОМ

Лиття під низьким тиском виконується у спеціальних формах (металевих, земляних, шихтових, гіпсових тощо), які за допомогою металопроводу з'єднані з ванною рідкого розтопу (рис. 6.6). Ванна рідкого розтопу герметично закривається, а над поверхнею дзеркала металу за допомогою стисненого повітря чи інертного газу створюється низький надлишковий тиск, що забезпечує надійне подання рідкого розтопу в порожнину форми. Залежно від матеріалу форми та її конструкції переваги й недоліки цього способу

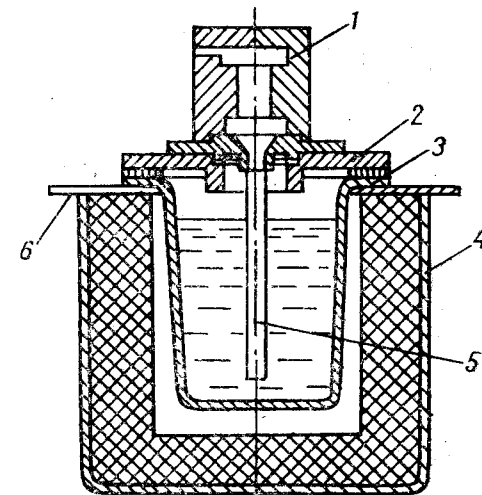


Рис. 6.6. Схема виливання заготовки під низьким тиском:

1 — металева форма; 2 — кришка тигля; 3 — тигель з рідким металом; 4 — корпус з електронагрівачем; 5, 6 — трубопроводи для подання рідкого металу й повітря.

аналогічні виготовленню виливків під тиском. Різниця полягає в тому, що цим способом рідкий розтоп подається у форму під низьким тиском (0,2...0,8-10 Па), який достатній для надійного її заповнення. Це забезпечує можливість виготовлення тонкостінних і ребристих виливків значних розмірів, з високою точністю форми та розмірів, якістю поверхонь, незначними припусками на оброблення різанням, напусками, прибутками, створює можливість

автоматизації процесів виготовлення виливків і поліпшення умов праці.

Після заповнення форми металом під дією тиску відбувається кристалізація вилівка у формі. В металопроводі метал продовжує перебувати у рідкому стані, тому ливниковий колектор виконує функцію прибутка, надійно живить нижню частину вилівка рідким металом.

Основні переваги лиття під низьким тиском такі:

використання металевих, піщаних, оболонкових і комбінованих форм забезпечує широку сферу застосування цього способу; автоматичне керування надходженням стопу у форму дає змогу регулювати швидкість її заповнення;

безковшове заповнення форми стопом з глибини шарів тигля зменшує небезпеку потрапляння у вилівок неметалевих домішок; кристалізація вилівка у формі під надлишковим тиском сприяє підвищенню якості матеріалу, точності форми, розмірів, якості поверхонь вилівка;

зменшення тривалості заповнення форми стопом дає змогу отримувати тонкостінні вилівки.

До недоліків способу належить можлива поява газової шпаристості, раковин, прилипання піску до поверхонь вилівоків, незаливи від недостатнього тиску та розбризкування від великої швидкості заповнення форми (великий тиск), обмеження матеріалів вилівоків кольоровими стопами, переважно алюмінієвими.

В Інституті проблем лиття НАН України розроблені машини для лиття під низьким тиском з автоматичним керуванням процесів виготовлення вилівоків від ЕОМ.

6.6. Виготовлення вилівоків за допомогою витопних, розчинних та випалюваних моделей

Цей спосіб виготовлення вилівоків (рис. 6.7) використовують для заготовок практично всіх стопів, зокрема високолегованих сталей, які мають високу температуру топлення та погано піддаються механічному обробленню та куванню. Литтям за витопними моделями можна виготовити заготовки масою від 0,02 до 100 кг з мінімальною товщиною стінки 0,5 мм та отворами 1 мм.

Переваги цього способу виготовлення вилівоків — висока точність форми та розмірів, якість поверхні заготовок, незначні ливарні скоси, відсутність шпорок, малі припуски на оброблення різанням, окрім того вилівки легко відокремлюються від форми, не пригорають, форма не має площини рознімання та знакових частин, що забезпечує підвищену точність вилівоків.

Цей спосіб дає змогу виготовляти вилівки з високою точністю розмірів (до II квалітету) та взаємного розташування поверхонь

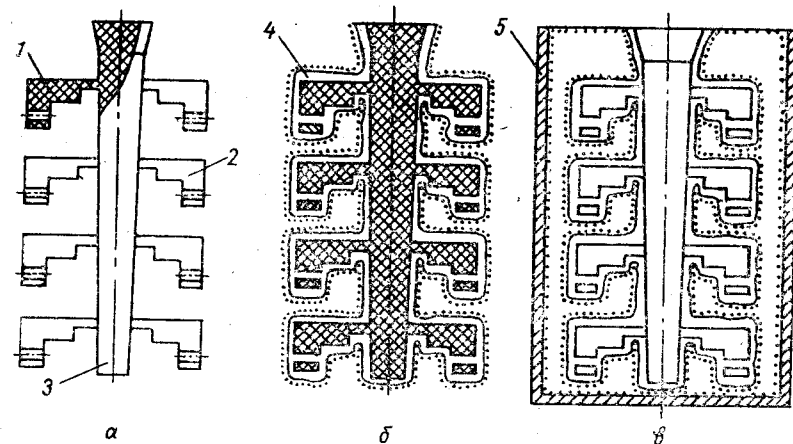


Рис. 6.7. Схема виготовлення форми за витопними моделями:
а — модельний блок; б — модельний блок в оболонці; в — складена ливарна форма; 1, 2 — воскові моделі вилівоків; 3 — воскова модель стояка з чашею та ливниками; 4 — оболонка; 5 — корпус форми (опока).

і їх шорсткістю до Ra 2...4 з мінімальними припусками на оброблення різанням.

Вилівки за витопними, розчинними та випалюваними моделями є найбільш ефективними в умовах серійного та масового виробництва, де для їх виготовлення застосовують механізовані та автоматизовані лінії.

До недоліків цього способу належать порівняно висока його трудомісткість і складність технологічного процесу. Литтям за допомогою витопних і випалюваних моделей доцільно виготовляти дрібні та складні за конфігурацією заготовки з кольорових металів, стопів, високолегованих і вогнестійких сталей, які погано обробляються різанням або мають низькі ливарні властивості.

Матеріалом для виготовлення витопних моделей є парафін, стеарин, віск, каніфоль; для розчинних — карбамід; для випалюваних — пінополістирол і поліуретан. Моделі занурюють у вогнетривкі суміші з маршаліту та етилсилікату, посипають кварцовим піском і висушують на повітрі. Цей процес повторюють декілька разів. Витоплювання моделі з оболонки виконують у ваннах з гарячою водою або з гарячим повітрям чи паром. Після витоплювання або випалювання моделі форму відпалюють при температурі 800...900 °С. Складання форми виконують у металевих опоках, у яких оболонки форм заготовок, з'єднаних ливниковою системою, засипають сухим наповнювачем (піском). Модельні блоки (заготовки та елементи ливникової системи) утворюються у прес-формах. В одиничному та дрібносерійному виробництві прес-

форми обладнують ручними рознімачами і вищтовхувачами, а в серійному та масовому — використовують стаціонарні механізовані багатомісні прес-форми, виготовлені з інструментальних чи конструкційних сталей з якісно обробленими робочими поверхнями. Деталі прес-форм гартують, хромують та полірують.

6.7. Виготовлення виливків в оболонкових формах

Суть цього способу лиття полягає в тому, що ливарну форму виготовляють у вигляді тонкої оболонки, утвореної з суміші зв'язувальних матеріалів типу термоактивних фенольних смол і кварцового піску (рис. 6.8). Виготовлення виливків в оболонкових

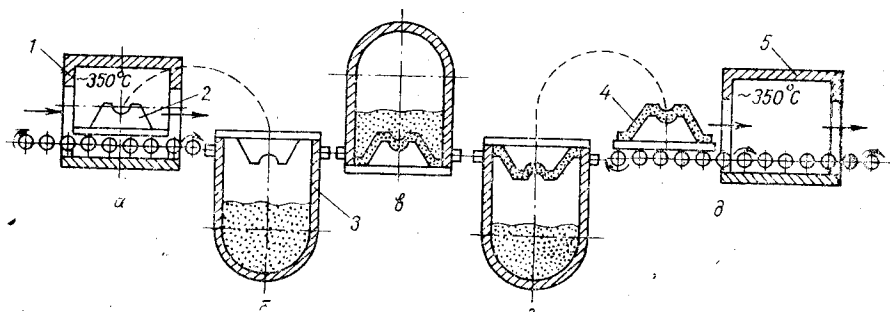


Рис. 6.8. Схема виготовлення оболонкової форми (а-д):

1 — камера підігрівання моделі з плитою; 2 — модель з плитою; 3 — кожух бункера;
 4 — оболонка форми; 5 — камера для відпалювання оболонок форми.

формах застосовують у багатосерійному та масовому виробництві для утворення фасонних і складних за формою, дрібних і середніх за масою заготовок практично з усіх ступів. Як приклад можна навести виливки блоків циліндрів мотоциклів і двигунів малолітражних автомобілів, колісчастих валів, зубчастих коліс, зірочок, шківів, кронштейнів, кришок тощо.

Переваги цього способу лиття — висока якість виливків, можливість виготовлення заготовок складних геометричних форм, тонкостінних, порівняно менші витрати формувальних сумішей, ліпші умови праці, менша потреба у виробничих площах. Окрім цього виробничий процес легко піддається механізації та автоматизації. Цей спосіб дає змогу виготовляти заготовки з високою точністю розмірів (12 квалітет) і шорсткістю поверхонь до Ra 2,5... 5. Оболонкову форму з двох чи більше частин виготовляють шляхом покриття нагрітої моделі термореактивною сумішшю та полімеризацією частин оболонкової форми нагріванням в печі до 350 °С. Для прискорення тверднення форми до суміші додають

каталізатори, наприклад уротропін. Товщина оболонки 6... 8 мм. Для зміцнення форми оболонку вставляють у скриньку та засипають грубим піском або чавунним шротом. Моделі виготовляють з чавуну, рідше зі сталі, алюмінієвих і магнієвих сплавів.

Широко застосовують такі способи виготовлення оболонок: бункерний, піскодувний, піскодувний з контрплитою та пресувальний за допомогою гнучкої діафрагми.

Бункерний спосіб полягає в закритті бункера, наповненого сумішшю, нагрітою підмодельною плитою з моделлю, та перекидання її його на заданий час для утворення на поверхні моделі оболонки достатньої товщини. Таким способом за допомогою бункерної машини виготовляють до 100 напівформ за годину.

У процесі піскодувного способу плакований смолою пісок наносять на модель за допомогою струменя стисненого повітря. В цьому разі оболонка має більшу міцність. Але найбільш міцною є оболонка, утворена пресуванням за допомогою гнучкої (наприклад, гумової) діафрагми. На суміш через діафрагму діє надлишковий тиск (до 0,2 МПа) теплого повітря.

Широко використовують у ливарному виробництві заготовок оболонкові шишки. Вони легкі, міцні, не пригорають, через вигоряння смоли в процесі заповнення форми гарячим стопом стають газопроникними, податливими, не гальмують процес усідання виливка під час його охолодження, легко видаляються з виливка, негігроскопічні і тому придатні для тривалого зберігання. Оболонкові шишки використовують для лиття заготовок у кокілях, піщано-глиняних формах тощо.

Недоліком цього способу є висока вартість фенольних смол.

6.8. Відцентрове лиття заготовок

Цей спосіб лиття (рис. 6.9) застосовують у масовому, серійному та навіть одиничному виробництві для виготовлення простих за формою, циліндричних, багатошарових, тонкостінних, видовжених заготовок практично з усіх ступів. Відцентровим литтям виготовляють труби, гарматні стволи, втулки з фланцями, армовані заготовки, виливки з параболічними поверхнями тощо. Для цього використовують машини з горизонтальною, вертикальною та похилою віссю обертання форми [12]. Нахил осі обертання форми та швидкість її обертання можуть змінюватися в процесі виливання заготовки. Форми для відцентрового лиття роблять металевими, керамічними, піщаними та комбінованими.

Серед переваг цього способу лиття треба відзначити високу точність форми та розмірів виливків, якість поверхні, дрібнозернисту та звільнену від сумішей структуру матеріалу заготовок (гази та неметалеві домішки витісняються на їхню внутрішню по-

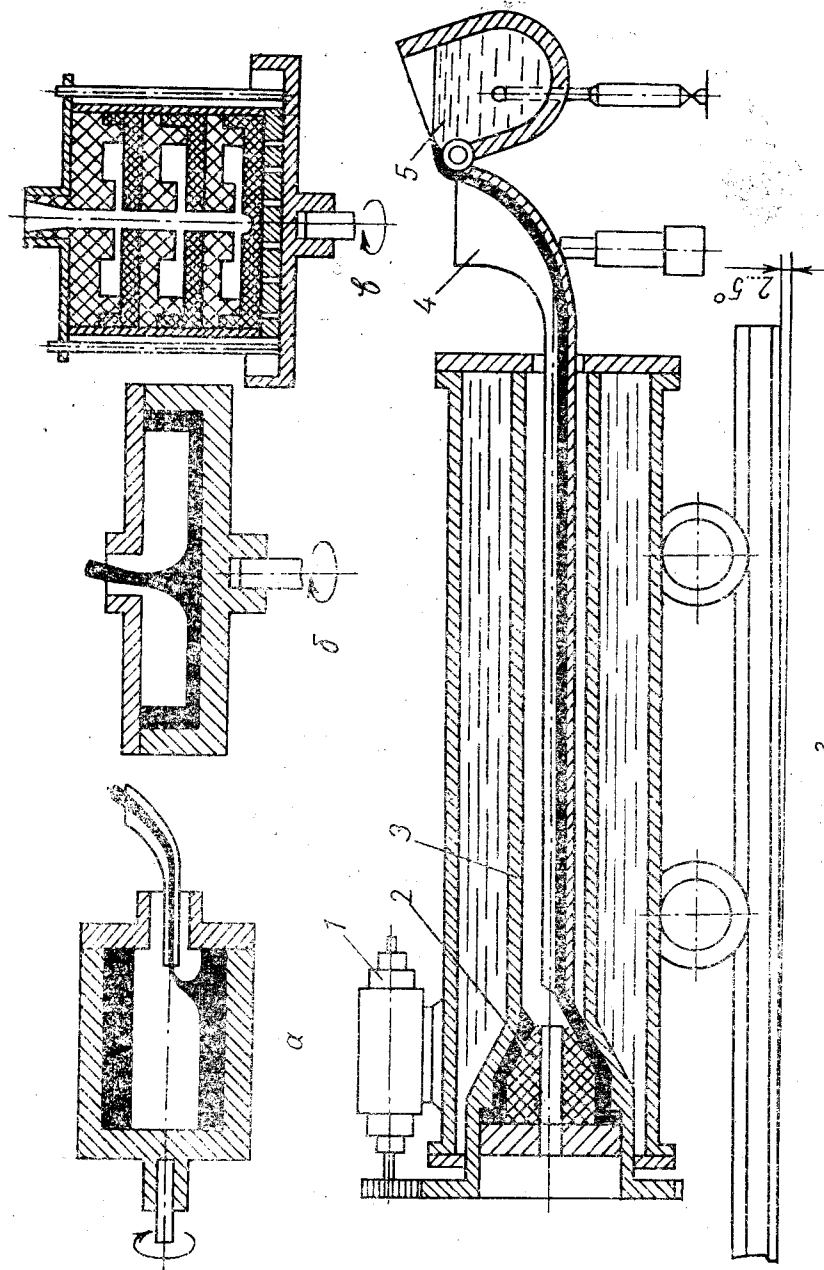


Рис. 6.9. Схеми форм для відцентрового лиття з горизонтальною (а), вертикальною (б, в) та похилою (с) віссю обертання:
 1 — електромотор; 2 — шийка; 3 — металева форма; 4 — жолоб; 5 — залізний ківш.

верхню), високу продуктивність, відсутність ливникової системи, можливість виготовлення багатшарових виливків, придатність до механізації, автоматизації та організації гнучких виробництв.

До недоліків цього способу лиття належать низька якість внутрішньої поверхні, що вимагає збільшення припуску на механічне оброблення, обмежена конфігурація виливків, труднощі з отриманням виливків зі стопів, що схильні до ліквації, можливість появи тріщин у виливках через обмежене їх усідання під час кристалізації тощо.

6.9. Виготовлення виливків електрошлаковим литтям

У процесі електрошлакового лиття форма виконує дві функції: є агрегатом для топлення стопу та формує виливок під шаром шлаку, поступово знизу за допомогою необхідної кількості кристалізаторів (рис. 6.10).

Таким способом можна отримувати складні за формою заготовки шляхом з'єднання окремих її частин. На рис. 6.11 показано схему електрошлакового виливання колінчастого вала, в якій заздалегідь виготовлені шийки з'єднуються у заготованку вала послідовним чи одночасним заливанням шок.

Переваги цього способу лиття — висока чистота хімічного складу стопів, відсутність ліквації, раковин, внутрішніх напружень, формувальних сумішей, ливникових систем, прибутків, висока точність форми, розмірів та якість поверхонь заготованок, значно менші виробничі площі. Окрім цього немає потреби в топильних і розливних агрегатах, ліпші умови праці, можлива механізація та автоматизація процесів виготовлення заготованок. Електрошлакове лиття застосовують у масовому та серійному виробництві, в процесах виготовлення заготованок відповідальних деталей для енергетичного, прокатного, автомобільного, тракторного машинобудування. Як свідчить практика, перехід на виготовлення виливків електрошлаковим литтям дає змогу значно зменшити масу заготованок, при цьому коефіцієнт використання матеріалу становить 0,98. Таким способом вже сьогодні виготовляють труби, вали прокатних станів і потужних двигунів, колінчасті вали, ковальські штампи, кокілі для відцентрового лиття труб, ведучі колеса тракторів.

Недоліком цього способу є висока вартість устаткування та технологічного спорядження.

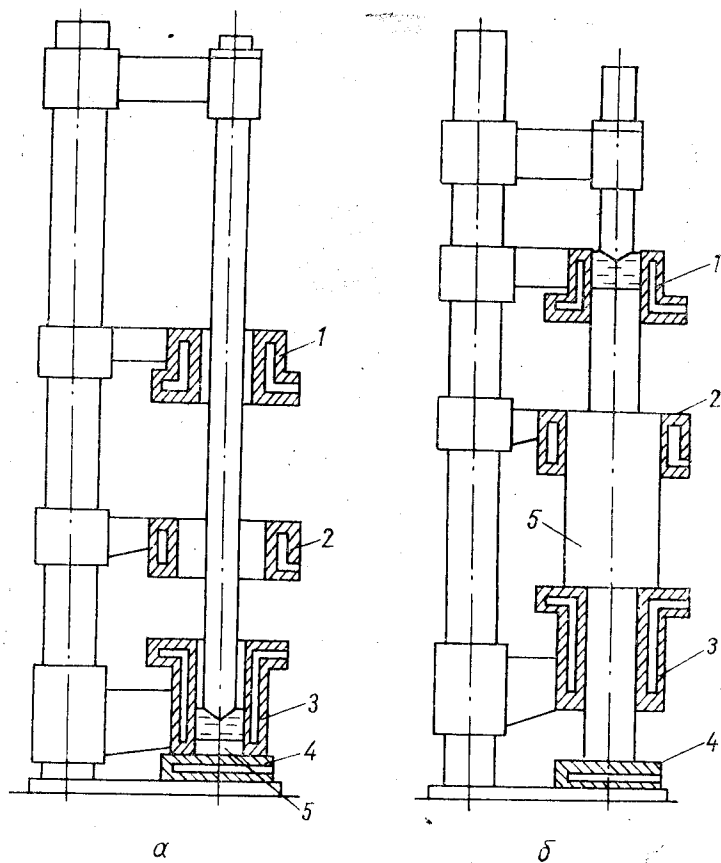


Рис. 6.10. Схема виливання заготовки прокатного вала електрошлаковим литтям на початковій (а) та кінцевій (б) стадіях:
1-4 — кристалізатори; 5 — виливок.

6.10. Виготовлення виливків штампуванням рідкого металу

Штампування рідкого металу — це різновид лиття під тиском. У металеву форму заливають порцію рідкого стопу та, опускаючи металевий пуансон (чи верхню частину форми), стискають рідкий стоп у порожнині між ним та матрицею (рис. 6.12).

Рідкий метал, як і всяка рідина, не стискається. Тому ущільнення його та остаточне формоутворення відбувається під час кри-

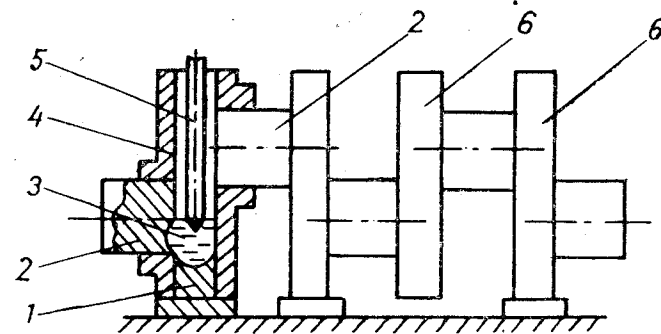


Рис. 6.11. Схема виливання заготовки колінчастого вала:
1 — виливана щока; 2 — шийки; 3 — рідкий метал; 4 — форма;
5 — розточлюваний електрод; 6 — виліті щокки.

сталізації чи пластичного деформування уже після їх закінчення, коли метал перебуває у напівпластичному стані. Стиснення металу значно прискорює швидкість його кристалізації.

На відміну від лиття під тиском, під час штампування металу заповнення форми відбувається спокійно, гази безперешкодно виходять на поверхню і тому відсутні газові раковини (поширений вид дефектів для виливків, виготовлених під тиском). Оскільки рідкий метал заливається безпосередньо у матрицю, то ливникова система не потрібна.

Виготовлення заготовок може відбуватися двома способами: з кристалізацією під тиском і штампуванням з витискуванням

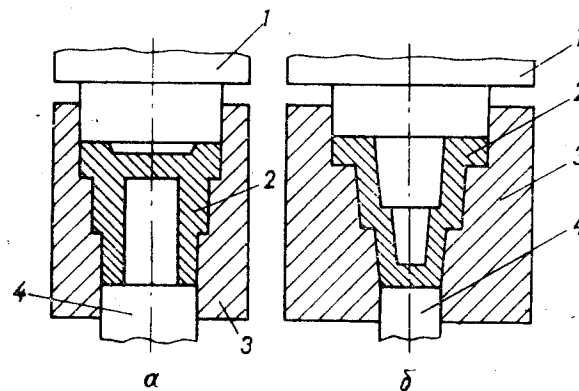


Рис. 6.12. Штампування рідкого металу з кристалізацією під тиском (а) і з витискуванням (б):
1 — пуансон; 2 — заготовка; 3 — матриця; 4 — виштовхувач.

рідкого металу. У першому випадку основна маса металу не переміщається відносно стінок матриці, у другому — рідкий метал витискається пуансоном з одних частин матриці в інші. В обох випадках вилівок кристалізується під високим тиском. Цей спосіб лиття нагадує гаряче штампування металів тиском у закритих штампах. Переваги штампування рідкого металу аналогічні литтю зготованок під тиском.

Порівняно з литтям під тиском, у процесі штампування рідкого металу, яке виконується під вищим тиском, метал добре ущільнюється, краще усуваються ливарні дефекти (усідання та газові раковини), структура металу більш дрібнозерниста та рівномірна, він набуває ліпших механічних властивостей (пластичність), має вищу стійкість форми, що дає змогу виготовляти як тонкостінні, так і товстостінні заготованки з усіх ливарних стопів без ливників і прибутків. Порівняно з гарячим штампуванням металів штампування рідкого металу дає змогу виготовляти заготованки як з деформовних, так і з недеформовних, малопластичних і крихких стопів; відзначається значно меншими (у 6...8 разів) витратами енергії на формоутворення, забезпечує можливість отримання глибоких порожнин, тонких перетинів з великими лінійними розмірами, підвищує точність форми та розмірів, поліпшує якість поверхні, дає змогу зменшити витрати матеріалу, знизити трудомісткість виготовлення тощо. Порівняно з іншими способами виготовлення виливків, цей спосіб забезпечує найвищі механічні властивості металу.

На якість виливків суттєво впливають питомий тиск на метал, його температура, швидкість пресування, час витримування металу у формі, точність розмірів і шорсткість поверхонь форми. Використовуються одно- та багатомісні форми, в яких передбачені елементи ливникової системи.

Цей спосіб застосовують для виготовлення заготованок різної складності масою до 10 кг для серійного та масового виробництва; він легко автоматизується та придатний для побудови гнучких автоматизованих систем.

Швидкість штампування залежить від температури стопу, товщини стінок вилівка та його форми. Для простішої форми та товстіших стінок потрібна менша швидкість штампування. Тонкостінні виливки складної форми великих розмірів вимагають більшої швидкості штампування. Для алюмінієвих стопів оптимальною швидкістю штампування є 0,2...0,5 м/с.

Час витримування вилівка під тиском залежить від розмірів та, особливо, від товщини його стінок. Для алюмінієвих стопів час витримування виливків під тиском визначають з розрахунку 10...15 с на кожні 10 мм товщини стінки.

Основними недоліками цього способу є обмеження номенклатури виливків за масою та складністю конфігурації, потреба у

точному дозуванні розтопленого металу та висока вартість основного устаткування.

Дозування рідких металів ускладнюється наявністю у них жукелів, шлаків, можливих вихлюпувань металу, залишків у розливальному ковші тощо. Використання канавок аналогічних облойним для процесу штампування не завжди допустиме. В процесі штампування рідкого металу облойні канавки на початковій стадії можуть бути заповнені, а метал, що залишився у матриці, буде кристалізуватись без компенсації усідання та без ущільнення. Тому облойні канавки можна розташовувати у верхній частині вилівка як прибутки.

Надлишки металу, залитого у матрицю, спричинюють збільшені припуски для окремих поверхонь вилівка. Якщо збільшення припусків на механічне оброблення неможливе, то зайвий метал витискають у спеціально передбачені закриті порожнини. Це дає змогу отримувати точні виливки, однак вимагає виконання додаткової операції відокремлення від них компенсаторів.

Цим способом, здебільшого, виготовляють виливки з кольорових металів і стопів та сталей, зокрема легованих, в умовах серійного та масового виробництва. Виготовлення заготованок з чавуну та сталей вимагає додаткового теплового захисту поверхонь форми та регулювання швидкості охолодження чавунних виливків, що запобігає їх відбілюванню. Для цього поверхні форм покривають спеціальними сумішами.

Для виготовлення складних за формою виливків застосовують розіміні матриці, висувні шишки, телескопічні пуансони тощо. У формі, зображеній на рис. 6.13, телескопічний пуансон складається з двох частин, що дає змогу створювати додатковий тиск в окремих частинах вилівка для ущільнення металу і є одночасно виштовхувачем виливків під час їх виймання з форми.

Основним устаткуванням для штампування рідкого металу є гідравлічні, фрикційні, гвинтові преси та спеціальні машини. Тиск на розтопленій метал — 150...500 МПа, час витримки — 5...15 с. Перед першим штампуванням заготованки штамп підігрівають. Щоб полегшити виймання заготованок, робочі поверхні штампа покривають олієграфітовим мастилом [10].

Процес штампування рідкого металу легко автоматизується. Для цього застосовують спеціальні дозувальні механізми (пневматичні, механічні, електромагнітні, самопливні, з'єднані з піччю тощо). Місткість дозаторів [12] — від 0,2 до 15 кг, продуктивність машин для штампування — до 200 заливань за годину. Для дрібних заготованок виготовляють складані штампи з уніфікованими змінними частинами, що дає змогу виконувати групове штампування виливків різної конструкції та застосовувати цей спосіб в умовах дрібносерійного виробництва.

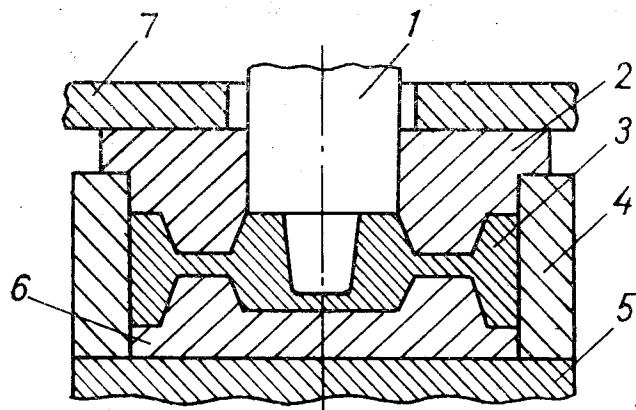


Рис. 6.13. Штампування рідкого металу за допомогою телескопічного пуансона;
1, 2 — внутрішня та зовнішня частини пуансона; 3 — заготована шестерні; 4 — матриця; 5 — основа; 6 — вставка; 7 — траверса.

Штампуванням рідкого металу виготовляють виливки для втулок, циліндрів, вставок, кілець, сидел компресорів, підп'ятників, бурувальних шарошок; фасонні виливки для зубчастих коліс, шківів, зірок, ручок, лопаток, ковпачків, корпусів кранів, вкладів, букс, щитків, панелей, патрубків, деталей доільних апаратів, сепараторів для кулькових вальниць тощо.

Ефективним для штампування заготовок з рідкого металу є армування їх різними вкладками. Це — ротори електромоторів, гребні, гвинти, лопатеві колеса, різальні інструменти, деталі пресформ та штампів тощо.

6.11. Лиття витискуванням

Спосіб лиття витискуванням використовують для отримання тонкостінних великогабаритних виливків панельного та корпусного типів. Ним можна виготовляти виливки ребристих панелей, корпусів і кришок з товщиною стінки до 1,5...2 мм, з габаритами виливків до 2 м і більше. Такі вироби з успіхом замінюють штамповані з листів, пресовані та заклепані конструкції. Таким способом виготовляють виливки панелей автомобілів, автобусів, літаків тощо.

Процес витискування виконується на литтєво-витискувальній машині (рис. 6.14). Нерухома ступка з напівформою жорстко закріплена на станині. Рухома ступка з напівформою має можливість разом з порожнистим валом обертатися навколо осі

вала до повного зіткнення обох напівформ (металевих, земляних, піщаних тощо). Нижня частина ступок, вал і напівформи утворюють ванну для заливки рідкого металу. В процесі зближення ступок з напівформами рідкий метал витискається з ванни у верхню частину форми, поступово заповнюючи її. У цей же час він охолоджується, в ньому за-

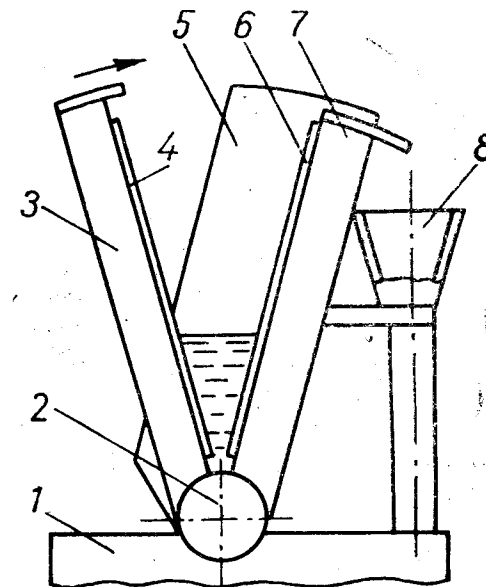


Рис. 6.14. Машина для лиття витискуванням:
1 — станина; 2 — вісь обертання; 3, 7 — рухома та нерухома ступки; 4, 6 — напівформи; 5 — захисний щиток; 8 — кіш для заливки рідкого металу.

роджуються численні центри кристалізації, з'являється кашкувата суміш, яка після зупинки руху напівформи швидко твердне. Це сприяє утворенню щільної та дрібнозернистої структури виливків з підвищеними механічними властивостями. Під час лиття стоп очищується від газів і шлакових домішок, які виштовхуються у верхню частину форми та виносяться з рештками металу за її межі.

Живлення виливка рідким розтопом виконується з ванни в міру підвищення тиску від закривання форми. Для поліпшення заповнення ребер, бобулок, виступів у формі передбачені додаткові прибутки.

Найліпшими металами для виготовлення панельних виливків витискуванням є стопи з мінімальним інтервалом кристалізації, наприклад алюмінієво-кремнієві. Перевагу віддають стопам, які не вимагають термічного оброблення, оскільки воно може спричинити жолоблення виливків. У зв'язку зі значними розмірами форми та тонкостінністю виливків у формах передбачені електронагрівачі для нагрівання напівформ до належної температури, а також система виштовхувачів виливків із форми.

У разі використання металевих напівформ їх робочі поверхні та ванни покривають теплоізоляційними фарбами.

Піщано-глиняні та шихкові форми повинні мати достатню міцність, податливість і газопроникність, а формувальні суміші — низьку газотвірну здатність.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВКІВ

7.1. Технологічні процеси лиття заготованок

Структура та послідовність виконання окремих операцій та переходів, з яких складаються ТП виготовлення виливків, залежать від способу лиття, який дібрано для отримання виливка. Добір способу виготовлення виливка, розташування його у формі, встановлення площин рознімання форми, кількості шишок є визначальними як для конструювання виливка, так і для розроблення ТП його виготовлення. У розробленні ТП виготовлення виливка першим завданням завжди є створення його конструкції та оформлення робочого креслення відповідно до вимог стандартів на виливки з чорних і кольорових металів та їх стопів і Єдиної Системи Конструкторської Документації (ЄСКД), а також розроблення та оформлення повного комплексу технічної документації на ТП згідно з вимогами стандартів Єдиної Системи Технологічної Документації (ЄSTD) та Єдиної Системи Технологічного Підготування Виробництва (ЄСТПВ).

Відповідно до вимог стандартів для кожного зі способів виготовлення виливків розробляють необхідне спорядження (модельні та шишкові комплекти, литтєві форми, пристрої, засоби механізації та автоматизації для приготування формувальних сумішей, рідких розтопів, складання форм, виймання виливків з форм, їх очищення, термічного оброблення, фарбування тощо) та інструмент; передбачають організацію його придбання чи виготовлення.

У ТП на виготовлення виливків різними способами є операції, однакові для багатьох способів лиття. Для їх виконання оформлені комплекти технічної документації, що чинні на підприємствах і в організаціях. До них належать приготування шишкових, формувальних сумішей та рідкого розтопу, заливання його у форму, охолодження виливків у формі, виймання їх з форми, очищення від сумішей, ливників і прибутків, контроль їх якості, виправлення дефектів, термічне оброблення, фарбування тощо. Розглянемо перелік технологічних операцій, характерних для окремих способів виготовлення виливків, що входять у ТП разом із типовими ТП чи операціями.

Литтєво-витискувальні машини дають змогу виготовляти виливки з розмірами 2100×1100 мм з найменшою товщиною стінки 1,5...2,0 мм, мають об'єм ванни 0,025...0,040 м³, максимальний кут відкривання стулоч 30...40°.

Перевагами цього способу лиття є можливість отримувати тонкостінні, великогабаритні, ребристі виливки, з точністю форми та розмірів, які дають змогу звести до мінімуму механічне оброблення, низька трудомісткість виготовлення. Окрім цього, спосіб забезпечує значну продуктивність устаткування, високу міцність матеріалів виливків, придатність до механізації та автоматизації процесів виготовлення виливків тощо.

Недоліками способу є обмежена кількість матеріалів виливків, здатність виливків до жолоблення і появи тріщин.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які основні технологічні властивості ливарних стопів, що зумовлюють якість виливків?
2. Класифікація способів виготовлення виливків.
3. Різновиди ливарних форм. Одноразові та багаторазові форми.
4. Способи виготовлення виливків у піщано-глиняних формах.
5. Напівсталі форми, їх застосування.
6. Які ви знаєте види браку виливків і способи їх усунення?
7. Перелічіть спеціальні способи виготовлення виливків.
8. Переваги та недоліки виготовлення виливків у металевих формах.
9. Виготовлення виливків під тиском. Способи, устаткування та спорядження.
10. З яких матеріалів виготовляють форми для лиття під тиском стопів з високими температурами топлення?
11. Виливки, виготовлені за допомогою витоплюваних і випалюваних моделей. Їх переваги, недоліки, застосування.
12. Виготовлення виливків у оболонкових формах.
13. Способи виготовлення оболонок.
14. Відцентрове лиття заготованок. Переваги та застосування.
15. Виготовлення виливків електрошлаковим литтям.
16. Штампування рідкого металу.
17. Недоліки способів виготовлення виливків під тиском.
18. Які виливки виготовляють способом лиття витискуванням?
19. Назвіть переваги способу лиття виливків під низьким тиском.

До ТП виготовлення виливків у одноразових піщано-глиняних формах належать операції складання ливарних форм, відокремлення виливків від формувальних і шихтових сумішей, ливників і прибутків.

ТП виготовлення виливків за допомогою витопних та випалюваних моделей відрізняється операціями виготовлення модельного комплекту, його складання у блоки, нанесення вогнетривкого покриття на модельний комплект, підсушування форми, витоплювання чи випалювання модельного матеріалу з оболонки, її гартування чи відпалювання, складання форми та відокремлення виливків від блоку.

ТП виготовлення виливків у оболонкових формах передбачає операції нагрівання підмодельних плит з моделями до температури 200...300 °С, приготування смоляної та вогнетривкої сумішей, формування оболонки, тверднення її при температурі 280...350 °С, зняття оболонки з моделі та її охолодження, складання оболонкової форми (з шихтами) та форми для лиття (з вогнетривкою зміцнювальною сумішшю). ТП виготовлення виливків у багаторазових формах (кокіль, під тиском, штампування рідкого металу) — це операція підготування форми для заливання (очищення та змачення робочих поверхонь форми, її підігрівання чи охолодження).

7.2. Термічне оброблення виливків

Термічне оброблення виливків виконують для зняття внутрішніх напружень, що виникли як наслідок нерівномірної кристалізації окремих його елементів, а також для поліпшення їх оброблюваності різальними інструментами.

Для виливків, що підлягають подальшому обробленню тиском, термічне оброблення дає змогу поліпшити їхню пластичність. Структура термічного оброблення та його режими залежать від матеріалу вилівка, його форми та розмірів, способу отримання тощо. Сталеві вилівки відпалюють чи нормалізують.

Відпалювання та нормалізація полягають у нагріванні виливків до високих температур (650...850 °С), витримуванні їх при цих температурах протягом кількох годин (2...14) та охолодження з невеликою швидкістю. В процесі відпалювання вилівки охолоджують дуже повільно разом з піччю, а під час нормалізації — швидше, на повітрі.

Відпалювання дає змогу значно поліпшити пластичність матеріалу вилівка, оброблюваність його різальними інструментами та зняти внутрішні залишкові напруження. Нормалізація забезпечує більш дрібнозернисту та рівномірну структуру матеріалу вилівка.

Термічне оброблення чавунних виливків застосовують з метою отримання належної структури металевої основи чавуну (для матриць), підвищення ступеня графітизації та зняття внутрішніх напружень. Чавунні вилівки відпалюють, нормалізують або відпускають.

Відпалювання чавунних виливків виконують при високих температурах (550...950 °С). Тривалість відпалювання залежить від марки чавуну, розмірів і мас виливків. Відпалювання сприяє розкладанню карбідів, тобто усуванню відбілювання, та знижує твердість поверхневих шарів виливків. Для зниження твердості в цілому перетині стінок виливків та отримання феритної структури матриці відпалювання виконують за більш складним режимом охолодження. У цьому разі вилівки поволі охолоджують до температури 700 °С, при такій температурі витримують певний час, а охолодження від температури 500 до 300 °С виконують з великою швидкістю, щоб уникнути відпускнуої крихкості чавуну.

Нормалізація чавунних виливків дає змогу збільшити їх міцність і зносостійкість, тобто підвищити марку чавуну, за рахунок отримання перлітової його структури.

Відпускання — це процес нагрівання виливків до середніх температур (200...500 °С), витримування їх при цих температурах протягом кількох годин (1...8) та подальшого охолодження разом із піччю. Відпускання сприяє зниженню внутрішніх напружень виливків.

Термічне оброблення виливків із кольорових металів виконують значно рідше, в основному з метою поліпшення їхніх фізико-механічних властивостей, інколи для зняття внутрішніх напружень. Вилівки з кольорових металів і стопів піддають відпусканню та старінню. Режими їх термічного оброблення наведені в довідковій літературі [14, 31, 36]. Вони залежать від матеріалу вилівка, його розмірів, конфігурації тощо.

Старіння — це нагрівання виливків до середніх температур (175 °С для алюмінієвих і магнієвих стопів), витримування при цих температурах і повільне охолодження.

7.3. Устаткування та спорядження ливарних цехів і дільниць

Механізація ливарного виробництва — це основний спосіб зменшення трудомісткості та підвищення якості виливків, продуктивності та поліпшення умов праці. Тому капіталовкладення в устаткування та спорядження ливарних цехів і дільниць дуже швидко окуповуються.

Сьогодні поряд зі складним і потужним устаткуванням ливарних цехів і дільниць успішно експлуатуються повністю автомати-

зовані лінії, дільниці, цехи та заводи з виготовлення виливків. Однак найпоширенішими є засоби механізації та автоматизації окремих операцій ливарного виробництва. До них, передусім, належать найбільш трудомісткі та шкідливі для здоров'я людей операції приготування, транспортування та набивання формувальних і шишкових сумішей; відокремлення їх від виливків, транспортування та перероблення відпрацьованих сумішей; приготування та транспортування шихтових матеріалів, розтопленого металу, відокремлення виливків від ливникової системи, прибутків і залишків формувальних і шишкових сумішей, відсмоктування, транспортування та зберігання пилу й інших відходів ливарного виробництва тощо.

Слід відзначити, що далеко не всі ливарні виробництва на сьогодні забезпечені належним устаткуванням і спорядженням. Значною, особливо в одиничному та дрібносерійному виробництві, є частка ручної праці. Важкі для неї умови є причиною неprestижності праці ливарника і, як наслідок, недостатньої кількості кваліфікованих фахівців, низької якості виливків, невисокої продуктивності праці.

7.3.1. УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ ФОРМУВАЛЬНИХ І ШИШКОВИХ СУМІШЕЙ

Формувальні та шишкові машини дають змогу механізувати як процеси ущільнення форм і шишкових скриньок, так і процеси відокремлення моделі від форми, чи шишки від скриньки.

За способом ущільнення суміші ці машини поділяють на *пресові, струшувальні, піскодувні та піскострільні*. За способами відокремлення моделі від зібраної форми (в одній опці) розрізняють машини зі *штифтовим підійманням, з витягуванням моделі та з обертанням форм на 180°*. За типами приводів машини бувають *пневматичні, гідравлічні, механічні та електромагнітні*. За способом агрегування формувальні машини є *одно- та багатопозиційні, з верхнім та нижнім розташуванням пресового циліндра*. Траверси пресових машин поділяють на *нерухомі, обертові з консольною та двоопорною балками і з візочком*.

Струшувальні машини за ступенем амортизації бувають *без амортизації, з повною та частковою амортизацією*.

Для ущільнення ливарних форм застосовують машини з одночасним пресуванням і струшуванням сумішей.

Нагнітальні машини за принципом дії поділяють на *поршневі, ротаційні, відцентрові та осьові*.

Вентилятори, що створюють розріджене повітря, називають експаустерами, а компресори — вакуум-помпами.

Для малих і середніх подач (до 2 м³/с) і перепадів тиску вико-

ристовують поршневі компресори, а для великих подач і середніх тисків — турбокомпресори.

Робочий тиск для живлення пневмосистем у ливарних цехах підтримують у межах 6...8·10⁵ Па.

Для приготування та зберігання готових сумішей комори ливарних дільниць і цехів обладнують спеціальними машинами, що можуть виконувати необхідні технологічні операції (просіювання, сушіння, розминання, подрібнення, розмелювання, відокремлення металевих частинок, охолодження, зволоження, гомогенізування, продування повітрям, змішування та аерацію).

Шишкові суміші готують здебільшого зі свіжих формувальних матеріалів, а для виготовлення формувальних сумішей використовують відпрацьовані суміші, частка яких залежить від потрібної якості виливків і матеріалів, з яких їх виготовляють [1, 30].

Для виконання окремих операцій приготування, транспортування та зберігання сумішей застосовують бункери з затворами, живильниками та дозаторами; конвеєри (стрічкові та гвинтові) та елеватори; пневматичні транспортери для транспортування глини та вугілля, фільтри, трубопроводи, помпи, розвантажувальні циклонни, сушарки, млини (кульові, молоткові, вібраційні та бігункові); подрібнювачі (валкові, молоткові та шоккові); електромагнітні залізобідилювачі (сепаратори); сита (барабанні та вібраційні); змішувачі (бігункові, маятникові, чашкові, лопаткові, гвинтові, барабанні та пропелерні), розпушувачі та аератори.

Устаткування для приготування сумішей здебільшого встановлюють стаціонарно. Для дрібносерійного виробництва часто застосовують пересувне устаткування на колесах чи таке, що може переставлятися на різні робочі місця за допомогою вантажних кранів.

7.3.2. МОДЕЛЬНІ КОМПЛЕКТИ, ОПОКИ ТА ФОРМУВАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ

Моделний комплект складається з моделі вилівка чи шаблонів для виготовлення форми, моделей елементів ливникової системи, шишкових скриньок, підмоделних плит, кондукторів тощо. Залежно від способу виготовлення вилівка та його конфігурації окремі перелічені частини модельного комплексу можуть бути відсутні. Склад і конструкція його залежать від матеріалу вилівка, розмірів і складності його форми, серійності виробництва, способу лиття тощо.

За матеріалом виливків розрізняють моделі для *чавунного, сталевого та лиття кольорових металів*.

За способом виготовлення ливарних форм моделі бувають *для ручного та машинного формування*.

За використовуваними матеріалами моделі поділяють на *дере-*

в'яні, металеві, сіліконові, цементні, залізобетонні, пластмасові, комбіновані тощо.

За конструкцією розрізняють моделі: *рознімні, нерознімні, скелетні, шиб ютні, зі знімними частинами* тощо.

Опоки — це скриньки, в яких складають форму для лиття. Залежно від габаритів їх поділяють на малі, середні та великі, а залежно від матеріалу, з якого вони виготовлені, — на *чавунні, сталеві та алюмінієві*.

Формувальний інструмент умовно ділять на дві групи: інструменти для наповнювання опок і шишкових скриньок формувальною чи шишковою сумішшю (лопати, лінійки, ручні та пневматичні трамбівки); інструмент для виймання моделі з порожнини форми та оброблення поверхонь форм і шишок (гачки, підіймачі, ложки тощо).

7.3.3. УСТАТКУВАННЯ ТОПИЛЬНИХ ДІЛЬНИЦЬ І ЦЕХІВ

Топильні цехи мають здебільшого топильні, шихтові, розливальні та очисні дільниці. Топильні печі та агрегати — найбільш складне та потужне устаткування, яке іноді містить багато машин, агрегатів і механізмів, обладнаних єдиною системою керування, що має за мету виготовлення високоякісного рідкого стопу. Рідкий стоп готують шляхом топлення шихтових матеріалів підібраного складу у спеціальних печах і агрегатах, що забезпечують відповідні умови для отримання необхідного матеріалу заданої якості.

Сталеві стопи здебільшого виготовляють [12] в *електричних дугових печах*; чавун — у *вагранках і електричних індукційних печах*, кольорові метали та їх стопи — в *електричних і полум'яних печах*.

Добір способу виготовлення стопу та його заливання у форми має вирішальне значення для забезпечення заданої якості виливків, їх енергомісткості та вартості. Спосіб розтоплення металів, використовуваний вид енергії для розігрівання шихти, її склад і хід процесів горіння часто визначають не тільки якість виготовлюваного металу, а й чистоту довкілля на значних просторах, що оточують ливарне виробництво. Тому їх добір має бути всебічно обґрунтований.

Індукційні печі та агрегати, як і більшість електричних печей, є відносно чистими і найбільш універсальними агрегатами топлення металів та їх стопів. За місцем розташування металу в печі, в якій індукуються вихрові струми, індукційні топильні печі поділяють на каналні та тиглеві. У *каналних* індукційних печах індуктування вихрових струмів і виділення теплової енергії відбувається у металі, який перебуває у спеціальному каналі та утворює

кільце довкола магнітопроводу з індуктором, а звідти шляхом переміщення передається у ванну, з'єднану з каналом.

У *тиглевих* печах звій індуктора розташований навколо тигля, що виконує функцію ванни, а виділення теплової енергії вихровими струмами відбувається безпосередньо в тиглі. Розтоплений метал в обох печах переміщується внаслідок дії магнітного поля. Порівняно з тиглевими каналні печі мають вищий к.к.д. (на 20...30%), нижчий коефіцієнт вигорання металу, вони дешевші та потребують менших виробничих площ. Ці переваги зумовили їх більш широке використання.

Канальні та тиглеві індукційні печі застосовують як топильні печі, міксери — для накопичення та витримання стопів при заданій температурі та роздавальні печі — для розливання рідкого металу у форми. Індукційні печі здебільшого використовують для виготовлення високоякісних чавунів, кольорових металів і спеціальних сталей.

Для утворення високоякісних сталей та спеціальних стопів з мінімальними газовими та неметалевими домішками придатні вакуумні індукційні печі. За режимом роботи ці печі поділяють на дві групи:

- 1) печі *періодичної дії*, в яких операції завантаження шихти, встановлення форм і виливальниць, очищення та підготування печі до наступного топлення виконують після їх розгерметизації;
- 2) печі *напівбезперервної дії*, в яких усі згадані операції виконують без розгерметизації. Печі другої групи обладнують додатковими шлюзовими камерами для завантаження та розвантажування форм і виливальниць.

Електродугові печі працюють в основному від змінного струму.

Для топлення активних у рідкому стані металів (титан, молібден, вольфрам, ніобій, цирконій), а також вогнетривких стопів і спеціальних сталей використовують печі сталого струму. Електроди у таких печах швидко згоряють і тому такі печі потребують додаткового спорядження спеціальними механізмами та джерелами живлення.

Використання змінного струму в дугових печах дає змогу топити метали, що мають високу температуру топлення. У дугових печах змінного струму розтоплюють як вуглецеву, так і леговану сталь. Випускають електродугові печі місткістю від 0,5 до 200 тонн. Усі вони трифазові, триелектродні з круглою ванною. Метал у ваннах переміщується за допомогою спеціальних електромагнітних пристроїв.

Для топлення високоякісних і вогнетривких сталей, титану та його стопів застосовують *вакуумні дугові печі*. Топлення металів у вакуумі забезпечує високий ступінь очищення їх від газів та ін-

ших домішок. Це дає змогу значно підвищити втомну міцність, зносостійкість і вогнетривкість матеріалів заготованок.

Стопи на основі титану, молібдену та ніобію, які в рідкому стані хімічно дуже активні, розтоплюють тільки у вакуумних печах.

Важливими параметрами, що визначають конструкцію печей для електрошлакового лиття, є маса та форма виливка. Зараз за допомогою електрошлакового перетоцу виготовляють виливки масою до 60 тонн і більше. За кількістю електродів, що одночасно топляться в один кристалізатор, розрізняють одно- та багатоелектродні печі. Їх кількість визначається перетином виливка та електричною схемою печі (одно- та трифазові). За способом топлення розрізняють печі з нерухомим глухим кристалізатором, розрахованим на всю висоту виливка, та печі з рухомим кристалізатором, що пересувається відносно виливка в процесі його виготовлення.

Печі для електрошлакового лиття застосовують як для виготовлення злитків, що передаються для подальшого оброблення (прокатування, кування тощо), так і для виготовлення виливків окремих деталей. Застосовують два способи електрошлакового лиття заготованок. У першому топлення електроду відбувається безпосередньо у форму (кристалізатор). Цей спосіб малопридатний для виготовлення складних за формою виливків. За другим способом метал топлять електрошлаковим способом у тиглі, з якого його потім виливають у ливарні форми.

Для виготовлення виливків складної конфігурації та значних розмірів доцільно поділити вилівок на окремі частини і, виготовивши їх, застосувати так звану технологію дотоплювання, що поєднує електрошлакове лиття з електрошлаковим зварюванням (див. рис. 6.3).

Застосування печей електрошлакового топлення для заливання рідкого металу у кокіль дає змогу значно підвищити їх стійкість, оскільки шлак, потрапляючи на поверхню кокіля, створює на ньому теплоізоляційний шар гарнісажу. Разом з цим зникає потреба покриття поверхонь кокілів.

Електронно-променевої та плазмово-дугової печі застосовують для виготовлення злитків і виливків на основі нікелю, кобальту, туготопких металів, а також спеціальних сталей. У цих печах отримують злитки круглого, квадратного та прямокутного перетинів значних розмірів, монолітних кілець і труб великого діаметра, а також металевих гранул. Топлення металів у цих печах забезпечує високий ступінь їх чистоти та однорідності. Недоліком їх є порівняно висока вартість виливків.

Устаткування для комор шихти, топильних і розливальних дільниць складається з вагранок, електричних печей, мостових магнітних кранів, конвеєрів, бункерів, підіймачів (ковшових, бадійних скипових), елеваторів, відцентрових і поршневих вентиля-

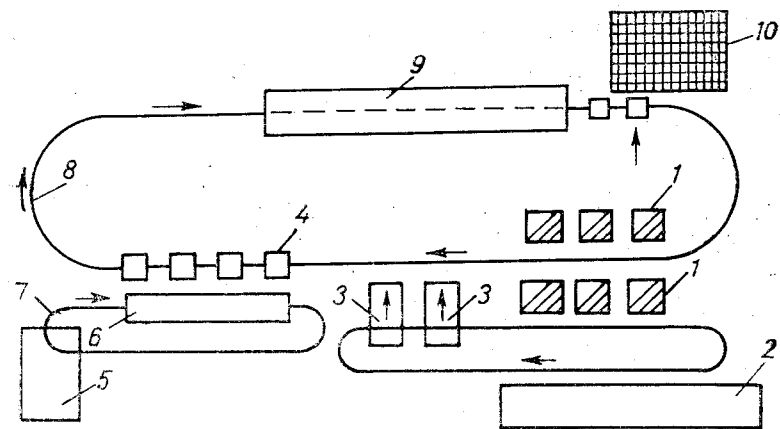


Рис. 7.1. Схема автоматизованої лінії лиття в піщано-глиняні форми: 1 — формувальні машини; 2 — контейнери з шийками; 3 — столи для складання форм; 4 — готові форми; 5 — піч із рідким металом; 6 — розливальний ківш; 7, 8 — конвеєри; 9 — охолоджувальна камера; 10 — вибивні гратки.

торів для піддування вагранок, розливальних ковшів зі засобами механізації та автоматизації керування ними.

Крім вказаного устаткування ці дільниці обладнують вибивними гратками (механічними, пневматичними), коромислами та індивідуальними накладними вібраторами. Пневматичні вибивні гратки мають значний недолік — запилюють атмосферу дільниць. Для вибивання шишок з виливків застосовують пневматичні, вібраційні та гідравлічні машини.

Очищення виливків від ливникової системи та прибутків виконують за допомогою молотків, стрічкових і дискових пилок, гідравлічних пресів, піско- та шротометних машин, галтувальних барабанів із шротометними пристроями та абразивами, шліфувальних верстатів (стаціонарних, маятникових, переносних).

У багатосерійному та масовому виробництві застосовують автоматичні машини та лінії, призначені для очищення окремих типів виливків.

Для очищення повітря цехів і дільниць використовують відсмоктувальні парасолі та кожухи з трубопроводами та струшувальними решітками, мокрі фільтри, циклони, інерційні пиловідокремлювачі та тканинні рукавні фільтри.

Раціональним та ефективним є застосування гідравлічного транспортування відпрацьованих сумішей, що значно очищає повітря. Приклад схеми автоматизованої лінії лиття у піщано-глиняні форми зображено на рис. 7.1.

7.4. Форми та правила оформлення документації на ТП виготовлення виливків

Комплектність технологічної документації, призначення документів, визначення та загальні правила їх виконання викладені у державних стандартах. Розглянемо основні технологічні документи та правила їх оформлення.

Види, форми, комплектність і правила оформлення документів на ТП лиття заготованок регламентовані ГОСТ 3.1401-85. Відповідно до вимог стандарту для розроблення та оформлення документів на одиничні, типові та групові технологічні процеси (ОТП, ТТП і ГТП) основних способів лиття заготованок, разом із виготовленням шишок та обробленням виливків, як основні, визначені: карти технологічної інформації (КТИ) на процеси виготовлення шишок, лиття в оболонкові форми, в цокіль, за витопами моделями, під тиском, електрошлакове лиття, оброблення виливків; операційна карта (ОК) та відомість шишок (ВШ).

Допоміжними документами, необхідність яких визначає розробник ТП, вважають: маршрутну карту (МК) за ГОСТ 3.1118-82, карту ескізів (КЕ) за ГОСТ 3.1105-84, відомість технологічних документів (ВД) за ГОСТ 3.1122-84 та технологічну інструкцію (ТИ) за ГОСТ 3.1110-84. Комплектність документів визначає розробник ТП залежно від типу виробництва, дібраних способів виготовлення виливків та розроблених видів ТП.

Будь-який комплект технологічних документів повинен мати титульний аркуш, який підписують відповідальні особи, що надають всьому комплекту силу стандарту (держави, галузі, підприємства).

Для оформлення технологічних документів ГОСТ 3.1401-85 передбачено 15 стандартних форм, визначено сферу їх застосування та правила заповнення. У стандарті вказано комплектність документів для розроблення ТП на стадіях попереднього проекту, дослідного зразка та серійного виробництва, а також залежно від типу ТП (одиничний, типовий чи груповий) і типу виробництва (одиничне, серійне чи масове).

Приклади оформлення технологічних документів наведені у відповідних стандартах.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Структура ТП лиття заготованок.
2. Типові операції ТП лиття заготованок.
3. Оригінальні ТО виготовлення виливків у піщано-глиняних формах.
4. ТО виготовлення виливків за витопами моделями.
5. Оригінальні ТО виготовлення виливків в оболонкових формах.

6. З якою метою виконують термічне оброблення виливків?
7. Яке термічне оброблення застосовують для виливків зі сталі?
8. Термічне оброблення виливків із чавуну.
9. З якою метою виконують термічне оброблення виливків із кольорових металів?
10. Що таке модельний комплект?
11. Устаткування для приготування формувальних і шпикових суміщей.
12. Яке устаткування застосовують для виготовлення ливарних форм?
13. Класифікація та призначення топильних печей.
14. Застосування індукційних печей.
15. Переваги та недоліки електродугових печей.
16. Особливості печей для електрошлакового лиття.
17. Застосування електронно-променевих і плазмово-дугових печей.
18. Устаткування для звільнення форм та очищення виливків.
19. Перелічіть основні документи для ТП виготовлення виливків.
20. Перелічіть допоміжні документи для ТП виготовлення виливків.
21. Хто і як визначає комплектність технологічної документації?

КОНСТРУЮВАННЯ ВИЛИВКІВ

8.1. Основні положення та рекомендації

Конструювання виливків, як і заготованок взагалі, тісно пов'язане з конструюванням деталей чи виробів, що будуть з них виготовлені. Створення конструкції та розроблення креслення виконують одночасно з добором способу виготовлення заготовки та основних технічних вимог до неї.

Технічні вимоги до заготовки зумовлені вимогами до готової деталі чи виробу. Якість і конструкція заготовки забезпечуються властивостями дібраного матеріалу, способом виготовлення заготовки, формою організації виробництва та його типом. Дібраний спосіб отримання заготовки зумовлює вимоги з безпеки праці та екологічної чистоти виробництва, визначає потребу в трудових і матеріальних ресурсах, разом з транспортом і складами, необхідність механізації та автоматизації виробничих процесів, трудомісткість і вартість подальшого оброблення різанням.

У процесі конструювання керуються вимогами державних, галузевих і заводських стандартів, враховують передовий досвід. Ці вимоги наведені в довідковій та спеціальній літературі [30, 31, 32].

Конструкція вилівка, як і будь-якої іншої заготовки, повинна відповідати всім вимогам службового призначення деталі чи виробу, а також дібраному способу її отримання та умовам виробництва.

Ефективність використання виливків, як заготованок, значно залежить від вдало дібраного способу його отримання. Виготовлення виливків спеціальними способами лиття дає змогу отримувати заготовки, що не вимагають значних обсягів подальшого їх оброблення. Ці способи забезпечують тонкостінні конструкції, незначні ливарні нахили, відносно малі отвори, мінімальні напуски та припуски на оброблення різанням, високу якість поверхонь тощо.

У процесі розроблення конструкції враховують технологічні можливості дібраного способу отримання вилівка. Наприклад, конструкції виливків, що виготовляються за витопними моделями, можуть мати мінімальні ливарні нахили, високу якість поверхонь, та, зважаючи на дещо вищу їх трудомісткість, у них небажаними

є внутрішні порожнини, отвори тощо, які ускладнюють виготовлення моделей та ливарних форм.

Для виливків, виготовлених в оболонкових формах, розробляють конструкції, що не вимагають складної конфігурації форм, шишок, більше ніж однієї поверхні рознімання форми тощо. Конструкції виливків, що утворюються під тиском, мають відповідати вимогам рівності форми, тонкостінності, забезпечувати мінімальну кількість площин рознімання форми, рівномірне та одночасне заповнення форми рідким металом, його кристалізацію тощо.

Особливу увагу приділяють встановленню оптимальних значень товщини стінок виливків, залежно від призначення деталі чи виробу, дібраного матеріалу, способу лиття, конфігурації, розмірів тощо. З метою зменшення матеріаломісткості добирають мінімальні товщини стінок, а для забезпечення необхідної міцності та жорсткості передбачають відповідну конфігурацію стінок, ребра жорсткості, виступи тощо. Товщину стінок визначають розрахунками чи за допомогою номограм або таблиць, наведених у довідковій та спеціальній літературі.

Напуски призначають тільки для випадків, коли отвори, западини, порожнини недоцільно отримувати литтям. Використання шишок дає змогу уникати напусків, але ускладнює ливарну форму та відповідно збільшує вартість вилівка. Напуски звичайно усувають шляхом оброблення різанням. Тому потрібно зважувати, що доцільніше — не передбачати їх, чи, передбачивши, потім видалити різанням? Для їх призначення іноді користуються методом тіней (рис. 8.1), що дає змогу просто та швидко підвищувати технологічність виливків.

До напусків належать і ливарні нахили, що забезпечують можливість безперешкодного виймання моделей та готових виливків із форм.

Мінімальні діаметри отворів, які можуть бути виготовлені литтям, залежать від розмірів і маси вилівка, товщини стінки чи довжини отвору, марки матеріалу, способу отримання вилівка тощо [30, 31, 32, 36].

Значну увагу в процесі конструювання виливків приділяють добору ливарних форм та розміщенню у них виливків із урахуванням напрямків і швидкості кристалізації їх металу. Відповідальні елементи вилівка розміщують у нижній частині ливарної форми, а потовщені — у верхній частині чи збоку. Великі плоскі поверхні не слід розміщувати у верхній частині форми, але, якщо це необхідно, то такі поверхні роблять ребристими, випуклими чи увігнутими. Це запобігає руйнуванню верхньої частини форми променевою енергією розтопленого металу.

Для ліпшого виведення газів шишки у ливарних формах розміщують вертикально з виходом у верхню частину форми. Виливок і ливникову систему слід розташовувати у формі так, щоб забез-

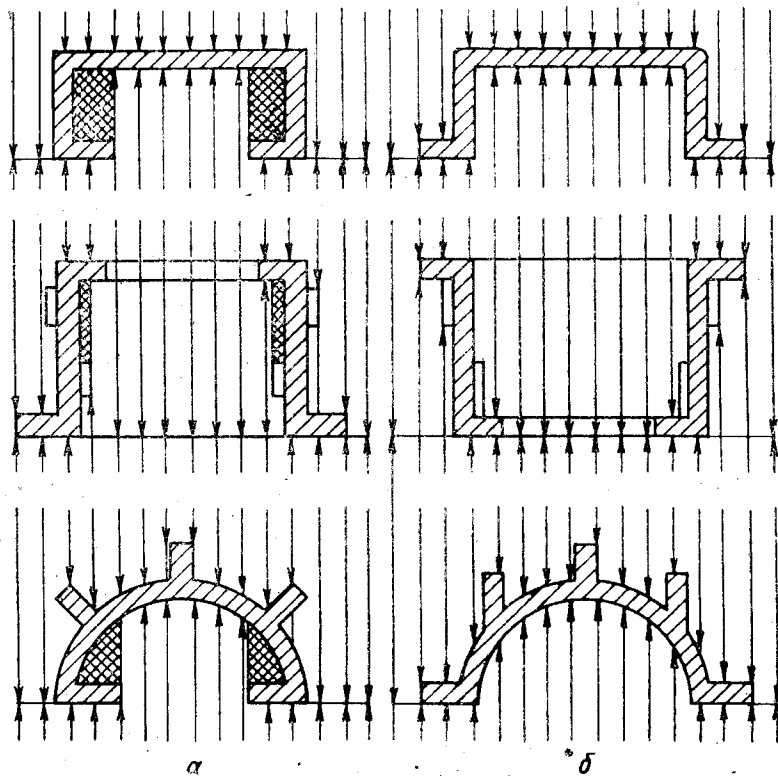


Рис. 8.1. Визначення технологічності виливків методом тіней:
а — нетехнологічно; б — технологічно.

печити її заповнення рідким металом з належною швидкістю та без руйнування.

Заповнення форми рідким металом має відповідати вимогам направленої кристалізації виливка знизу догори. У цьому разі порожнини та неметалеві домішки виводяться у верхні шари виливка та усуваються в процесі його подальшого оброблення як прибутки, припуски на оброблення різанням тощо.

Поверхні, що пов'язані між собою точними розмірами, розташовують в одній частині форми. Виливки розміщують у формі так, щоб їх висота була меншою за горизонтальні розміри, а осі тіл обертання були вертикальними. Це сприяє виведенню газів під час кристалізації виливка.

Значну увагу в процесі конструювання виливка приділяють визначенню форми та розмірів його базових поверхонь, які використовують для встановлення та закріплення виливків у при-

строях металорізальних верстатів для подальшого оброблення.

Розрізняють *чорнові* та *чистові* базові поверхні, а також *конструкторські* та *технологічні*. Конструкторські бази, за які беруть поверхні, осі чи точки, задають розташування деталі відносно інших деталей у більш складному виробі (вузол, агрегат, машина тощо). Від конструкторських баз залежать розміри поверхонь.

Технологічні бази поділяють на *установлювальні* та *вимірювальні*, що забезпечують надійне встановлення виливка під час його оброблення різанням, вимірювання та контролю.

Чорнові бази служать для встановлення виливків на металорізальних верстатах під час оброблення чистових баз. Бажано, щоб конструкторські та технологічні бази збігалися, тобто щоб одні й ті ж поверхні, осі, точки були одночасно конструкторськими та технологічними базами. Якщо вони не збігаються, то їх намагаються виконати на мінімальній відстані одна від одної. Для виливків, у яких за допомогою різання обробляються не всі поверхні, чорновими базами вважають поверхні, що не підлягають обробленню. Для виливків, у яких обробляються всі поверхні, за чорнові бази приймають поверхні, що забезпечують їх надійне встановлення у верстаті та мають менші припуски.

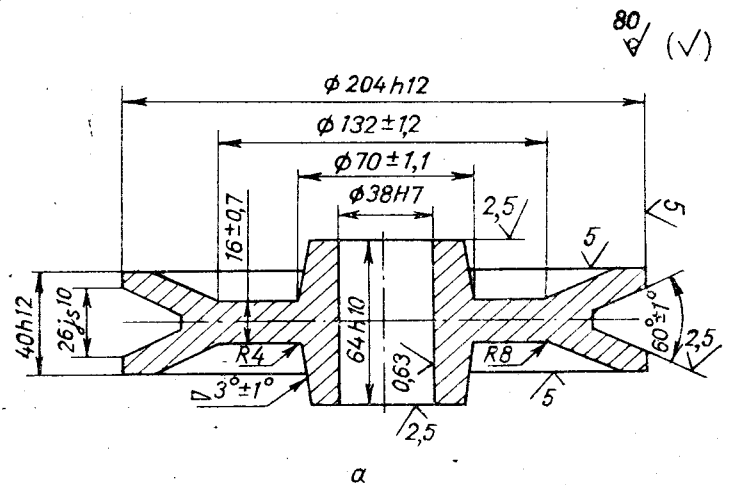
Чорнові бази повинні мати задану форму та розміри, бути рівними, без ливників, виступів, нахилів тощо. В конструкції виливка треба передбачити можливість прикладання зусиль для надійного його закріплення на оброблювальному верстаті без зайвого деформування.

Чорнова база за формою та розмірами має забезпечувати надійне встановлення та закріплення виливка на верстаті; чорнові бази мають розташовуватись в одній напівформі; їх слід позначати по одній для кожної осі координат; розміри між поверхнями чорнових і чистових баз мають бути мінімальними.

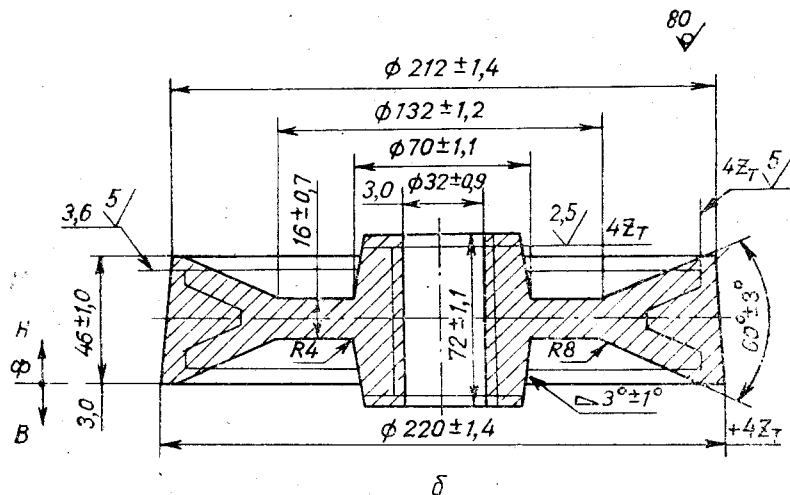
Наприклад, на рис. 8,2, б зображено виливок шківів, у якого чорновими базами можуть бути одна з торцевих поверхонь $\varnothing 212 \pm 1,4$ чи $\varnothing 220 \pm 1,4$ (вісь Z) та зовнішня поверхня обода $\varnothing 220 \pm 1,4$ (вісь X і Y). Чистовими базами відповідно є оброблені друга торцева поверхня обода та отвір для осі шківів.

У процесі конструювання виливків із кольорових металів та їх стопів для забезпечення підвищеної міцності окремих частин виливків їх часто армують частинами, виготовленими з інших матеріалів [32].

Дібравши спосіб виготовлення виливка, розташування його у формі для лиття, площини рознімання форми, конструкцію та кількість шишок, позначають припуски на всі поверхні, що підлягають обробленню різанням, напуски, нахили та радіуси заокруглень. Після цього визначають остаточну форму виливка та його розміри, шорсткість поверхонь і технічні вимоги до нього.



а



б

Рис. 8.2. Шків (а) та виливок (б) з сірого чавуну, виготовлений у піщано-глиняній формі.

8.2. Особливості забезпечення технологічності конструкцій виливків

Крім вищезгаданих вимог до технологічності конструкцій заготовок до виливків ставлять вимоги, що зумовлені ливарними властивостями конструкційних матеріалів і технологічними можливостями дібраного способу їх виготовлення. Кожний із матеріалів

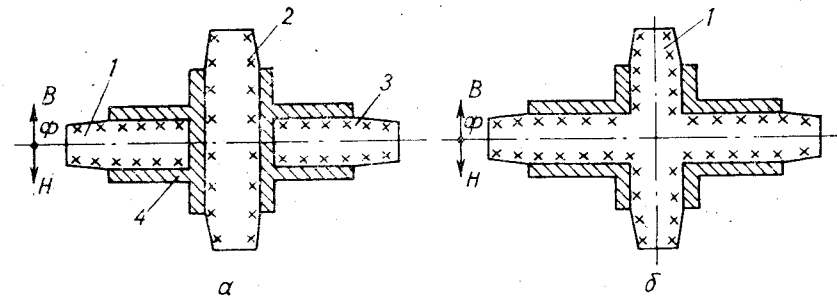


Рис. 8.3. Конструкція виливка хрестовини нетехнологічна (а), технологічна (б); 1, 2, 3 — шишки; 4 — жеробійки.

лів і способів виготовлення виливків має свої вимоги до забезпечення технологічності конструкції виливка, та є вимоги, спільні для багатьох із них. У всіх випадках прямують до спрощення форми, забезпечення рівностінності, плавності переходів поверхонь, зменшення габаритів, особливо за висотою, відсутності чи мінімальної кількості внутрішніх порожнин тощо.

Товщину стінок і ливарні нахили встановлюють з урахуванням мінімальних значень для заданого матеріалу, способу виготовлення виливка, його форми та розмірів. Конструкція виливка повинна забезпечувати виготовлення ливарної форми з мінімальною кількістю площин рознімання, шишок, вставок, жеробійок тощо. Внутрішні порожнини не мають перешкоджати вільному виходу газів із шишок. Для цього закриті порожнини повинні мати технологічні вікна достатніх розмірів, а виливки відповідно розташовуватись у формі.

Встановлення шишок за допомогою жеробійок небажане, оскільки останні не завжди добре зварюються з основним металом (рис. 8.3).

Раковин та порожнин, що виникають від усідання металу, можна уникнути, забезпечивши рівномірність перебігу процесу кристалізації. Для цього перетин

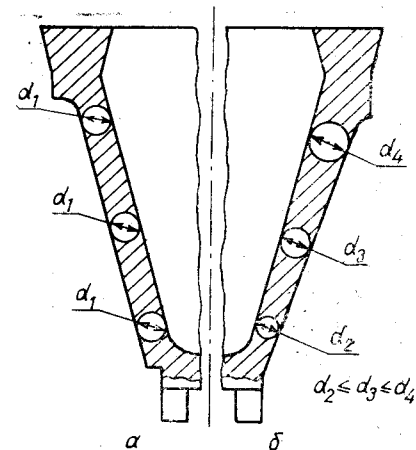


Рис. 8.4. Твердження виливків: а — рівномірне; б — поступово-спрямоване.

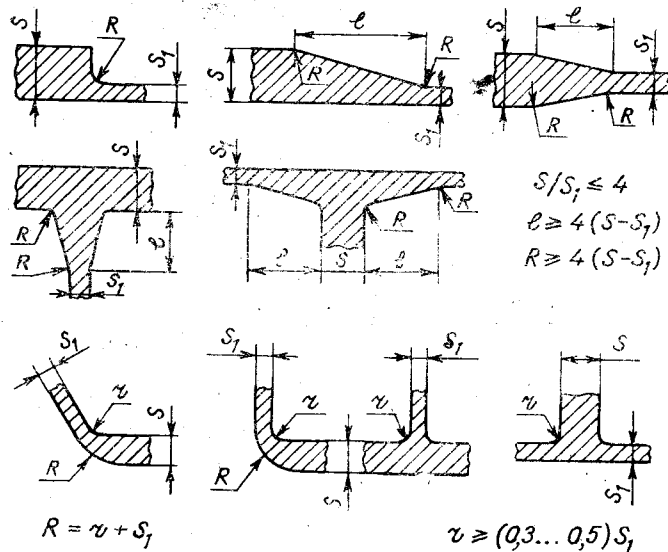


Рис. 8.5. Спряження стінок різної товщини.

вертикальних стінок виливка повинен рівномірно збільшуватись з його висотою. У випадку однакових горизонтальних розмірів вздовж однієї з осей координат перевіряють цю вимогу за допомогою діаметра вписаних кіл у вертикальну стінку виливка (рис. 8.4).

Значну увагу приділяють забезпеченню рівностінності виливків та плавності переходів від однієї поверхні до іншої. Для спряження стінок виливків керуються рекомендаціями довідкової та спеціальної літератури [31, 32, 36], що зводяться в основному до забезпечення плавних переходів та усунення можливих тріщин, раковин, внутрішніх напружень, жолоблення виливків тощо. Можливі варіанти деяких спряжень стінок різної товщини зображені на рис. 8.5.

Значення радіусів заокруглень і лінійних розмірів перехідних елементів стінок, що залежать від різниці товщин стінок і матеріалу виливка, наведені в довідковій літературі [31, 32].

Для збільшення міцності тонкостінних виливків часто передбачають ребра жорсткості. Це призводить до підвищення концентрації напружень, а в місцях перетину ребер із основною стінкою — до концентрації зайвого металу. Щоб поліпшити технологічність такого виливка, потрібно забезпечити вільну деформацію ребер під час кристалізації металу. Для цього ребра розташовують перпендикулярно до площини рознімання форми. Товщину ребер ре-

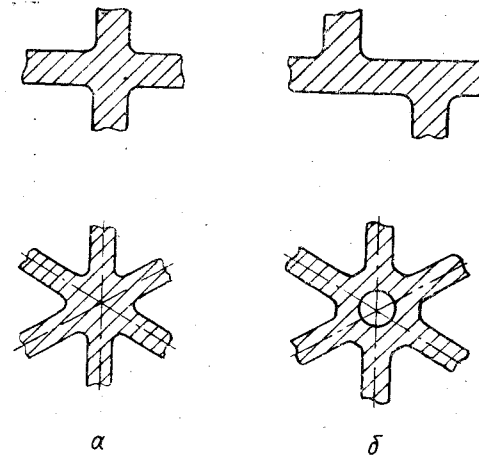


Рис. 8.6. Перетин ребер в одному вузлі:
а — нетехнологічний; б — технологічний.

комендують виконувати від 0,6 до 0,8 товщини стінки, а висоту — меншу ніж п'ять товщин стінок.

Ребра розміщують так, щоб у одному вузлі сходилось менше ніж три стінки (рис. 8.6). Часто для зменшення скупчення металу у вузлах спряження декількох ребер передбачають отвори.

Для виливків зубчастих коліс, шківів, зірок, маховиків тощо важливо забезпечити рівномірну кристалізацію маточини, спиць та ободу. Для зменшення залишкових напружень у таких виливках рекомендують спиці робити вигнутими (рис. 8.7), поперечні перетини спиць — овальними з рівномірно збільшуваним перети-

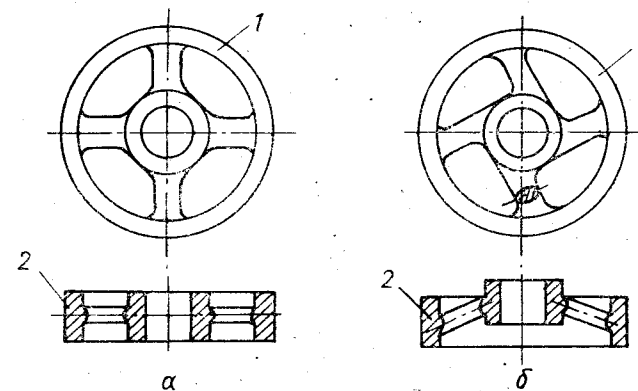


Рис. 8.7. Виливки шківів (1) та зубчастого колеса (2);
а — нетехнологічні; б — технологічні.

ном у напрямку від обода до маточини, а маточини — тонкостінними.

Для поліпшення технологічності конструкції виливків уникають спряжень їхніх стінок під гострими кутами, великих плоских поверхонь, роблять виливки симетричними, надають їм жорсткої форми, а у разі необхідності отримання значних плоских поверхонь розміщують їх у нижній частині форми.

8.3. Правила виконання креслень виливків

Креслення виливків виконують за вимогами стандартів ЄСКД на основі креслення деталі чи виробу та технічних вимог до заготованки. Креслення виливка має містити всі необхідні дані для його виготовлення та контролю якості. Контури поверхонь, що підлягають обробленню різанням, наводять суцільними тонкими лініями (див. рис. 8.1) без нанесення їх розмірів. Значення припусків на механічне оброблення допускається проставляти поруч зі знаком шорсткості поверхні, яку вона повинна мати після оброблення різанням. Припуск на механічне оброблення позначають літерою *T* з відповідним знаком і наносять на продовжені розмірні чи виносні лінії. На кресленні виливка виконують умовні позначення поверхонь рознімання форми та моделі, розташування виливка у формі.

Розміри виливка проставляють з таким розрахунком, щоб розмірні ланцюги були коротшими, а замикальними ланками були розміри, до точності яких не ставлять високі вимоги.

8.4. Допуски розмірів, маси та припуски на оброблення різанням

Відповідно до вимог ГОСТ 26645-85 «Отливки из металлов и сплавов. Допуски размеров, массы и припуски на механическую обработку», що розповсюджується на виливки з чорних і кольорових металів і стопів, встановлено 22 класи точності розмірів і мас виливків (1, 2, 3 т, 3... 15, 16) для інтервалів лінійних розмірів у межах 0... 10 000 мм і мас 0... 25 000 кг, 10 ступенів жолоблення та 6 рядів припусків на оброблення різанням.

Допуски розмірів і мас виливків визначають залежно від класу точності та розмірів і мас виливків. Припуски на оброблення різанням складаються з основного та додаткового значень. Основне значення припуску залежить від допуску та номера ряду припуску, а додаткове — від допуску розміру та найбільшої похибки розташування поверхонь, яку визначають залежно від зсуву елементів виливка та його жолоблення. Додатковий припуск призна-

чають тільки тоді, коли він перевищує половину допуску розміру виливка.

У дод. 1.5 для встановлення основного значення припуску наведено два його значення для кожного з інтервалів допусків. Менші з них приймають для більш грубих квалітетів точності розмірів оброблюваних поверхонь згідно з дод. 1.6, а більші — для точніших квалітетів точності. У разі підвищених вимог до точності оброблюваних поверхонь беруть найбільший припуск.

Отримані основні припуски призначають для поверхонь виливків, що розміщені в нижній та бічній частині форми. Для поверхонь виливків, розміщених у верхній частині форми, рекомендують збільшувати значення припуску до значення, взятого з наступного ряду припусків.

Припуск для кожної з поверхонь визначають як суму основного та додаткового його значень.

Ступінь жолоблення виливка залежить від його форми та розмірів, товщини стінок, наявності ребер жорсткості, режимів заливання форми тощо. Для визначення ступеня жолоблення іноді доцільно користуватись відношенням найменшого з габаритів виливка до найбільшого. Для значень цього відношення більших за 0,20 рекомендують 1—7 ступені жолоблення, для 0,05—0,20 — 2—8 ступені, а для значень менших за 0,05 — 4—10 ступені жолоблення. Менші з перелічених ступенів жолоблення належать до простих за формою виливків із легких кольорових стопів, а більші — до складних виливків з чорних стопів, що підлягають термічному обробленню.

Допуски кутових розмірів виливків у перерахунку на лінійні не повинні перевищувати значень, встановлених для лінійних розмірів. Допуски розмірів елементів виливка, що утворені двома напівформами, перпендикулярними до площини рознімання, призначають відповідно до класу точності розмірів виливка.

Допуски розмірів елементів, утворених однією частиною форми чи однією шишкою, встановлюють на 1—2 класи точніше. Допуски розмірів елементів, що утворені трьома та більше частинами форми, кількома шишками чи рухомими елементами форми, а також товщини стінок, ребер і фланців встановлюють з точністю, нижчою на 1—2 класи. Допуски розмірів від оброблюваної поверхні, що є базою, до литої поверхні призначають на 2 класи точніше.

Допускається встановлювати симетричні та несиметричні відхилення розмірів виливка. Рекомендується надавати перевагу такому розташуванню полів допусків: несиметричне одnobічне «в тіло» — для розмірів елементів виливка (крім товщини стінок), розташованих в одній частині форми та механічно не оброблюваних, і симетричне — для розмірів усіх інших елементів виливка.

Стандартом передбачено умовне позначення точності виливка на кресленні і в технічній документації. Наприклад, для виливка

8 класу точності розмірів, 7 класу точності маси, 5 ступеня жолоблення та 4 ряду припуску на оброблення різанням воно матиме вигляд:

точність виливка 8—7—5—4 ГОСТ 26645-85.

Ступінь жолоблення та ряд припуску можна не вказувати. Числові значення допусків і припусків наведені у дод. 1. Ливарні нахили призначають на поверхні, що перпендикулярні до площини рознімання ливарних, модельних чи шишкових форм з метою полегшення виймання моделі чи шишки з форми в процесі їх виготовлення. Значення нахилів залежить від розмірів поверхонь, способу виготовлення виливка, матеріалу модельного комплекту та формувальної суміші, використовуюваного устаткування, спорядження тощо. Для оброблюваних поверхонь нахили встановлюють так, щоб забезпечити мінімальні припуски на оброблення різанням для всієї поверхні (рис. 8.1, б), а для необроблюваних — щоб отримати належні товщини стінок для забезпечення виконання виливком свого функціонального призначення (міцності, герметичності, естетичної форми тощо).

Спряження поверхонь виливків рекомендується виконувати із заокругленнями. Радіуси заокруглень наведені в довідковій літературі [26, 36].

8.5. Технічні вимоги до виливків та їх дефекти

Технічні вимоги до виливків, що визначають їх якість, наведені у державних і галузевих стандартах чи в кресленнях і стандартах підприємств. У них вказані конструкція виливка, розміри та їх відхилення, допуски форми та взаємного розташування поверхонь, ливарні нахили, радіуси заокруглень, допустимі значення зсуву опок, необхідність забезпечення герметичності стінок виливка та способи її перевіряння, шорсткість поверхонь, твердість і стан поверхневих шарів, дані про види, кількість, допустимі розміри та місця розташування ливарних дефектів (шпаристість, тріщини, порожнини, раковини, глибина знеуглецьованого шару тощо), допустимість їх виправлення та способи виконання, марка матеріалу виливка, необхідність термічного оброблення, покриття поверхонь виливка, місце для взяття проби матеріалу, місце маркування, його зміст і спосіб нанесення, маса виливка тощо.

Загальні вимоги до виливків, що наведені в державних стандартах і входять в обсяг стандартних умовних позначень, можна окремо у кресленнях не вказувати, якщо вони мають належні позначення.

У стандартах і кресленнях слід викласти методику та засоби для виконання технічних вимог.

Загальні технічні вимоги, методи їх виконання, засоби та обсяги випробовувань для виливків з конструкційної легованої та нелегованої сталі викладені в ГОСТ 977-75, а для виливків з легованого та нелегованого чавуну з пластинчастим, вермикулярним чи кулястим графітом і ковкого чавуну — в ГОСТ 26358-84.

Сталеві виливки, відповідно до їх застосування та кількості контрольованих показників, поділяють на три групи: I група — виливки загального призначення, II група — виливки відповідального призначення та III група — виливки особливо відповідального призначення. Наприклад, умовне позначення виливка II групи, виготовленого зі сталі марки 25Л, що міститься в графі «матеріал» робочого креслення, записують як Сталь 25Л — II ГОСТ 977-75.

У потоково-масовому виробництві виливки на групи не ділять. Конструктор визначає клас точності виливка, ряд припусків, ступінь жолоблення та інші технічні вимоги, погоджує їх зі споживачем і виготовлювачем виливків і заносить до технічної документації.

На якість виливків впливають такі фактори, як температура рідкого столу, час заповнення порожнини форми рідким металом, ступінь заповнення ливникової системи, висота струменя, якість ливарної форми тощо.

Для поверхневого легування виливків застосовують покриття ливарної форми легувальними елементами. Наприклад, для утворення карбідів, що підвищують зносостійкість форми та усувають крихкість виливків, як легувальні елементи вводять вуглець, телур і марганець, а для зменшення залишкових напружень, відбілювання та поліпшення оброблюваності різанням — такі графітувальні легувальні елементи, як кремній, титан та алюміній.

Серед різноманітних дефектів виливків слід відзначити ще можливі газові та повітряні порожнини, піщані та шлакові домішки, пригоряння, гарячі та холодні тріщини, жолоблення, неспаювання, «мороз» тощо.

Для усунування деяких дефектів виконують такі операції, як заварювання, залютовування, замазування, просочування тощо. Та найвищу якість виливків, як і заготованок взагалі, можна забезпечити не виправлянням дефектів, а шляхом усунування їх причин.

8.6. Застосування виливків у машинобудуванні

Виливки широко застосовують у машинобудуванні. Внаслідок лиття отримують як готові вироби, так і заготованки від дуже великих за розмірами та масою до малих та тонкостінних. Корпусні деталі, що вимагають високої жорсткості, міцності та часто є основою, на яку встановлюють і закріплюють цілі механізми, агре-

гати та окремі деталі, виготовляють із виливків зі сірого чи ковкого чавуну, сталі та алюмінієвих стопів.

У багатосерійному та масовому виробництві литтям виробляють станини металорізальних верстатів, корпуси машин, турбін, двигунів, генераторів, помп, редукторів, картери передніх і задніх мостів, маточини коліс транспортних машин, блоки циліндрів, головки двигунів, кронштейни вузлів та агрегатів, великі колінчасті вали двигунів внутрішнього згоряння, колеса турбін, шківні, шестерні, фланці, втулки, вклади, гільзи, диски, поршні, поршневі кільця компресорів, двигунів внутрішнього згоряння, пневмо- та гідроциліндрів, захисні кожухи тощо.

Корпусні деталі, як правило, мають складну конфігурацію, отвори, розташовані у різних площинах, фасонні внутрішні порожнини, канали, ребра, перегородки тощо. До корпусних деталей часто висувають високі вимоги щодо точності їх розмірів, форми та взаємного розміщення поверхонь, їх шорсткості, герметичності стінок тощо.

Для виготовлення виливків корпусних деталей здебільшого застосовують лиття в земляні форми з використанням металевих моделей та значної кількості шишок; для утворення сталевих виливків відповідальних деталей — лиття в оболонкові форми та лиття за витопними моделями, а для формування виливків корпусних деталей із алюмінієвих стопів — лиття в кокіль, під тиском (високим і низьким) і рідше — в земляні форми. Якісні виливки, в порівняно чистих в екологічному відношенні умовах праці, в серійному виробництві отримують литтям у кокілі та під тиском.

Виливки корпусних деталей часто виготовляють зі сірого чавуну марок СЧ21, СЧ28, сталі — 20Л, 30Л, силуміну — АЛ-4, АЛ-5, АЛ-9. Складні за конфігурацією та великогабаритні корпусні деталі роблять зі складаних заготовок.

Як приклад корпусної деталі відносно простої форми на рис. 8.8 зображена маточина переднього колеса вантажного автомобіля. Заготовкою маточини є вилівок з ковкого чавуну. Маточина призначена для розміщення в ній вальниць кочення підвищення передніх коліс автомобіля, тому до неї висувають високі вимоги з міцності, точності розмірів, форми та взаємного розташування відповідальних поверхонь.

В компресорно- та автомобілебудуванні з виливків отримують дискові та тронкові поршні (рис. 8.9). Найбільш розповсюдженим матеріалом для їх виготовлення є сірий чавун марок СЧ21, СЧ24 та СЧ28. Добір його в основному пояснюється тим, що сірий чавун має добрі антифрикційні властивості та створює сприятливі умови роботи пар циліндр—поршень і поршневе кільце—поршень, характеризується достатньою міцністю, твердістю, щільністю, зносостійкістю, що забезпечує високі експлуатаційні характеристики від-

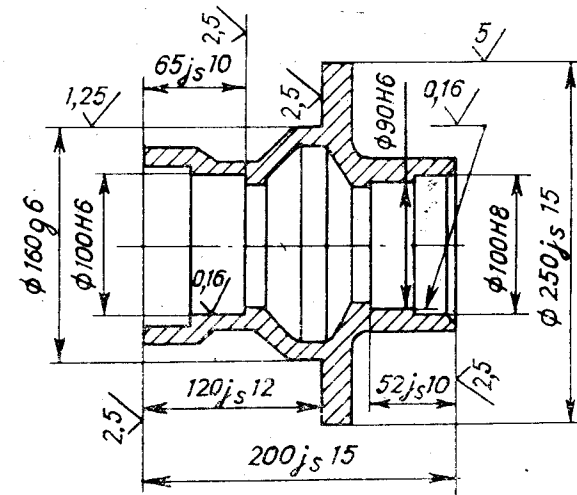


Рис. 8.8. Маточина переднього колеса автомобіля.

повідальних вузлів машин. Чавун, окрім цього, має високі ливарні властивості та є одним із найдешевших матеріалів. Для виготовлення поршнів менших розмірів використовують також силуміни та сталь.

Дискові поршні низького тиску, а також поршні швидкохідних компресорів виготовляють з легких алюмінієвих стопів марок АЛ1, АЛ10В тощо. Ці виливки отримують литтям у кокілі. До відповідальних деталей двигунів та компресорів належать гільзи. Особливістю їх конструкції є відносно малі товщини стінок, значні

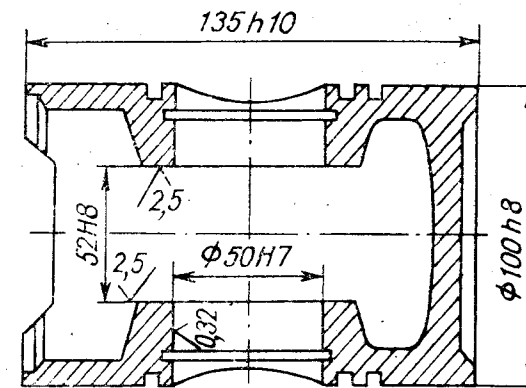


Рис. 8.9. Поршень двигуна внутрішнього згоряння.

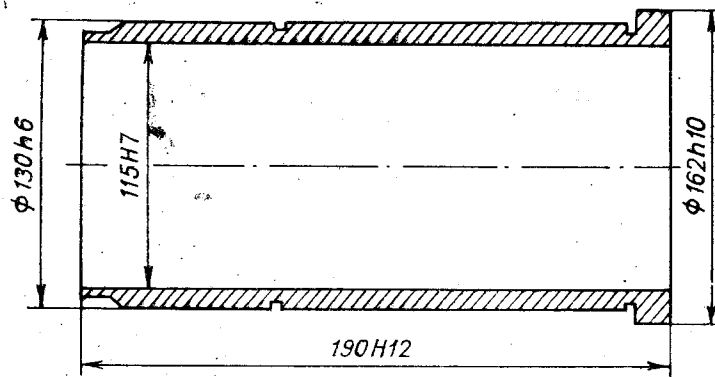


Рис. 8.10. Гільза компресора.

діаметри та довжини (рис. 8.10). Матеріалом для гільз служить сірий чавун марок СЧ21, СЧ24, СЧ28, СЧ32 та легований чавун.

Виливки для гільз отримують литтям у піщані форми з машинним формуванням за металевими моделями чи відцентровим литтям. Відцентрове лиття забезпечує вищу якість матеріалу гільз, ліпші умови праці та нижчу вартість заготованок. Сталеві гільзи здебільшого виготовляють із катаних труб.

Щільність з'єднання пари поршень—гільза з одночасним забезпеченням мінімального проміжку, необхідного для руху поршня в гільзі, досягають за допомогою поршневих кілець (рис. 8.11). На-

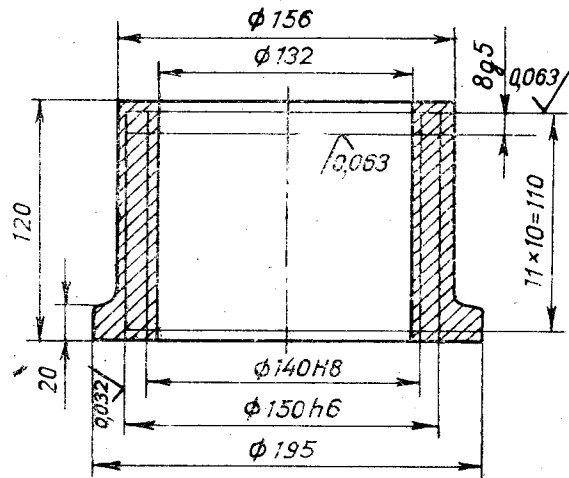


Рис. 8.11. Виливок (маслота) для поршневих кілець.

лежний ефект отримують за рахунок щільного прилягання кілець до дзеркала циліндра, малих проміжків між кільцями та стінками виточень поршня та лабіринтної дії (дроселювання тиску) набору кілець. На один поршень звичайно ставлять декілька кілець.

Матеріалом для поршневих кілець служить сірий чавун СЧ18, СЧ21, СЧ24, а також легований чавун з пластинчастим чи кулястим графітом. Виливки для декількох заготованок (маслоти) — це порожнисті циліндри з потовщенням (фланцем) з одного боку, що запобігає спотворенню форми під час її закріплення в пристроях для оброблення різанням. Маслоти для поршневих кілець виготовляють здебільшого відцентровим литтям і застосовують у серійному виробництві.

У багатосерійному та масовому виробництві заготованки поршневих кілець формують як окремі виливки для кожного кільця за допомогою багатопозиційних форм. У цьому разі малий перетин виливка забезпечує потрібну структуру матеріалу та його пружні властивості. Виливок має овальну форму, що близька до форми кільця у його вільному стані, з урахуванням припусків на оброблення різанням.

Литтям також виготовляють і такі відповідальні деталі, як колінчасті, кулачкові та східчасті вали для великих двигунів внутрішнього згоряння та компресорів. Такі вали отримують, як правило, із модифікованого легovanого чи високоміцного чавуну з кулястим графітом.

Виливки для великих валів виготовляють у земляних формах. Шийки вузлів роблять порожнистими, що дає змогу забезпечити належну рівномірність товщини стінок виливка. Заготованки для валів менших розмірів виливають за допомогою земляних чи оболонкових форм.

Порівняно з вільним куванням, яке часто використовується для отримання заготованок валів різної конфігурації та валів значних розмірів і мас, лиття дає змогу значно зменшити припуски на оброблення різанням, підвищити коефіцієнт використання матеріалу, зменшити вартість валів.

Литтям формують заготованки складних за конфігурацією деталей та громіздких конструкцій, що сприяє зниженню вартості та трудомісткості їх виготовлення. В умовах серійного та масового виробництва виливають заготованки робочих коліс компресорів, pomp, турбін, вентиляторів, центрифуг тощо.

8.7. Завдання та вправи

8.7.1. ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ НА ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ ТА РОЗМІРІВ ВИЛИВКІВ ТАБЛИЧНИМ СПОСОБОМ

Приклад 1. Визначити точність виливка, його основні розміри та їх відхилення для поршня двигуна внутрішнього згорання, ескіз якого зображено на рис. 8.9, виготовленого з алюмінієвого стому в умовах серійного виробництва.

Розв'язання. Виходячи із заданих умов, добираємо спосіб виготовлення виливків — лиття в кокіль під низьким тиском з піщаними шийками. Згідно з рекомендаціями ГОСТ 26645-85 (дод. 1.1) для дібраного способу лиття, габаритних розмірів виливка 100 до 630 мм, з кольорових металів, з температурою топлення нижче ніж 700 °С, знаходимо класи точності розмірів і мас виливків від 5 до 10 т та ряди припусків від 1 до 3. Як бачимо з дод. 1.1, для виливків середньої складності в умовах серійного виробництва рекомендуються середні значення класів точності та рядів припусків. Тому приймаємо для нашого випадку 7 клас точності та 2 ряд припусків.

Виходячи з дібраного способу виготовлення виливка, його геометричної форми (середньої складності), її симетричності, незначних розмірів, невеликої різностінності, високих ливарних властивостей матеріалу тощо, згідно з рекомендаціями ГОСТ 26645-85 (дод. 1.4) приймаємо 6 ступінь жолоблення виливка. У підсумку маємо вилівок, точність якого: 7—7—6—2 ГОСТ 26645-85.

За таблицями вказаного стандарту знаходимо допуски розмірів виливка (дод. 1.2), для розмірів 52Н8 і Ø50Н7 маємо 1,10 мм, а для розмірів Ø100h8 і 135h10 — 1,20 мм. Оскільки всі вказані розміри виконують в одній частині ливарної форми, то згідно з рекомендаціями стандарту допускається зменшити допуски вказаних розмірів на 1—2 класи точності, тобто, приймаємо 7-й клас точності. Тоді відповідно отримуємо: допуски для розмірів 52Н8 і Ø50Н7 — 0,90 мм, для розмірів Ø100h8 і 135h10 — 1,00 мм, граничні відхилення зсуву елементів виливка за дод. 1.3 становлять ±0,5 мм, граничні відхилення жолоблення виливка за дод. 1.4 дорівнюють ±0,16 мм, основний припуск за дод. 1.5 — 2,0 мм (за дод. 1.6 беремо більше значення, оскільки допуски всіх розмірів деталі точніші за 10-й клас точності), додатковий припуск за дод. 1.7 для всіх розмірів виливка 0,1 мм. Оскільки значення додаткового припуску менше за половину кожного з допусків, то, згідно з рекомендаціями стандарту, ним можна нехтувати.

Розміри та їх граничні відхилення визначимо так:

для розміру поршня 135h10 розмір виливка
 $(135+2\cdot 2,0)+1,0=139+1,0$;

для розміру поршня Ø100h8 розмір виливка
 $\varnothing(100+2\cdot 2,0)+1,0=104+1,0$;

для розміру поршня 52Н8 розмір виливка
 $(52-2\cdot 2,0)-0,9=48-0,9$;

для розміру поршня Ø50Н7 розмір виливка
 $\varnothing(50-2\cdot 2,0)-0,9=46-0,9$.

Враховуючи рекомендації стандарту про призначення відхилень розмірів «в тіло» і пам'ятаючи, що заокруглення розмірів можна робити за умови збільшення припусків, отримані розміри записуємо як

139+1,0 як 140—1,0; Ø104+1,0 як Ø105—1,0; 48—0,9 як 47+0,9; Ø46—0,9 як Ø45+0,9.

Приклад 2. Визначити точність виливка, його основні розміри та їх відхилення для маточини колеса вантажного автомобіля, ескіз якої показано на рис. 8.8, виготовленої з ковкого чавуну в умовах масового виробництва.

Розв'язання. Зі заданих умов добираємо спосіб виготовлення виливків — лиття в піщані форми. За рекомендаціями ГОСТ 26645-85 для дібраного способу лиття, заданих габаритних розмірів виливка до 630 мм з ковкого чавуну в умовах масового виробництва маємо: 7 клас точності розмірів і мас виливка та 2 ряд припусків. Виходячи з дібраного способу виготовлення виливка, його симетричної, нескладної форми з незначною різностінністю, невеликих розмірів, високих ливарних властивостей матеріалу виливка приймаємо за дод. 1.4 — 5 ступінь жолоблення виливка. У підсумку маємо точність виливка як 7—7—5—2 ГОСТ 26645-85. За таблицями вказаного стандарту знаходимо: допуски розмірів виливка за дод. 1.2 для розмірів Ø90Н6 і Ø100Н8 — 1,10 мм, для розміру Ø200j_s15 Ø250j_s15 — 1,40 мм, граничні відхилення зсуву елементів виливка за дод. 1.3 становлять ±0,5 мм, граничні відхилення жолоблення за дод. 1.4 дорівнюють ±0,24 мм, за дод. 1.5 основні припуски для розмірів Ø90Н6 і Ø100Н8 — 2,4 мм (беруть більше значення, бо розміри деталі точніші ніж 10-й клас точності), для розмірів 200j_s15 і Ø250j_s15 — 2,0 мм (приймають менше значення, оскільки допуски розмірів деталі більші за допуски 11-го класу точності), додаткові припуски за дод. 1.7 для всіх розмірів виливка — 0,2 мм, що менше за половину допусків і тому ними нехтуємо.

Розміри виливка і їх граничні відхилення визначимо

для розміру маточини Ø90Н6

$\varnothing(90-2\cdot 2,4)-1,1=\varnothing 85,2-1,1$ чи $\varnothing 84^{+1,1}$;

для розміру маточини Ø100Н8

$\varnothing(100-2\cdot 2,4)-1,1=\varnothing 95,2-1,1$ чи $\varnothing 94^{+1,1}$;

для розміру маточини Ø110Н6

$\varnothing(110-2\cdot 2,4)-1,2=\varnothing 105,2-1,2$ чи $\varnothing 104^{+1,2}$;

для розміру маточини 200j_s15

$(200 + 2 \cdot 2,0) + 1,4 = 204 + 1,4$ чи $206_{-1,4}$;
 для розміру маточини $250j_s 15$
 $\varnothing (250 + 2 \cdot 2,0) + 1,4 = \varnothing 254 + 1,4$ чи $\varnothing 256_{-1,4}$.

8.7.2. ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ
 НА ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ ТА РОЗМІРІВ ВИЛИВКІВ
 РОЗРАХУНКОВИМ СПОСОБОМ

Приклад 1. Визначити мінімальне значення припуску на оброблення різанням та розмір вилівка для поверхні $\varnothing 50H7$ поршня двигуна внутрішнього згорання, ескіз якого зображено на рис. 8.9, виготовленого з алюмінієвого стопу в умовах серійного виробництва.

Розв'язання. 1. Вибираємо структуру ТП оброблення поверхні $\varnothing 50H7$ поршня:

операція 015 — напівчорнове розточування поверхні отвору на спеціальному токарному верстаті;

операція 025 — напівчистове розточування поверхні отвору на спеціальному токарному верстаті;

операція 035 — напівчистове шліфування поверхні отвору на внутрішшліфувальному верстаті;

операція 050 — чистове шліфування поверхні отвору на внутрішшліфувальному верстаті.

2. Мінімальний сумарний припуск визначаємо згідно з (5.6) як

$$Z_{\Sigma \min} = Z_i \min + Z_{i-1} \min + Z_{i-2} \min + Z_{i-3} \min,$$

де $Z_i \min$, $Z_{i-1} \min$, $Z_{i-2} \min$, $Z_{i-3} \min$ — мінімальні припуски на оброблення різанням поверхні відповідно в операціях 050, 035, 025 і 015. Враховуючи, що $a=2$ та користуючись даними таблиць [31] чи дод. 10, 11, 16 та рекомендаціями параграфу 5.3, згідно з (5.3) та враховуючи, що після першого технологічного переходу для алюмінієвих стопів $F=0$, отримаємо для операції 050

$$Z_i \min = 2(R_{z_{i-1}} + F_{i-1} + \rho_{i-1} + \zeta_i) = 2(10 + 0 + 9 + 6) = 50 \text{ мкм} = 0,050;$$

для операції 035

$$Z_{i-1} \min = 2(R_{z_{i-2}} + F_{i-2} + \rho_{i-2} + \zeta_{i-1}) = 2(50 + 0 + 0 + 40) = 180 \text{ мкм} = 0,18;$$

для операції 025

$$Z_{i-2} \min = 2(R_{z_{i-3}} + F_{i-3} + \rho_{i-3} + \zeta_{i-2}) = 2(160 + 0 + 30 + 40) = 460 \text{ мкм} = 0,46;$$

для операції 015

$$Z_{i-3} \min = 2(R_{z_{i-4}} + F_{i-4} + \rho_{i-4} + \zeta_{i-3}) = 2(200 + 200 + 100 + 80) = 1160 \text{ мкм} = 1,160.$$

Сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = 0,050 + 1,80 + 0,460 + 1,160 = 1,850.$$

3. Мінімальне для внутрішнього розміру значення розміру вилівка для заданої поверхні знаходимо за (5.8)

$$A_{i-4} \min = A_i \min - Z_{\Sigma \min} - T_{i-1} - T_{i-2} - T_{i-3} - T_{i-4},$$

де T_{i-1} , T_{i-2} , T_{i-3} — допуски розмірів заданої поверхні для проміжних заготовок, що виготовляються в операціях 035, 025, 015 і можуть бути виконані (дод. 11) відповідно за 7, 10 і 13 квалітетами точності; T_{i-4} — допуск розміру заданої поверхні, що отримується литтям. Згідно з даними дод. 1 і 15 маємо:

$$T_{i-1} = 0,026; T_{i-2} = 0,110; T_{i-3} = 0,390; T_{i-4} = 0,900.$$

Підставивши отримані значення, отримаємо

$$A_{i-4} \min = 50 - 1,850 - 0,026 - 0,110 - 0,390 - 0,900 = 46,444.$$

Після заокруглення розмір заданої поверхні заготовки можна записати як $\varnothing 46,5^{+0,9}$ чи $\varnothing 47 \pm 0,45$.

Порівняння отриманого розміру з розміром цієї ж поверхні, визначеним табличним способом у прикладі 1 параграфу 8.7.1, свідчить, що розрахунковий спосіб дає змогу зменшити діаметральний припуск на 1,5 мм.

Приклад 2. Визначити мінімальне значення припуску на оброблення різанням і розмір вилівка для поверхні $\varnothing 110H6$ маточини колеса вантажного автомобіля (рис. 8.8), виготовленого з ковкого чавуну в умовах масового виробництва.

Розв'язання. 1. Вибираємо структуру ТП оброблення поверхні $\varnothing 110H6$ маточини:

операція 025 — напівчорнове розточування поверхні отвору на токарному верстаті;

операція 040 — напівчистове розточування поверхні отвору на токарному верстаті;

операція 055 — напівчистове шліфування поверхні отвору на внутрішшліфувальному верстаті.

2. Мінімальний сумарний припуск визначаємо згідно з (5.6) як

$$Z_{\Sigma \min} = Z_i \min + Z_{i-1} \min + Z_{i-2} \min,$$

де $Z_i \min$, $Z_{i-1} \min$, $Z_{i-2} \min$ — мінімальні припуски на оброблення різанням поверхні відповідно в операціях 055, 040 і 025.

Згідно з (5.3), враховуючи, що $a=2$, користуючись даними таблиць [31] чи дод. 10, 11 і 16 та рекомендаціями параграфу 5.3, отримаємо для операції 055

$$Z_{i \min} = 2(50 + 0 + 0 + 50) = 200 \text{ мкм} = 0,200;$$

для операції 040

$$Z_{i-1 \min} = 2(160 + 0 + 40 + 50) = 500 \text{ мкм} = 0,50;$$

для операції 025

$$Z_{i-2 \min} = 2(300 + 300 + 250 + 150) = 2000 \text{ мкм} = 2,00.$$

Сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = 0,200 + 0,500 + 2,000 = 2,70.$$

3. Мінімальне для внутрішнього розміру значення розміру вилівка для заданої поверхні запишемо згідно з (5.8) як

$$A_{i-3 \min} = A_{i \min} - Z_{\Sigma \min} - T_{i-1} - T_{i-2} - T_{i-3},$$

де T_{i-1} і T_{i-2} — допуски розмірів заданої поверхні для проміжних заготовок, які отримують в операціях 040 і 025 та можуть бути виконані, згідно з дод. 11, відповідно за 10 і 12 квалітетами точності; T_{i-3} — допуск розміру заданої поверхні для вилівка.

Відповідно до даних дод. 1 і 15 маємо:

$$T_{i-1} = 0,150; T_{i-2} = 0,350; T_{i-3} = 1,200.$$

Підставивши отримані значення,

$$A_{i-3 \min} = 110 - 2,700 - 0,150 - 0,350 - 1,200 = 105,600.$$

Тоді розмір заданої поверхні вилівка можна записати як $\varnothing 105,6^{+1,2}$ чи $\varnothing 106,2 \pm 0,6$.

Порівняння отриманого розміру з розміром цієї ж поверхні, визначеним табличним способом у прикладі 2 параграфу 8.7.1, свідчить, що розрахунковий спосіб дає змогу зменшити діаметральний припуск на 1,6 мм.

Завдання для самостійного розв'язування

1. Вибрати точність вилівка та визначити табличним способом припуски на оброблення різанням і розміри вилівка для всіх поверхонь, розміри яких вказані у табл. 8.1, для умов серійного виробництва згідно з даними, наведеними для варіантів 1—7.

2. Визначити розрахунковим способом мінімальні припуски на оброблення різанням і розміри вилівка для поверхонь деталей, наведених у варіантах 8—30 табл. 8.1, в умовах серійного виробництва.

Вихідні дані для завдання 1 і 2

Варіант	Рисунок	Назва матеріалу	Розмір поверхні, мм
1	8.1, а	Стоп АЛ-2	
2		Сталь 30Л	
3	8.8	Сталь 40Л	
4	8.9	Чавун СЧ28	
5	8.10	Чавун СЧ28	
6		Сталь 40Л	
7	8.11	Чавун АЧК-2	
8	8.9	Чавун СЧ28	52H8
9			Ø100h8
10		Чавун СЧ28	Ø135h10
11			Ø100h8
12	8.10		Ø130h6
13			Ø115H7
14			Ø162h10
15			190h12
16	8.1, а	Чавун СЧ20	15j ₁₂
17			Ø38H7
18			Ø204h12
19			64h10
20	8.8	Чавун ВЧ38	40h12
21			ф160g6
22			65j ₁₀
23			120j ₁₂
24			200j ₁₅
25			52j ₁₀
26			Ø90H6
27			Ø100H8
28	8.11	Чавун АЧК-2	Ø250j ₁₅
29			Ø150h5
30			Ø140H9 10x8g5

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Якими вимогами та рекомендаціями керуються під час конструювання вилівоків?
2. Яким вимогам повинна відповідати конструкція вилівка?
3. Основні рекомендації для конструювання вилівоків.
4. Як розташовують вилівки у формах?
5. В яких документах і хто визначає технічні вимоги до якості вилівоків?
6. Основні правила виконання креслень вилівоків.
7. Класи точності розмірів і мас вилівоків, порядок їх призначення та сфера використання.
8. Припуски на оброблення різанням вилівоків і порядок їх визначення.
9. Ступені жолоблення вилівоків.

10. Допуски та відхилення розмірів виливків.
11. Умовне позначення точності виливків у технічній документації.
12. Як класифікують виливки за складністю форми та кількістю показників якості матеріалів?
13. Наведіть приклади застосування виливків у машинобудуванні.
14. З яких матеріалів роблять виливки великогабаритних корпусів?
15. З яких матеріалів виливають маточини коліс транспортних машин?

ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВАНOK ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

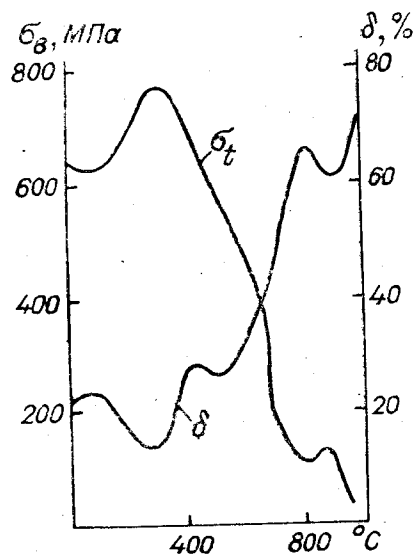
9.1. Суть процесів оброблення металів тисненням

Зміна форми та розмірів тіла під дією зовнішніх сил, без порушення його цілості, що супроводжується зміною структури, механічних і фізичних властивостей матеріалу, називається *пластичністю*. *Пластична деформація* — це зсув атомів з одного зрівноваженого стану в інший. Механіку пластичної деформації пояснюють теорією дислокацій або рухомих дефектів металу, що розглядає деформацію як результат руху та розмноження дефектів кристалічної ґратки матеріалу. Припускають, що зсув однієї частини кристалу відносно іншої відбувається не одночасно в площині зсуву, а поступово, починаючи з точки дефекту і розповсюджується уже в процесі дії зовнішнього зусилля значно меншого від того, яке потрібне для одночасного зсуву цілого блоку атомів [8].

Пластичність і опір металів деформуванню залежать від природи металу чи сплаву, його хімічного складу, структури, механічних властивостей, температури, швидкості деформування, напрямків головних напружень тощо. Чисті метали, як правило, мають більшу пластичність, ніж їх сплави. Різні метали мають різну пластичність. Пластичність сплавів значною мірою залежить від їх хімічного складу та структури. Пластичність вилитого великозернистого металу завжди нижча від деформованого тисненням дрібнозернистого. Пластичність має складну залежність від температури та швидкості деформування.

Зі збільшенням швидкості гарячого деформування пластичність металу звичайно зменшується. Та для дуже великих швидкостей деформування пластичність металу зростає. Це пояснюється тим, що тепло, в яке перетворюється механічна робота деформування, не встигає розсіюватися і викликає підвищення температури металу. Значною мірою пластичність залежить від схеми головних напружень. Наприклад, пресований метал має більшу пластичність, ніж кований чи штампований. Отже, пластичність — це не тільки властивість, але й стан металу [14, 16].

Вплив швидкості деформування на пластичність металу беруть до уваги під час розрахунку заданих зусиль деформування [19].



У процесі холодного пластичного деформування з нагріванням металу до 0,3 від температури топлення одночасно з процесом зміцнення металу частково знімаються залишкові напруження і відновлюються пластичні властивості металу.

В процесі неповного гарячого пластичного деформування з нагріванням металу до температури 0,4 від температури топлення одночасно з процесом зміцнення відбувається процес рекристалізації — зародження та ріст нових зерен.

Рис. 9.1. Діаграма залежності механічних характеристик малоуглецевої сталі від температури.

Під час гарячого пластичного деформування, яке відбувається при температурі вищій від температури рекристалізації, в металі процес зміцнення супроводжується процесом ослаблення. Якщо протягом деформування рекристалізація пройшла повністю, то властивість металу від його зміцнення не змінюється.

Холодному деформуванню піддають здебільшого попередньо деформовані заготовки (сортовий прокат), а гарячому — як деформовані, так і вилиті заготовки [22]. У процесі гарячого оброблення металів тисненням (ОМТ) руйнується дендритна структура металу, заварюються дефекти, але залишається волокниста структура, що зумовлює анізотропію механічних властивостей металу вздовж і впоперек його волокон. Це обов'язково враховують у процесі конструювання заготовок.

На пластичні властивості металу при гарячій ОМТ особливо впливає температура [25]. Тому вибір температурного інтервалу гарячого ОМТ є однією з найважливіших задач проектування технологічних процесів виготовлення кованок. На рис. 9.1 зображено діаграму зміни механічних характеристик малоуглецевої сталі залежно від температури. Як бачимо, з підвищенням температури міцність сталі зменшується. Пластичність збільшується зі зростанням температури до певного значення, після чого вона зменшується. Нове збільшення пластичності зумовлене подальшим підвищенням температури до значення, поза яким (біля температури топлення) міститься зона крихкості металу — зона перепалювання. Це значення температури залежить від марки сталі. В процесі

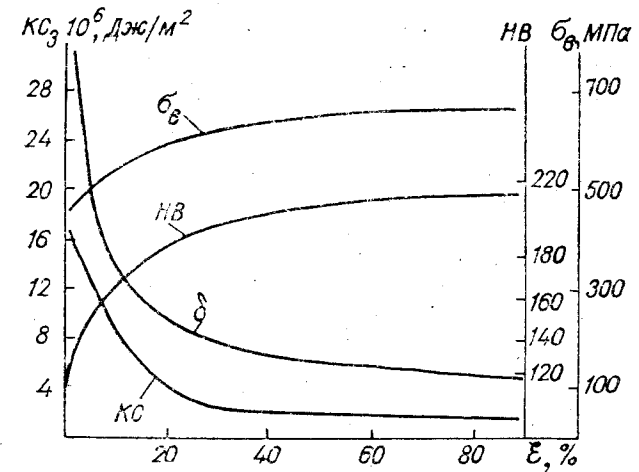


Рис. 9.2. Залежність механічних властивостей малоуглецевої сталі від ступеня її відносної пластичної деформації.

перепалювання окислюються краї зерен металу, окисли топляться (оскільки мають нижчу температуру топлення) і ОМТ стає неможливим. При температурі близькій до температури перепалювання також відбувається ріст зерен і метал отримує великозернисту структуру, яку не завжди вдається подрібнити в процесі ОМТ. Тому дуже важливо врахувати залежність швидкості збільшення зерен від підвищення температури. Наприклад, хромонікелеві сталі, в яких спостерігається підвищена швидкість росту зерна, належать до матеріалів, що мають підвищену здатність до перепалювання. У таких матеріалів температурний інтервал гарячого ОМТ значно менший. Зменшення пластичності при температурах 700... 800 °C пояснюють фазовими перетвореннями, що відбуваються в металі.

Температурний інтервал гарячого ОМТ [33] визначають за діаграмою стану стопів з урахуванням кількості фаз у структурі стопу, маси кованки, потреби в подальшому термічному обробленні, способу охолодження. ОМТ при знижених температурах спричинює наклепування.

Задовільні результати визначення температурного інтервалу гарячого ОМТ отримують експериментальними випробуваннями металів і стопів. Механічні властивості матеріалів встановлюють на основі випробувань на розтягування, стискування, скручування, вигинання тощо. Для визначення пластичності матеріалів виконують технологічні випробування на прокатування клину, шта-

би сталої товщини, спеціальної клинуватої заготовки сталого перетину тощо.

Для визначення режимів ОМТ, температурних інтервалів кування чи штампування, ступеня, швидкості та схеми деформування, умов нагрівання та охолодження заготовок необхідно знати залежність механічних властивостей матеріалу від температури. Для врахування масштабного, геометричного та фізичного факторів використовують методи комплексної оцінки середньої деформованості виливків за допомогою інтегральних критеріїв [20, 34]. Залежність механічних властивостей маловуглецевої сталі від ступеня відносної пластичної деформації зображено на рис. 9.2.

9.2. Роль ОМТ у машинобудуванні

У сучасній металообробній промисловості ОМТ є одним з основних способів формоутворення деталей машин. Зараз понад 90 відсотків усієї витопленої сталі та більше половини кольорових металів і сплавів піддають ОМТ. ОМТ суттєво відрізняється від інших способів оброблення, оскільки в процесі пластичного деформування метал отримує не тільки нову форму, але й змінює свою структуру та фізико-механічні властивості.

Всі процеси ОМТ поділяють на дві групи — процеси металургійного та машинобудівного виробництва. До першої групи належать прокатування, пресування, волочіння, тобто технологічні процеси, в основу яких покладено принцип безперервності. Продукцією металургійного виробництва є сортовий (круг, квадрат, шестигранник, штаба, лист, стрічка, куток, швелер, двутавр, дріт, труба) та періодичний (зі змінним перетином за довжиною) прокат. Його використовують як заготовки для створення різних конструкцій, вузлів і деталей, а також як початкову заготовку в ковальсько-штампувальному виробництві для виготовлення заготовок шляхом кування, штампування та спеціальними способами ОМТ.

Виготовлення заготовок ОМТ має такі переваги: менша витрата матеріалів, висока якість матеріалу та поверхонь заготовки, точність форми та розмірів, висока продуктивність праці, можливість механізації та автоматизації виробничих процесів. ОМТ створює можливість для організації маловідходних та енергоощадних виробництв, підвищення безпеки та поліпшення умов праці.

Сьогодні ОМТ є одним з головних напрямів розвитку технології машинобудування. ОМТ на сучасному етапі машинобудування забезпечує якісну зміну виробничих і технологічних процесів, що відбуваються внаслідок комплексної механізації технологічних процесів та їх автоматизації; інтенсифікації виробничих про-

цесів шляхом підвищення продуктивності устаткування, концентрації операцій та створення безперервних і безвідходних виробництв; використання спеціальних способів ОМТ з мінімальними припусками на механічне оброблення; удосконалення технологічних процесів безокислювального та енергоощадного нагрівання заготовок; створення технологічних процесів оброблення мало-пластичних і важкодеформовних сплавів з використанням надпластичності [13].

9.3. Основні способи ОМТ

Способи ОМТ класифікують за температурою, швидкістю деформування металу, за формою вихідної заготовки, типом основного устаткування, штампів тощо. Залежно від температури розрізняють *холодне, напівгаряче та гаряче* ОМТ.

У процесі ОМТ деформуються кристали металів, створюється шарувата структура, з'являється анізотропія властивостей, зростають внутрішні напруження. Нагрівання металу вище від температури рекристалізації зумовлює утворення нових кристалів і відновлення властивостей металу, які він мав до деформування. Температура рекристалізації становить 0,3—0,4 температури топлення для чистих металів і 0,6—0,8 температури топлення для сплавів.

Температурний інтервал гарячого ОМТ [14] перебуває в межах: для сталей — 750...1280 °С, для мідних сплавів — 700...900 °С, для титанових сплавів — 900...1100 °С, для алюмінієвих сплавів 400...470 °С. У заданих межах нагрівання опір металу деформуванню змінюється у 4—5 разів, швидкість — у 5—6 разів, а товщина знеуглецьованого шару сталей збільшується до 1,5...2 мм. При температурі нижчій за температуру рекристалізації ОМТ називають *холодним*, а при вищій — *гарячим*.

Значно впливає на якість заготовок швидкість їх нагрівання та охолодження. Температурний інтервал гарячого ОМТ є одним з основних термомеханічних параметрів, що визначають ефективність технологічного процесу виготовлення заготовки. Для одного й того ж матеріалу температурний інтервал кування та штампування може мати різні значення, оскільки кування виконується кількома ударами, а штампування — за один хід. Окрім цього, під час кування та штампування відбуваються різні процеси деформування та втрат тепла.

Температурний інтервал ОМТ залежить від марки матеріалу, структури технологічного процесу, швидкості та ступеня деформування, схеми напруженого стану та маси заготовки. Чим складніший хімічний склад сплаву, тим вужчий температурний інтервал гарячого ОМТ. Для великих значень швидкості та ступеня дефор-

мування потрібно враховувати можливість перегрівання металу теплом, виділеним у процесі деформування. Тому поруч з припустимими межами гарячого ОМТ відрізняють ще й раціональні, які визначають на підставі досвіду виконання ОМТ для конкретних умов виробництва.

Не менш важливе значення мають процеси охолодження заготовок після гарячого ОМТ [36]. Залежно від марки матеріалу, розмірів і мас заготовок використовують такі способи їх охолодження: в теплоізолюваних матеріалах (трепел, доменний шлак, мінеральна вата, кам'яновугільний жужіль, пісок, гравій); у термосах і неопалюваних колодязях; в опалюваних колодязях і спеціальних печах. Дрібні та середні за масою ковочки охолоджують на відкритому повітрі.

Холодне деформування проходить за таких температурношвидкісних умов, коли в матеріалі відбувається тільки процес зміцнення (наклепування). Утворюється волокниста структура, зменшується пластичність, зростає міцність та анізотропія механічних властивостей металу. Зміни властивостей матеріалів у процесі холодного ОМТ можуть як позитивно, так і негативно впливати на якість заготовок. Наприклад, механічна анізотропія в процесі глибокого листового витягування може викликати крихке руйнування заготовок або, навпаки, збільшувати їх жорсткість і міцність.

Гаряче деформування проходить за таких температурношвидкісних умов, коли в матеріалі одночасно відбуваються два процеси: наклепування (зміцнення) та рекристалізація (ослаблення). В процесі гарячого ОМТ поліпшуються механічні властивості, мікро- та макроструктура матеріалу (дрібнозернистість, волокнистість), що дає змогу забезпечувати максимальну міцність у заданих напрямках заготовок відповідальних деталей (валів, роторів, лопаток, ресор тощо).

Залежно від основного устаткування, на якому виконують ОМТ, та його спорядження розрізняють такі способи ОМТ (рис. 9.3): прокатування (1, 2, 3) та вальцювання; пресування (10, 11, 12) та витискання (7, 8, 9); кування (4) та об'ємне штампування (5, 6); волочіння (14, 15), штампування та гнуття прокату (13); накатування тощо.

Прокатування (повздожнє, поперечне, поперечно-гвинтове) — це обтискування металу валками, що обертаються. В процесі прокатування нагріті литі заготовки піддаються багаторазовому обтискуванню. Під час поперечно-гвинтового прокатування у гвинтових калібрах валків відбувається безперервне формоутворення шляхом переміщення довгої циліндричної заготовки між валками, що обертаються, в напрямку їх осей обертання. Таким способом виготовляють заготовки куль для кулькових вальниць і млинів, шпинделів, валів, осей, коліс тощо. Заготовки з прока-

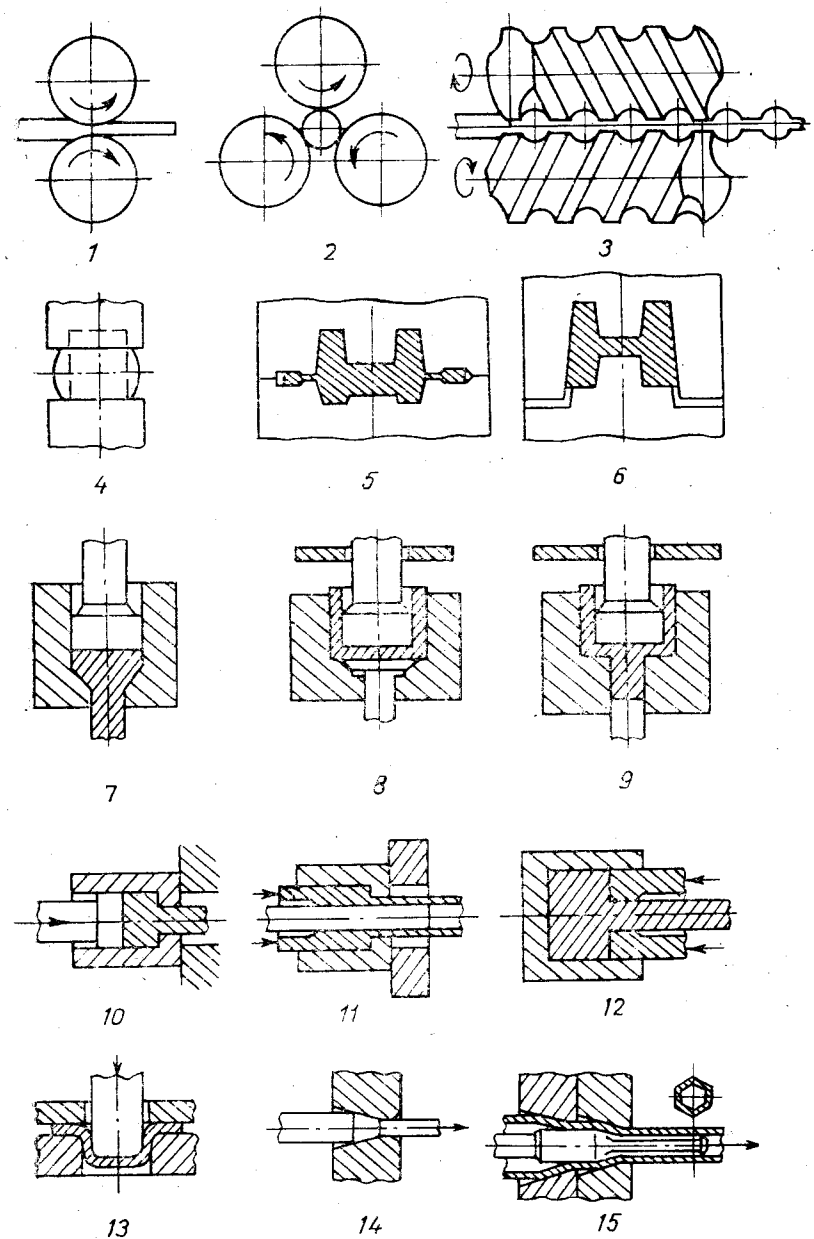


Рис. 9.3. Схеми основних видів оброблення металів тисненням: 1, 2, 3 — повздожнє, поперечне та періодичне прокатування; 4 — кування; 5, 6 — відкрите та закритє штампування (карбування); 7, 8, 9 — пряме, зворотне та комбіноване витискання; 10, 11 — пряме пресування; 12 — зворотне пресування; 13 — листовє штампування; 14, 15 — волочіння дроту та трубки.

Таблиця 9.1

Характеристика способів виготовлення заготованок ОМТ

Назва способу ОМТ	Максимально допустимі значення	
	Маса, кг	Розмір, мм
Кування на молотах і пресах	25 000	
Кування на молотах у підставних штампах	100	
Кування на радіально-кувальних машинах		Ø150
Штампування у відкритих штампах	400	
Штампування у закритих штампах	100	
Штампування на ГKM	30	
Штампування на КГШП	150	
Вальцювання	50	
Штампування витискуванням, прошиванням і пресуванням	75	Ø200
Вигинання та штампування прокату		Ø200
Прокатування на поперечно-гвинтових і спеціальних станах	250	100
Калібрування та карбування	15	
Волочіння дроту		0,005—25
Холодне висаджування на автоматах		1—30
Розкатування		Ø70—700
Накатування зубців		m10 Ø600

ту відрізняються найвищою якістю матеріалу та економічністю виготовлення.

Пресування та витискання — це проштовхування матеріалу в замкненому об'ємі через отвір у матриці.

Волочіння — це протягування заготованки через отвір у волочильній матриці.

Кування — це деформування нагрітої заготованки між бойками молота або преса. В процесі кування матеріал тече в напрямку, що перпендикулярний до руху деформувального інструменту.

Об'ємне штампування, калібрування та карбування — це одночасне деформування всієї заготованки в спеціальному інструменті (штампі). За якістю матеріалу цей спосіб мало відрізняється від прокатування, поступаючись останньому тільки у вартості заготованок і продуктивності праці.

Штампування та вигинання прокату — це отримання заготованок з сортового прокату за допомогою спеціальних інструментів (штампів) на штампувальному устаткуванні.

Коротку характеристику різних способів ОМТ наведено в табл. 9.1. Добір способу виготовлення заготованок ОМТ залежить від багатьох факторів. Доцільність того чи іншого способу виготовлення заготованки ОМТ видно з рис. 9.4, на якому наведені графіки залежності вартості сталевих кованок в умовних одиницях від кількості їх річного випуску. З рисунка видно, що прості

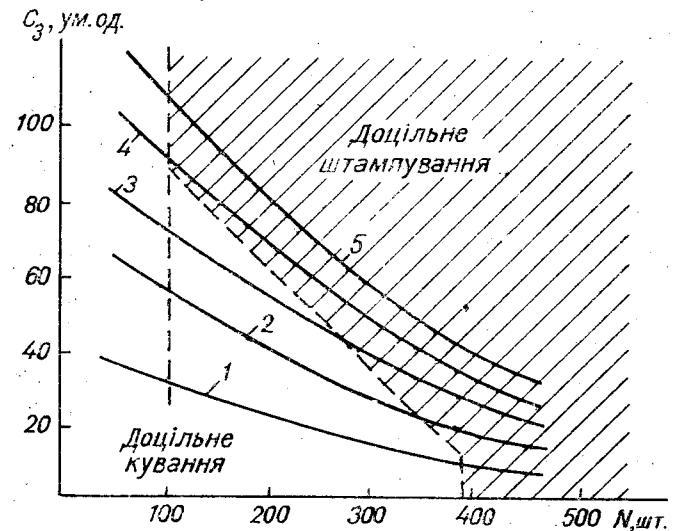


Рис. 9.4. Залежність вартості C_3 (умовних одиниць) від річного замовлення N (штук); 1—5 — кованки різних груп складності форми у порядку її зростання.

за формою заготованки доцільно кувати, а складні — штампувати. Кованки середньої складності доцільно кувати за умови виготовлення невеликої їх кількості.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке пластична деформація?
2. Від яких факторів залежить пластичність матеріалу та його опір деформуванню?
3. Як впливає температура на пластичні властивості металів?
4. Як визначають температурний інтервал гарячої ОМТ?
5. Які переваги ОМТ?
6. Класифікація способів ОМТ.
7. Як змінюється структура металу в процесі холодного, гарячого ОМТ та термічного оброблення після ОМТ?
8. Застосування основних способів ОМТ.

ВІЛЬНЕ КУВАННЯ

10.1. Технологічний процес кування

Процес *кування* полягає у деформуванні нагрітої заготовки між бойками молота або преса за допомогою універсального інструменту. Залежно від застосовуваного устаткування розрізняють кування машинне, що виконується молотом або пресом (рис. 10.1), та ручне, яке здійснюють за допомогою молотка та кувадла. Куванням виготовляють звичайно прості за формою заготовки масою до 300 тонн і здебільшого в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва [8]. Основні операції технологічного процесу кування поділяють на *розділювальні, формозмінювальні та загальні*.

До розділювальних операцій вільного кування належать відрубання, надрубання, ламання. Формозмінювальні операції — це осаджування, протягування, передавання, розганяння, прошивання, обтиснення, вигинання, закручування, підкування, витискання (рис. 10.2). Нагрівання, обдування, змащення та охолодження є загальними операціями.

В процесі *осаджування* зменшується висота заготовки або її частини (висаджування) з одночасним збільшенням площі її поперечного перетину.

Протягування — це операція, під час якої збільшується довжина заготовки чи її частини за рахунок зменшення площі поперечного перетину. Різновидом протягування є *розкатування* циліндричних заготовок на оправках.

Передаванням називають зсування однієї частини заготовки відносно іншої за умови зберігання паралельності осей чи площин окремих частин заготовки.

Внаслідок *прошивання* утворюються порожнини у заготовці за рахунок витискання матеріалу.

Під час *закручування* частина заготовки повертається навколо поздовжньої осі.

Відрубанням називають повне відокремлення частини заготовки по замкненому контуру деформувальним інструментом, а *розрубанням* — те ж по незамкненому контуру.

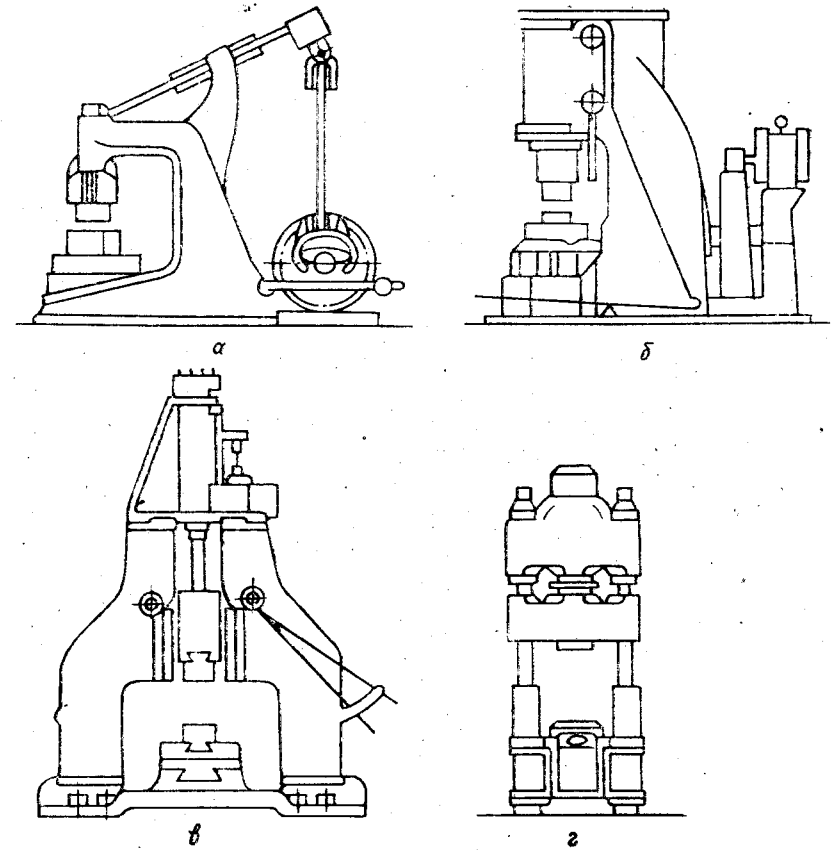


Рис. 10.1. Устаткування для кування:

а — ресорний молот; б — пневматичний молот; в — пароповітряний молот; г — гідравлічний прес.

Виправлення — це усування дефектів форми заготовки шляхом її пластичного деформування.

Перед куванням виготовляють початкові (вихідні) заготовки.

Під час гарячого ОМТ завжди здійснюють *нагрівання* вихідних заготовок, інколи навіть декілька разів. Широко застосовують полум'яний та електричний способи нагрівання. Для полум'яного нагрівання використовують рідке чи газове паливо, для електричного — індукційні та резистивні печі, електрогенератори високої частоти, електроліти та електроконтактні пристрої. Часто нагрівання заготовок здійснюють у розтоплених солях і склі, у безкисневому середовищі та у вакуумі. Внаслідок нагрівання заготовок у соляних ваннах і в склі на поверхні утворюється плівка,

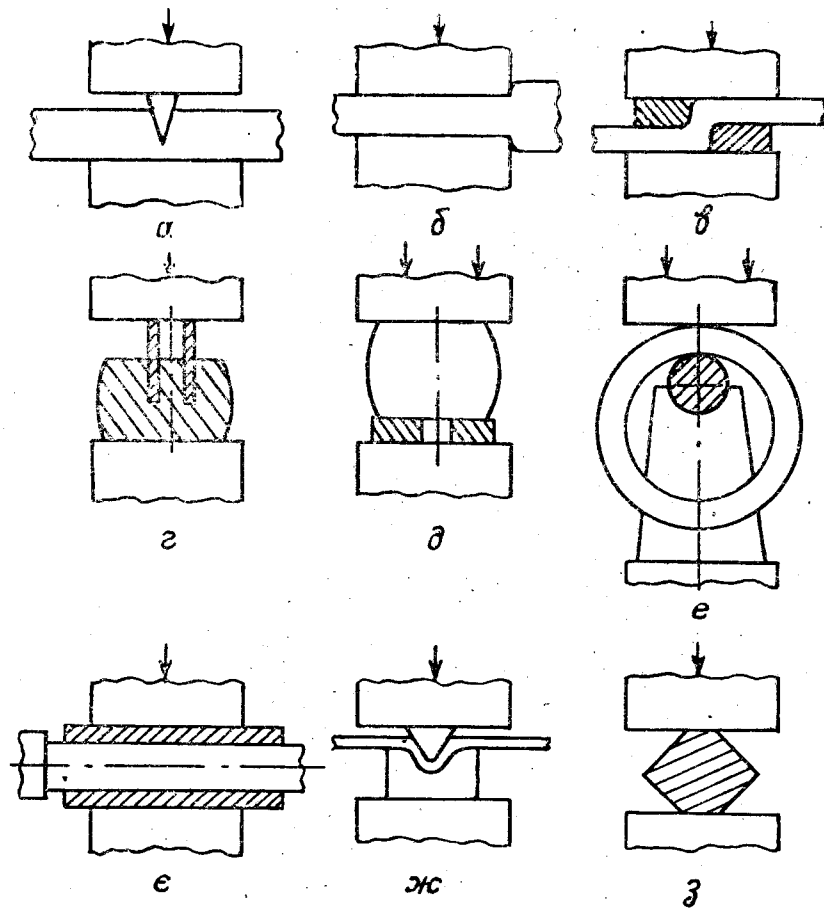


Рис. 10.2. Операції вільного кування:

а — надрубання, відрубання; б — розганяння; в — передавання; г — прошивання; д — осаджування; е — розкатування; е — протягування; ж — вигинання; з — обкатування.

що захищає їх від окислення під час нагрівання, транспортування та кування. Захисна плівка має також змащувальні властивості, що полегшує роботу деформування заготованки.

Переваги виготовлення заготованок вільним куванням — висока якість металу, універсальність устаткування та інструменту, можливість виготовлення заготованок значних розмірів і мас на малопотужному устаткуванні.

До недоліків технологічних процесів вільного кування заготованок належать порівняно низька продуктивність праці, велика

трудомісткість, невисока точність форми та розмірів заготованок, підвищені витрати металу на напуски, вигоряння, уковування, збільшені припуски на механічне оброблення, потреба у високій кваліфікації робітників, тяжкі умови праці, труднощі з механізацією та автоматизацією виробничих процесів.

Вільним куванням виготовляють заготованки для великих валів і роторів турбін, двигунів внутрішнього згоряння, гарматних стволів, валків прокатних станів та інших великогабаритних і відповідальних деталей машин. Складні ковани вимагають багатоповторення операцій нагрівання та кування. Параметр шорсткості поверхонь кованок становить $Ra\ 20 \dots 80$.

10.2. Основне устаткування та інструмент для кування

Для ручного кування використовують кувадло та молоток. Машинне кування виконують на молотах і пресах різних типів, які відрізняються принципом дії, конструкцією, потужністю, швидкістю, видом використовуваної енергії та способом керування.

Основний параметр кувальних молотів — маса падаючих частин, яка для пневматичних молотів може перебувати в межах $150 \dots 1000$ кг, а у пароповітряних — $1000 \dots 8000$ кг. Основним параметром кувальних пресів є максимальне зусилля, яке для деяких пресів становить 80 МН і більше [11, 22].

Інструмент для вільного кування поділяють на *основний* (рис. 10.3), *підтримувальний* та *вимірювальний*. До основних інструментів належать бойки, плити для осаджування, оправки, прошивні кільця, напівкруглі та клинові розкатувачі, обсікачі, кутки, круглі та трикутні перетискачі, суцільні та рознімні обтискувачі, одно- й двобічні сокири. До підтримувальних інструментів відносять кліщі, стояки, патрони, захоплювачі. Вимірювальні інструменти — це кронциркулі, нутроміри, лінійки, кутки, шаблони, калібри тощо. Оброблювальний інструмент поділяють на універсальний та спеціальний, ручний та механізований.

Щоб підвищити стійкість до ударних навантажень, інструмент підігрівають до температури $150 \dots 200$ °С й періодично контролюють твердість його робочих поверхонь.

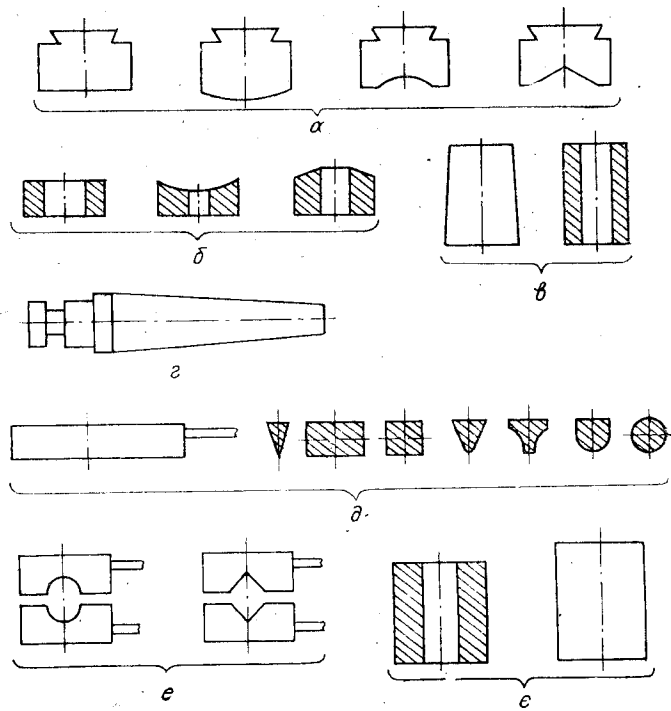


Рис. 10.3. Інструменти для операцій вільного кування:
 а — бойки; б — плити для осаджування; г — прошивачі; г ...
 оправка для розкатування; д — сокири, розкатувачі та перетискачі
 різних перетинів; е — обтискачі; е — підставки.

10.3. Конструювання та виконання креслень кованок

Конструкцію та креслення кованки виконують виходячи з вимог креслення готсової деталі, дібраного способу формування заготовки, державних стандартів ЕСКД, ГОСТ 7062-79 для кованок, виготовлених на пресах, і ГОСТ 7829-70 для кованок, виготовлених на молотах.

У стандартах наведено основні терміни та визначення. *Буртом* (рис. 10.4) називають некінцеву частину кованки збільшеного поперечного перетину, що має довжину рівну чи меншу від третини діаметра чи більшої сторони прямокутника. *Фланець* — аналогічна кінцева частина кованки. *Уступом* вважають частину кованки з меншим, а *виступом* — з більшим поперечним перетином, ніж суміжна з нею частина. *Виймкою* називають частину кованки з меншим поперечним перетином від двох суміжних з нею частин.

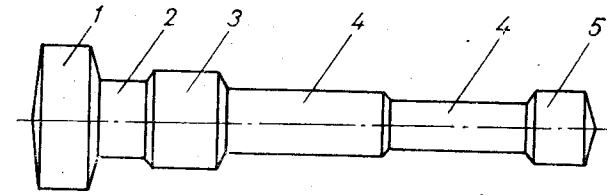


Рис. 10.4. Кованка вала та її складові частини:
 1 — фланець; 2 — виймка; 3 — бурт; 4 — уступи; 5 — виступ.

10.3.1. КОВАНКИ, ВИГОТОВЛЕНІ НА МОЛОТАХ

За вимогами ГОСТ 7829-70, що розповсюджується на кованки загального призначення з вуглецевої та легованої сталі, виготовлені вільним куванням на молотах в одиничному та дрібносерійному виробництві, припуски на механічне оброблення та відхилення розмірів заготовок призначають залежно від типу кованки та її розмірів. Припуски на необроблювані поверхні не призначають. Граничні відхилення на всі розміри кованок встановлюють відповідно до їх типу та номінальних розмірів.

Для елементів заготовки, яку обробляють тільки з одного боку, припуск призначають тільки для оброблюваної поверхні.

За узгодженням між виготовлювачем і споживачем допускається виробляти заготовки з вищою, ніж у стандартах, точністю, тобто з меншими значеннями відхилень, припусків і напусків. Допускається заокруглювати розрахункові номінальні розміри заготовок до найближчих значень у бік збільшення припусків на механічне оброблення.

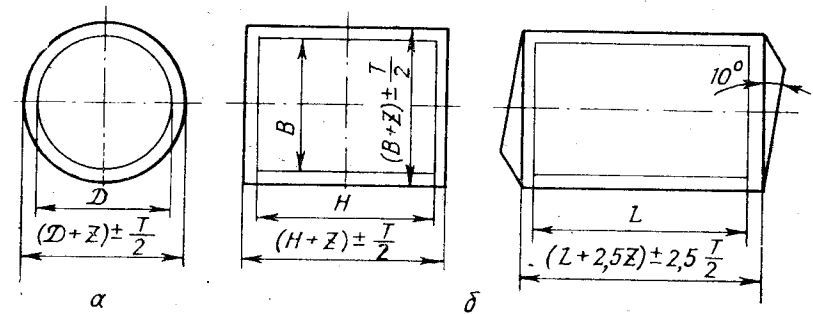


Рис. 10.5. Схема для визначення розмірів гладких кованок круглого (а) та прямокутного (б) перетинів.

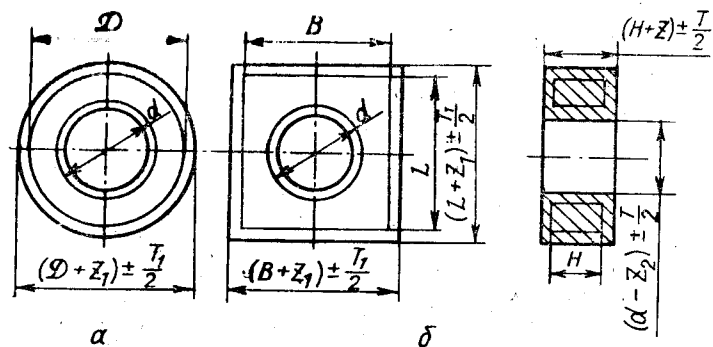


Рис. 10.6. Схема для визначення розмірів круглих (а) і прямокутних (б) кованок з отворами.

Припуски та граничні відхилення розмірів для гладких кованок круглого, квадратного та прямокутного перетинів призначають відповідно до рис. 10.5, 10.6 і дод. 2.1. Припуски та граничні відхилення для кованок круглого та квадратного перетинів з усту-

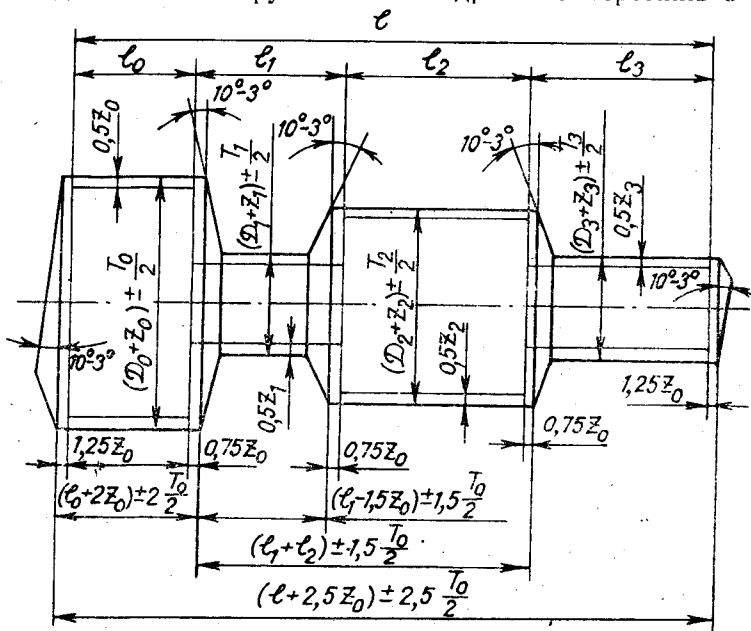


Рис. 10.7. Схема для визначення розмірів і їх відхилень східчастості кованки, виготовленої на молоті.

пами, виїмками, буртами та фланцями визначають як суму з основних і додаткових значень.

Основні припуски та граничні відхилення на діаметральні розміри перетинів наведені у дод. 2.1. За припуски та граничні відхилення на загальну довжину заготовки приймають відповідно збільшені у 2,5 раза припуски та граничні відхилення діаметрального розміру найбільшого з перетинів. Припуски на довжину уступів і виступів призначають кратними до припусків на діаметральний розмір найбільшого перетину згідно з рис. 10.7 (за базову поверхню для призначення розмірів довжин уступів беруть один з торців елемента з найбільшим перетином). Граничні відхилення на довжину уступів і виступів приймають як збільшене в 1,5 раза відхилення діаметрального розміру чи розміру довжини виступу найбільшого перетину згідно з рис. 10.7.

Додатковий припуск призначають відповідно до дод. 2.2 на діаметральні розміри всіх перетинів, крім основного.

Для кованок, що мають необроблювану поверхню, за основний приймають її перетин. Для кованок, що не мають необроблюваних поверхонь, основний перетин визначають так. Розраховують площі повздовжніх перетинів D_1l_1 ; D_2l_2 ; D_3l_3 ; ... і порівнюють з розрахованою площею повздовжнього перетину виступу з найбільшим діаметром $D_0 \max l_0$ (рис. 10.7). Якщо всі значення добутків менші від $D_0 \max l_0$, то за основний беруть перетин з виступом, що має найбільший діаметр. У протилежному випадку для всіх перетинів з більшою площею розраховують

$$A_1 = Z_1 (D_1 l_1 - D_0 \max l_0), \quad (10.1)$$

$$A_2 = Z_2 (D_2 l_2 - D_0 \max l_0), \quad (10.2)$$

$$A_3 = Z_3 (D_3 l_3 - D_0 \max l_0), \dots, \quad (10.3)$$

де Z_1, Z_2, Z_3, \dots — додаткові припуски на діаметри $D_1; D_2; D_3; \dots$ мм. Основним вважають перетин, для якого A має найбільше значення.

Приклад призначення припусків і граничних відхилень для розмірів кованки зображено на рис. 10.8.

Доцільність виконання на кованках кінцевих і проміжних уступів, виїмок, фланців і буртів перевіряють після призначення основних і додаткових припусків згідно з дод. 2.3 і 2.4.

Кованку вала до та після призначення додаткових припусків і перевірки доцільності виконання уступів і виїмок зображено на рис. 10.8. Як бачимо, недоцільно виконувати уступ для поверхні розміром 263, збільшено за рахунок додаткових припусків розміри всіх діаметрів, окрім основного, за який приймають бурт 300.

Припуски та граничні відхилення для кованок типу суцільних

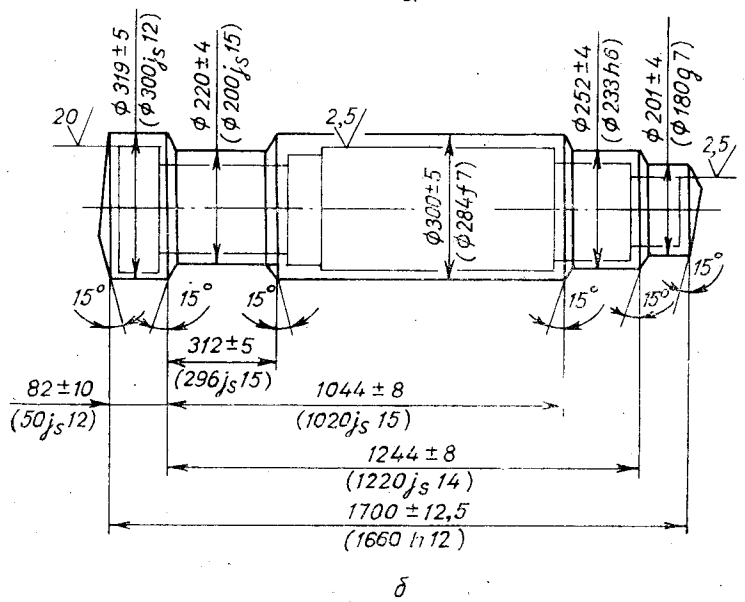
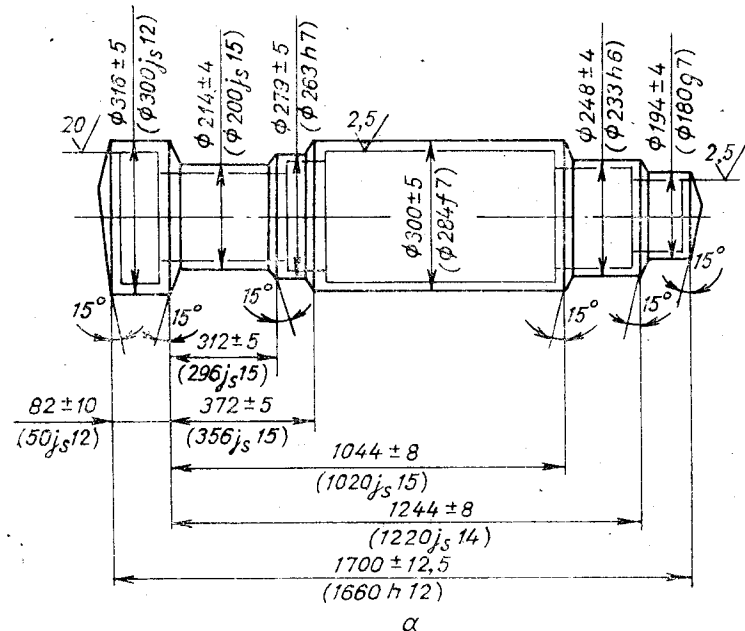


Рис. 10.8. Кованка вала на молоті до (а) та після (б) призначення додаткових припусків.

і порожнистих дисків, циліндрів, втулок, брусків, кубів, пластин визначають згідно з дод. 2.5 і рис. 10.6.

У стандарті наведено також таблиці, за якими визначають припуски та граничні відхилення для кованок типу розкатуваних кілець, порожнистих валів, циліндрів, втулок з уступами, зокрема з такими, що виготовлені за допомогою підставних кілець і штампів.

10.3.2. КОВАНКИ, ВИГОТОВЛЕНІ НА ПРЕСАХ

За вимогами ГОСТ 7062-79, що поширюється на кованки загального призначення масою до 100 т з вуглецевої та легованої сталі (сумарний вміст легувальних компонентів до 10%, крім вуглецю), виготовлені на пресах, для визначення припусків і відхилень розмірів кованок встановлено дві групи точності, які позначають римськими цифрами I і II. Припуски, наведені в стандарті, даються для розміру деталі з розрахунку на механічне оброблення поверхонь кованок з обох боків. Граничні відхилення вказані для номінальних розмірів кованок. У випадку механічного оброблення деталі з одного боку припуск призначають як половину вказаного в стандарті (дод. 3). Верхнє відхилення розміру зберігають без змін, а нижнє беруть з коефіцієнтом 0,5.

Для необроблюваних поверхонь кованок відхилення на розміри визначають за таблицями стандарту без урахування припусків.

Масу напуску кожного нахилу для відрубання кованки визначають як

$$G_{II} = 0,28 \cdot 10^{-6} (D + Z)^3, \quad (10.4)$$

де G_{II} — маса напуску одного нахилу для кута 15° , кг; D і Z — відповідно діаметр і припуск на механічне оброблення кованки, мм.

Схеми визначення розмірів і граничних відхилень для гладких кованок з круглим, квадратним і прямокутним перетином зображені на рис. 10.6, а для східчастих кованок, виготовлених на пресі II групи точності, — на рис. 10.9. За дод. 3 визначають основні припуски та граничні відхилення на розміри кованки, виходячи зі загальної (найбільшої) її довжини. За конструктивну базу здебільшого вибирають одну з торцевих поверхонь виступу максимального діаметра. Для кованок II групи точності відхилення розмірів загальної довжини кованки та відстані від базової поверхні до виступів та уступів збільшують удвічі порівняно з наведеними на рис. 10.9 значеннями для кованок I групи точності.

Додатковий припуск для кованок I і II груп точності призначають згідно з дод. 3.5, на розміри всіх поперечних перетинів, крім

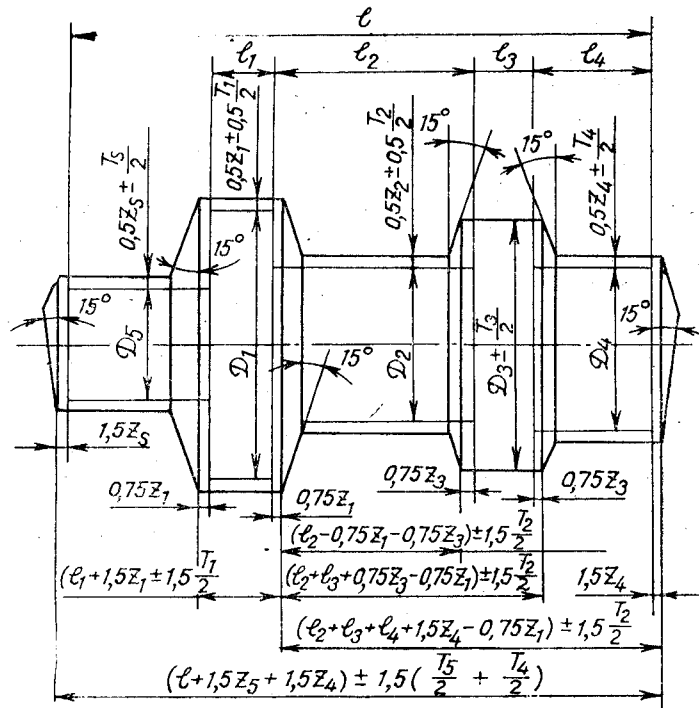


Рис. 10.9. Схема визначення розмірів і їх відхилень східчастих кованки II групи точності, виготовленої на пресі.

основного, залежно від різниці діаметрів основного та кожного з цих перетинів деталі.

Основний перетин визначають у такій послідовності: 1) для валів з одним уступом за основний беруть перетин, для якого добуток максимального розміру перетину на довжину цього елемента деталі є найбільшим; 2) для валів, що мають понад два уступи чи виїмки, за основний приймають перетин, який має максимальний поперечний розмір.

У стандарті також наведено таблиці, за якими визначають доцільність виконання мінімальних висот і довжин уступів, виїмок, буртів і фланців залежно від розмірів кованок.

Приклад призначення припусків і відхилень розмірів для кованки II групи точності з уступами та виїмками, що виготовляється на пресі, зображено на рис. 10.10. Перевіривши доцільність виконання мінімальних висот і довжин уступів, виїмок, фланців і буртів, встановлено, що не варто робити уступ $\varnothing 420$, виїмку $\varnothing 400$ і потрібно збільшити на 50 мм довжину фланця $\varnothing 700$.

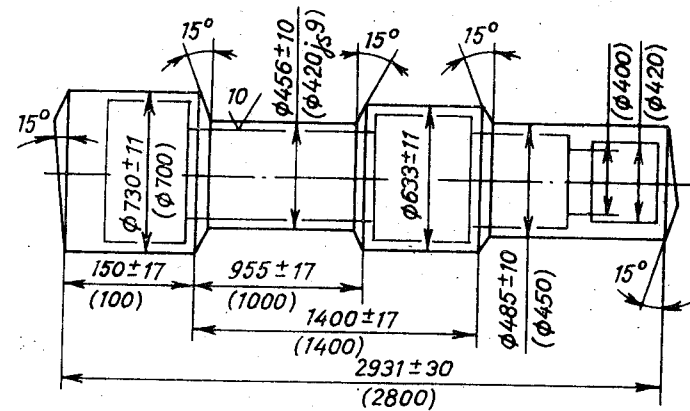


Рис. 10.10. Кованка II групи точності, виготовлена на пресі.

Масу напуску нахилів між уступами визначають як

$$G_n = 0,18 \cdot 10^{-6} \cdot [(D_1 + Z_1) - (D_2 - Z_2)] \cdot [(D_1 + Z_1) + 2 \times (D_2 + Z_2)], \quad (10.5)$$

де G_n — маса напуску для кожного нахилу, кг, D_1 , D_2 , Z_1 , Z_2 — відповідно поперечні розміри та припуски суміжних частин кованки.

У стандарті також наведено значення припусків і граничних відхилень розмірів для кованок типу муфт, дисків, брусків і пластин, суцільних і порожнистих циліндрів зі сталем і змінним за довжиною перетином і розкатуваних кілець.

10.3.3. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Вимоги стандартів не поширюються на кованки з високолегованих сталей та стопів з особливими фізичними властивостями і на кованки, нестандартні за формою та розмірами.

Допускається заокруглення розрахункових номінальних розмірів кованок до найбільших чисел, співмірних з точністю відхилень розмірів у бік збільшення припусків на механічне оброблення. Для забезпечення технологічності конструкцій кованок вільного кування рекомендують дотримуватися простих геометричних форм, уникати сферичних, конічних, клинових поверхонь, перетинів циліндричних і призматичних частин, ребер жорсткості, значних перепадів розмірів поперечних перетинів тощо. Розташування волокон у кованці має поліпшувати експлуатаційні властивості деталі.

На кресленнях кованки тонкими лініями показують основні контури готової деталі, а в дужках під розмірними лініями її роз-

міри. На кресленнях позначають поверхні, що є технологічними базами для закріплення заготовки у першій технологічній операції її механічного оброблення, а також технічні вимоги щодо приймання кованки, місця маркування, взяття проби металу, допустимі величини та кількість можливих дефектів, необхідність термічного оброблення та покриття.

Норми технічних вимог, режими термічного оброблення, умовні позначення, методи та обсяг випробувань, правила маркування, транспортування та зберігання для кованок загального призначення діаметром до 800 мм наведені у ГОСТ 8479-70.

За кількістю параметрів випробувань кованки поділяють на п'ять груп, що позначаються римськими цифрами. Групу призначає конструктор, погоджуючи її з виготовлювачем і споживачем кованок. Приклад умовного позначення кованки I групи (без випробувань), з категорією міцності КП 50: Гр. I — КП 50 ГОСТ 8479-70.

У додатку до вказаного стандарту дано рекомендації марок сталей залежно від діаметра кованки та заданої категорії міцності.

10.4. Визначення маси та розмірів вихідних заготовок

Вихідними заготовками для утворення кованок можуть бути виливки, обтиснені колоди, ковані або катані заготовки, різні види прокату, а також заготовки, отримані шляхом безперервного розливання сталі.

Масу кованок визначають як

$$G_K = V \cdot \gamma, \quad (10.6)$$

де G_K — маса кованки, кг; V — об'єм кованки, м³; γ — питома густина металу кованки, кг/м³.

Масу вихідної заготовки запишемо у вигляді

$$G_{в.з} = G_K + G_B + G_{вг}, \quad (10.7)$$

де $G_{в.з}$, G_B , $G_{вг}$ — маса відповідно вихідної заготовки, технологічних відходів і вигорання металу, кг.

Площа перетину вихідної заготовки

$$F_{в.з} = k_y \cdot F_{K \max}, \quad (10.8)$$

де $F_{в.з}$ і $F_{K \max}$ — площі перетину вихідної заготовки та максимального значення перетину кованки, м²; k_y — коефіцієнт, що враховує уковування металу.

Для сталевих прокатів значення k_y перебуває в межах 1,25—

1,5, а для сталевих виливків 1,5—1,8 [8]. Довжина вихідної заготовки

$$L_{в.з} = \frac{V_{в.з}}{k_y F_{K \max}}, \quad (10.9)$$

де $V_{в.з}$ — об'єм вихідної заготовки, м³;

$$V_{в.з} = \frac{G_{в.з}}{\gamma}. \quad (10.10)$$

Довжину вихідної заготовки вибирають зі співвідношення

$$L_{в.з} < k_c \cdot D_{в.з}, \quad (10.11)$$

де $k_c = 2,5$ — коефіцієнт, що визначає достатню стійкість вихідної заготовки для осадження; $D_{в.з}$ — діаметр вихідної заготовки, м.

Для осадження в торець діаметр круглої вихідної заготовки

$$D_{в.з} = 1,08 \cdot \sqrt{\frac{V_{в.з} D_{в.з}}{L_{в.з}}}, \quad (10.12)$$

квадратної

$$B_{в.з} = \sqrt{\frac{V_{в.з} D_{в.з}}{L_{в.з}}}. \quad (10.13)$$

де $B_{в.з}$ — сторона квадрата перетину вихідної заготовки, м.

Розміри вихідних заготовок (діаметр, сторона квадрата тощо) беруть зі стандартів на сортамент прокату, що випускається промисловістю.

Для кування в радіальному напрямку площину перетину вихідної заготовки визначають як

$$F_{в.з} = 1,15 \cdot \frac{V_{в.з}}{L_{в.з}}. \quad (10.14)$$

10.5. Застосування кованок

Кованки, виготовлені вільним куванням, використовують здебільшого в одиничному та дрібносерійному виробництві, а також у серійному виробництві для виготовлення кованок порівняно великих розмірів і мас.

Вільним куванням, наприклад, виготовляють заготовки великих колінчастих, кулачкових і східчастих валів для двигунів внут-

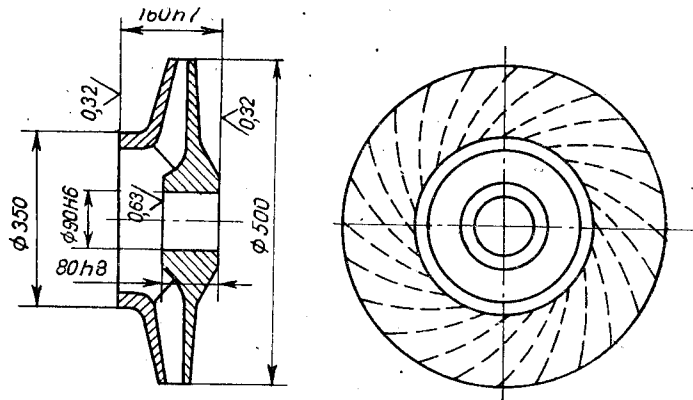


Рис. 10.11. Робоче колесо відцентрового компресора.

рішнього згоряння та компресорних машин. У багатосерійному та масовому виробництві такі вали роблять складаними, а заготовки для їх складових частин виконують вальцюванням, гарячим штампуванням та періодичним прокатуванням. Матеріал для валів — високоякісні вуглецеві сталі 40 і 45 або леговані сталі марки 40X та інші. Марку сталі вибирають з умов забезпечення високої пластичності для кування заготовок і можливості гартування робочих елементів деталей. Способом вільного кування виготовляють заготовки деталей типу дисків для отримання з них зубчастих коліс, фланців, шківів, поворотних цапф, робочих коліс компресорів, а також заготовки шатунів, коромисел, важелів, балок, мостів, що є вихідними заготовками для подальшого оброблення тисненням. За допомогою вільного кування вихідні заготовки, виготовлені зі сортового прокату, надають форми, придатної для гарячого штампування, витискання чи вальцювання.

Вільним куванням виготовляють заготовки робочих коліс компресорів (рис. 10.11). Конфігурація робочих коліс є досить складною, тому їх заготовки роблять часто складаними з двох або більше частин з наступним їх з'єднанням за допомогою зварювання, лютування чи заклепування.

Внаслідок кування отримують заготовки осей для залізничних вагонів, тепловозів, електровозів, суцільних резервуарів і котлів високого тиску, барабанів підіймально-транспортних машин і агрегатів, валків блюмінгів, турбін тощо. Багато заготовок виконують вільним куванням для важкого транспортного машинобудування, суднобудування та агрегатів сучасних енергетичних машин.

10.6. Завдання та вправи

Припуски та розміри ковнок розрахунковим способом визначають за методикою, викладеною у главі 5, з урахуванням рекомендацій стандартів.

Приклад 1. Визначити мінімальний припуск і розмір ковнки для поверхні $\varnothing 284f7$ вала (див. рис. 10.7), виготовленого з вуглецевої сталі марки 45, на молоті в умовах дрібносерійного виробництва.

Розв'язання. 1. Визначаємо структуру технологічного процесу оброблення поверхні $\varnothing 284f7$ вала:

операція 015 — чорнове обточування поверхні вала (перехід 1), напівчистове обточування поверхні вала (перехід 2) на токарному верстаті в центрах з люнетом;

операція 030 — чистове шліфування поверхні вала (переходи 1 і 2) на круглошліфувальному верстаті в центрах.

2. Мінімальний сумарний припуск отримаємо згідно з (5.6):

$$Z_{\Sigma \min} = Z_{i \min} + Z_{i-1 \min} + Z_{i-2 \min},$$

де $Z_{i \min}$, $Z_{i-1 \min}$, $Z_{i-2 \min}$ — мінімальні припуски на механічне оброблення поверхні вала відповідно в операціях 030 і 015 (переходи 2 і 1).

Відповідно до (5.3), враховуючи, що $a=2$, і користуючись даними дод. 12, 14, 16 та рекомендаціями параграфу 5.3, отримаємо для операції 030

$$Z_{i \min} = 2 \cdot (125 + 100 + 35 + 20) = 560 \text{ мкм} = 0,560 \text{ мм};$$

для операції 015, перехід 2

$$Z_{i-1 \min} = 2 \cdot (950 + 300 + 350 + 0) = 3200 \text{ мкм} = 3,200 \text{ мм};$$

для операції 015, перехід 1

$$Z_{i-2 \min} = 2 \cdot (1600 + 800 + 200) = 5200 \text{ мкм} = 5,200 \text{ мм}.$$

Сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = 0,560 + 3,200 + 5,200 = 8,960 \text{ мм}.$$

3. Максимальне значення діаметра ковнки для заданої поверхні вала записуємо за (5.7) у вигляді

$$A_{i-3 \max} = A_{i \max} + Z_{\Sigma \min} + T_{i-1} + T_{i-2} + T_{i-3},$$

де T_{i-1} і T_{i-2} — допуски розмірів для заданої поверхні проміжних заготовок, які отримують відповідно в операції 015 (переходи 2 і 1); T_{i-3} — допуск ковнки. Поверхні проміжних заготовок

можуть бути виконані за 9 і 14 квалітетами точності. Враховуючи дод. 2 і 15, маємо

$$T_{i-1} = 0,130; \quad T_{i-2} = 1,300; \quad T_{i-3} = 10,000.$$

Підставивши значення, отримаємо

$$A_{i-3 \max} = 284 + 8,960 + 0,130 + 1,300 + 10,000 = 304,390.$$

Після заокруглення розмір заданої поверхні кованки можна записати як $304,4_{-10,0}$, або $299,4 \pm 5,0$.

Порівняння отриманого розміру кованки з розміром цієї ж поверхні, визначеним табличним способом на рис. 10.8, свідчить, що розрахунковий розмір менший на 0,6 мм.

Приклад 2. Знайти мінімальний припуск і розмір кованки для поверхні $\varnothing 420js9$ східчастого вала (рис. 10.10), виготовленого з легованої сталі марки 40X за допомогою преса в умовах дрібносерійного виробництва.

Розв'язання. 1. Визначаємо структуру технологічного процесу оброблення поверхні $\varnothing 420js7$ вала:

операція 010 — чорнове обточування поверхні вала (перехід 1); напівчорнове обточування поверхні вала (перехід 2); напівчистове обточування поверхні вала (перехід 3) на токарному верстаті в центрах з люнетом.

2. Мінімальний сумарний припуск визначаємо згідно з (5.6):

$$Z_{\Sigma \min} = Z_{i \min} + Z_{i-1 \min} + Z_{i-2 \min},$$

де $Z_{i \min}$, $Z_{i-1 \min}$, $Z_{i-2 \min}$ — мінімальні припуски на механічне оброблення поверхні вала відповідно в переходах 3, 2, 1 операції 010.

Згідно з (5.3), враховуючи, що $a=2$, і користуючись даними дод. 12, 14, 16 та рекомендаціями параграфу 5.3, отримаємо: для переходу 3

$$Z_{i \min} = 2(250 + 200 + 250 + 0) = 1400 \text{ мкм} = 1,400 \text{ мм};$$

для переходу 2

$$Z_{i-1 \min} = 2(950 + 300 + 500 + 0) = 3500 \text{ мкм} = 3,500 \text{ мм};$$

для переходу 1

$$Z_{i-2 \min} = 2(1600 + 1200 + 800 + 0) = 7200 \text{ мкм} = 7,200 \text{ мм}.$$

Сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = 1,400 + 3,500 + 7,200 = 12,100 \text{ мм}.$$

3. Максимальне значення діаметра кованки для заданої поверхні вала записуємо за (5.7) у вигляді

$$A_{i-3 \max} = A_{i \max} + Z_{\Sigma \min} + T_{i-1} + T_{i-2} + T_{i-3},$$

де T_{i-1} і T_{i-2} — допуски розмірів для заданої поверхні проміжних заготовок, які виготовляють відповідно в переходах 2 і 3 операції 010; T_{i-3} — допуск кованки.

Поверхні проміжних заготовок можуть бути виконані за 12 і 14 квалітетами точності. Згідно з дод. 3 і 15 маємо:

$$T_{i-1} = 0,630; \quad T_{i-2} = 1,550; \quad T_{i-3} = 20,000.$$

Підставивши значення, запишемо

$$A_{i-3 \max} = 420076 + 12,100 + 0,630 + 1,550 + 20,000 = 454,356.$$

Після заокруглення розмір заданої поверхні кованки матиме вигляд

$$454,4_{-20,0} \text{ або } 299,4 \pm 10,0.$$

Порівняння отриманого розміру кованки з розміром цієї ж поверхні, визначеним табличним способом на рис. 10.10, свідчить, що розрахунковий розмір менший на 11,6 мм.

Завдання для самостійного розв'язування

1. Табличним способом визначити припуски на механічне оброблення та розміри кованок, виконаних вільним куванням валів, що виготовлені зі сталі 45, в умовах дрібносерійного виробництва для варіантів згідно з табл. 10.1.

Таблиця 10.1

Вихідні дані для завдання 1

Варіант	Рисунк	Зміна розмірів деталі	Варіант	Рисунк	Зміна розмірів деталі
1	10.8	Зменшення у 10 разів	8	10.10	Зменшення у 10 разів
2		Зменшення у 8 разів	9		Зменшення у 8 разів
3		Зменшення у 6 разів	10		Зменшення у 6 разів
4		Зменшення у 4 рази	11		Зменшення у 4 рази
5		Зменшення у 2 рази	12		Зменшення у 2 рази
6		Зменшення в 1,5 раза	13		Зменшення в 1,5 раза
7		Збільшення в 1,5 раза	14		Збільшення в 1,5 раза

Примітка. Розміри деталей на рисунках зменшити або збільшити відповідно до вказівок таблиці.

Вихідні дані для завдання 2

Варіант	Рисунок	Матеріал деталі	Основне устаткування	Поверхня для визначення припусків	
				Розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм
1	10.8	Сталь 40	Молот	300h10	10
2				200g6	0,63
3				233f6	0,32
4				180h7	1,25
5				284f7	0,63
6				263f8	2,5
7	10.10	Сталь 45	Прес	700h9	5
8				420g7	0,63
9				600f6	0,32
10				450g7	1,25
11				420g6	0,63

2. Розрахунковим способом визначити мінімальні припуски та розміри поверхонь кованок відповідно до вихідних даних табл. 10.2.

Для самостійних і домашніх завдань можна взяти інші деталі відповідно до відведеного для цього часу.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Класифікація операцій вільного кування, їх назви.
2. Переваги та недоліки заготованок, виготовлених вільним куванням.
3. Застосування заготованок, виготовлених куванням.
4. Основне устаткування та інструмент для кування.
5. Типи ковальських молотів, їх основні параметри.
6. Перелічіть і дайте визначення основних елементів кованок.
7. Порядок і правила конструювання кованок.
8. Визначення припусків на оброблення різанням та відхилення розмірів кованок.
9. Як визначають основний перетин для кованок типу східчастих валів, виготовлених на молотах?
10. Порядок визначення основного перетину для кованок типу східчастих валів, виготовлених на пресах.
11. Основні рекомендації для конструювання кованок.
12. Правила оформлення креслень кованок.
13. Як обчислити масу вихідної заготовки?
14. Правила визначення розмірів вихідної заготовки для кування.
15. Як розраховують масу падаючих частин молота та зусилля преса для кування?
16. Наведіть приклади застосування кованок.

ОБ'ЄМНЕ ГАРЯЧЕ ШТАМПУВАННЯ КОВАНОК

11.1. Технологічні процеси та способи об'ємного штампування кованок

У процесі об'ємного штампування (див. рис. 9.3) відбувається вимушений перерозподіл металу в штампі молота, преса чи машини. Гаряче об'ємне штампування звичайно застосовують у серійному та масовому виробництві для виготовлення кованок масою до 100 кг (для важкого машинобудування — 400 кг і більше). Об'ємне штампування ефективно для виготовлення кованок із малопластичних у холодному стані сталей та стопів, особливо з тих матеріалів, що погано обробляються іншими способами.

Основні технологічні операції штампування поділяють на *розділювальні, формозмінювальні та загальні*. До розділювальних операцій штампування відносять: *відрізування, розрізування, пробивання, обрізування та зачищування*. До формозмінювальних належать: *осаджування, висаджування, протягування, вигинання, закручування, прошивання, роздавання, підкатування, витискування, обтискування, карбування та калібрування*. Загальні операції — це *нагрівання, обдування, змащування та охолодження*.

Перевагами штампування порівняно з вільним куванням є більша точність форми, розмірів і якість поверхонь кованок, можливість виготовлення складних за формою заготованок, вищі коефіцієнт використання матеріалу та продуктивність праці, нижчі вимоги до кваліфікації робітників, ліпша придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів тощо.

Недоліками об'ємного штампування є складність і висока вартість технологічного спорядження, потреба в устаткуванні великої потужності, обмеження маси та габаритів виготовлюваних кованок, наявність облою, задирок тощо.

Залежно від складності форми та розмірів кованок застосовують *однорівчачове, багаторівчачове, розділене та комбіноване штампування*. Розділене штампування виконують у різних штампах на однотипних машинах, а комбіноване — на різномісних машинах.

За конструкцією використовуваних штампів розрізняють *відкрите, закрите та штампування витискуванням*. *Відкрите* штампу-

вання здійснюють у штампах, у яких передбачено проміжок між обома частинами штампа, що під час деформування металу зменшується. В остаточному штампувальному рівчаку для витікання зайвого металу передбачають спеціальну облоїну канавку навколо порожнини штампа, що створює опір витіканню металу, чим забезпечує сприятливі умови для заповнення остаточного рівчака штампа. Облої залежно від складності форми кованки може становити 10...40% її маси. *Закрите штампування* виконують у штампах, між частинами яких є тільки такий проміжок, що забезпечує відносний їх рух для деформування металу без можливості його витікання з порожнини штампа та утворення облою.

Проміжок між частинами штампа для відкритого штампування роблять між поверхнями, що паралельні до площини рознімання штампа, а для закритого штампування — між поверхнями, що перпендикулярні до неї.

Відсутність облою зменшує розхід металу, дає змогу уникнути операції його відрізування, але вимагає точного дозування маси вихідних заготованок. Закрите штампування придатне для отримання порівняно нескладних за формою кованок. Внаслідок зношування штампів кованки можуть мати задирки, що ускладнюють рознімання штампів, виштовхування кованок з них і вимагають додаткової операції їх відрізування.

Закрите штампування забезпечує вищу точність розмірів і якість поверхонь кованок. Значно ефективніше *штампування витискуванням*, яким отримують високоякісні заготованки з пластичних матеріалів. Недоліком цього способу є порівняно низька стійкість штампів, вищі енерговитрати та потреба в спеціальних машинах.

Досить широко застосовують також підкладні штампи, що не мають жорсткого закріплення на ковальському устаткуванні. На них виготовляють кованки масою до 150 кг нескладної форми, вони можуть бути відкриті чи закриті, вартість їх значно нижча. Основними їх недоліками є порівняно низька якість кованок, більші напуски та припуски на оброблення різанням.

Підсумуємо основні характерні ознаки всіх трьох способів об'ємного штампування.

Відкрите штампування:

1) об'єм металу, що міститься в порожнині штампа, більший, ніж об'єм готової кованки, та в процесі штампування частина його витікає через проміжок облоїної канавки, що сприяє ліпшому заповненню порожнини штампа;

2) напрямком витікання металу в облоїний проміжок перпендикулярний до напрямку руху половинок штампа в процесі штампування;

3) волокна металу спрямовані від середини кованки до облою та перерізаються під час його відрубування.

Закрите штампування:

1) об'єм металу у порожнині штампа в процесі штампування не змінюється;

2) задирки, що утворюються від витікання металу в проміжки між частинами штампа, незначні, а напрямок витікання металу в задирки паралельний до напрямку руху половинок штампа;

3) волокна металу кованки не перерізаються.

Штампування витискуванням:

1) об'єм металу в порожнині штампа в процесі штампування зменшується за рахунок його витіснення через передбачені отвори та проміжки для утворення необхідних частин кованки;

2) зайвий метал звичайно витісняється в зовнішню частину кованки, а згодом відрізається;

3) кованки відрізняються високою якістю металу, що забезпечується за рахунок всебічного його стискування.

За типом використаного устаткування розрізняють штампування на молотах, кривошипно-гарячощтампувальних пресах (КГШП), горизонтально-кувальних машинах (ГКМ), ротаційно-кувальних машинах (РКМ), радіально-кувальних машинах (РДКМ), швидкісних молотах (ШМ), гідравлічних, фрикційних і гвинтових пресах, спеціальних машинах тощо.

За робочою температурою штампування поділяють на гаряче, напівгаряче та холодне.

11.2. Добір способу та кількості переходів штампування

Добір способу штампування визначається складністю форми, розмірами та масою виготовлених кованок, маркою матеріалу та вимогами, що ставляться до його фізико-механічних властивостей, умовами виробництва тощо.

На рис. 11.1 зображено ескізи проміжних заготованок штампування пальця для трьох технологічних переходів. Кількість технологічних переходів штампування визначається складністю форми кованки, заданою її якістю, властивостями матеріалу, можливостями наявного устаткування, обсягом замовлення тощо. Вдалий добір кількості технологічних переходів зумовлює ефективність виготовлення кованок. Здебільшого для штампування простих за формою кованок достатньо одного—трьох переходів, а для штампування складних кованок потрібна більша їх кількість [6, 33].

Для визначення кількості переходів в окремих випадках користуються коефіцієнтами відносного обтискування чи витягування, особливо для штампування витискуванням.

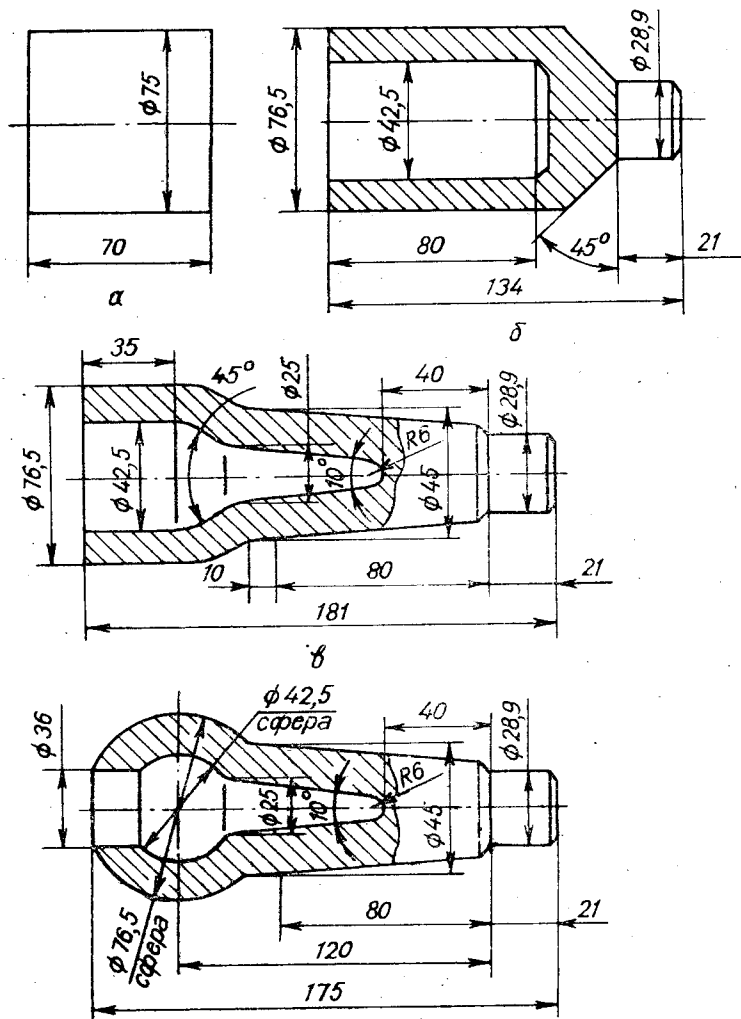


Рис. 11.1. Проміжні заготовки штампування пальця:
 а — вихідна заготовка; б — заготовка після комбінованого витискування; в, г — заготовки після обтискування стержня та головки.

Коефіцієнт відносного обтискування записують у вигляді

$$K_0 = \frac{F_{в.з} - F_з}{F_{в.з}}, \quad (11.1)$$

де K_0 — коефіцієнт відносного обтискування, $F_{в.з}$ і $F_з$ — площі по-

перечного перетину відповідно вихідної заготовки та заготовки, що отримана як результат її деформування, м².

Коефіцієнт витягування визначають за формулою

$$K_v = \frac{F_{в.з}}{F_з}, \quad (11.2)$$

де K_v — коефіцієнт витягування.

Для значень $K_v \leq 8$ метал легко витискається, однак потовщена частина кованки може не досить щільно заповнюватись, для значень $K_v = 8-15$ у потовщеній частині кованки може утворюватись торцева задирка, а для значень $K_v > 15$ витискування не рекомендується через можливе заклинювання пуансона.

В одному рівчаку (технологічному переході) виготовляють кованки простої форми з коефіцієнтом витягування $K_v \leq 8$, кованки складної форми — зі загальним значенням коефіцієнта витягування $K_v \leq 10$. Кованки складніших форм штампують із більшими значеннями коефіцієнта витягування за два та більше переходів.

Інколи кількість технологічних переходів визначають за швидкістю витікання металу

$$V_m = \frac{F_{в.з}}{F_з} V_n = K_v V_n, \quad (11.3)$$

де V_m і V_n — швидкість відповідно витікання металу та руху пуансона, м/с.

Рекомендації з визначення кількості технологічних переходів за коефіцієнтами обтискування, витягування та швидкістю витікання металу для різних матеріалів і форм кованок наведені в довідковій та спеціальній літературі [6, 13, 31, 32, 33].

На практиці часто кованки, виготовлені на різних типах штампувального устаткування, поділяють на групи та підгрупи за складністю їх форм і для кожної з них за галузевими чи заводськими рекомендаціями визначають кількість і послідовність виконання технологічних переходів.

Для штампування кованок у відкритих штампах використовують рівчаки трьох груп. До першої групи належать попередній (чорновий) та остаточний (чистовий) штампувальні рівчаки. Порожнину остаточного рівчака виконують за формою та розмірами готової кованки з урахуванням усідання та температурного розширення металу. Для виходу зайвого металу, створення належного опору цьому виходу з метою ліпшого заповнення порожнини рівчака вздовж його периметра виконують облойну канавку. Попередній рівчак також має форму близьку до форми кованки, та не має облойної канавки. До другої групи належать заготовельні рівчаки (рис. 11.2), призначені для попереднього дефор-

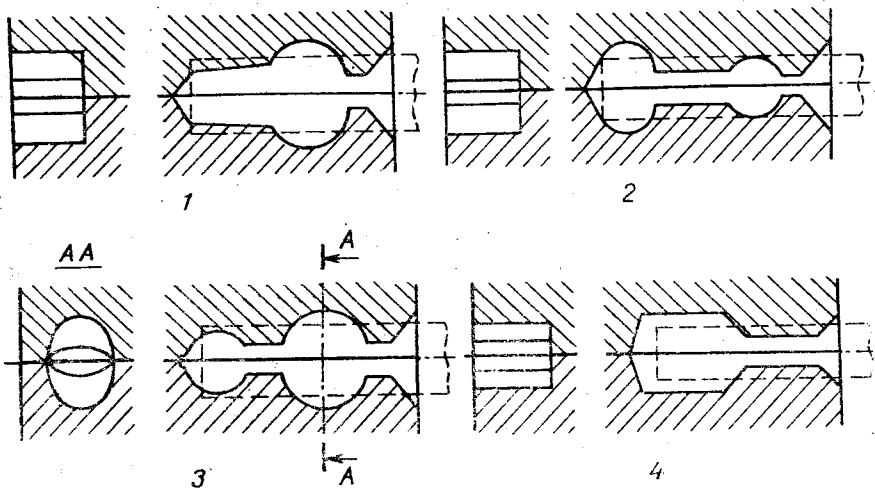


Рис. 11.2. Заготівельні рівчаки молоткових штамів:

1 — формувальний; 2 — підкатний (перетискний) відкритий; 3 — підкатний закритий; 4 — протяжний.

мування вихідної заготовки та отримання придатної форми проміжної кованки для подальшого деформування її у штампувальних рівчаках. Заготівельні рівчаки, залежно від застосованого способу штампування, поділяють на рівчаки зі штампуванням плазом (поперек осі заготовки) та осаджуванням у торець (вздовж осі заготовки).

Заготівельні рівчаки зі штампуванням плазом — це формувальні, підкатні (відкритий та закритий), протягувальні (відкритий та закритий), перетискні та вигинальні.

До заготівельних рівчаків зі штампуванням осаджуванням в торець належать спеціальний формувальний і сплющувальний рівчаки. До обох типів відносять такі заготівельні рівчаки, як висаджувальний та спеціальний протягувальний.

Третя група представлена відрубувальними рівчаками, що використовуються для відокремлення заготовки від прутка, штаби чи іншої вихідної заготовки у разі виготовлення з неї кількох кованок.

11.3. Штампування кованок на молотах

Штампування кованок виконують за допомогою підкладних і стаціонарно закріплених до бойків молота штамів за 3—5 ударів. Для штампування кованок використовують такі молоти: пневматичні, пароповітряні, фрикційні, гвинтові, гідравлічні, безшаботні

з рухомою нижньою бабою тощо. Маса падаючих частин штампувальних молотів звичайно в 500—1000 разів більша від маси кованки та визначається залежно від потрібної потужності на виконання роботи деформування металу кованки [13]. Виготовляють молоти з масою падаючих частин від 630 до 2500 кг.

Штампування на молотах дає змогу регулювати енергію ударів та їх частоту, деформувати кованки в кожному окремому рівчаку за один чи декілька ударів та забезпечує (порівняно зі штампуванням на пресах) ліпші умови заповнення порожнини рівчаків штамів, що пояснюється великою швидкістю деформування металу. Недоліками штампування на молотах є малий коефіцієнт корисної дії, низька продуктивність праці, складність механізації та автоматизації виготовлення кованок, швидке зношування штамів, недопустимість використання складаних штамів, підвищені витрати металу порівняно з іншими способами штампування, невисока точність форми та розмірів кованок, труднощі з використанням закритих штамів і штамів для висаджування. Крім цього, штампувальні молоти вимагають для їх установаження громіздких фундаментів, наявності котельних чи компресорних станцій, створюють сильний шум у процесі їх роботи тощо.

Штампування на молотах малих і середніх кованок часто не економічне, тому їх виготовляють по дві, три та більше в одному штамі. На молотах здійснюють штампування кованок з прутка з одночасним їх відрізуванням.

Для фасонування кованок на молотах застосовують багаторівчаківі штампи. Та їх використання не завжди доцільне, оскільки виконання підготовчих переходів у заготівельних рівчаках молотів штамів малоефективне. Більш раціональним є виконання на молотах переходів фасонування заготовки, попередньо отриманих іншими способами (вальцюванням, прокатуванням, вільним куванням тощо).

Кількість і послідовність переходів штампування кованок на молотах в основному визначається складністю їх форми. За конструктивно-технологічною складністю форми гарячощамповані кованки поділяють на чотири групи за зростанням їх складності. На молотах виготовляють кованки тільки перших трьох груп. На рис. 11.3—11.5 зображені кованки відповідно першої, другої, третьої та четвертої груп складності форми.

Кованки першої групи штамнують у багаторівчаківих штампах протягуванням, підкатуванням, вигинанням, попереднім та остаточним штампуванням. Кованки другої групи штамнують за один—три переходи осаджуванням, витискуванням і прошиванням. Кованки третьої групи штамнують осаджуванням, перетискуванням, попереднім і остаточним штампуванням. Якщо кованку не можна чітко віднести до однієї з груп, то штампувальні переходи комбінують для двох суміжних груп.

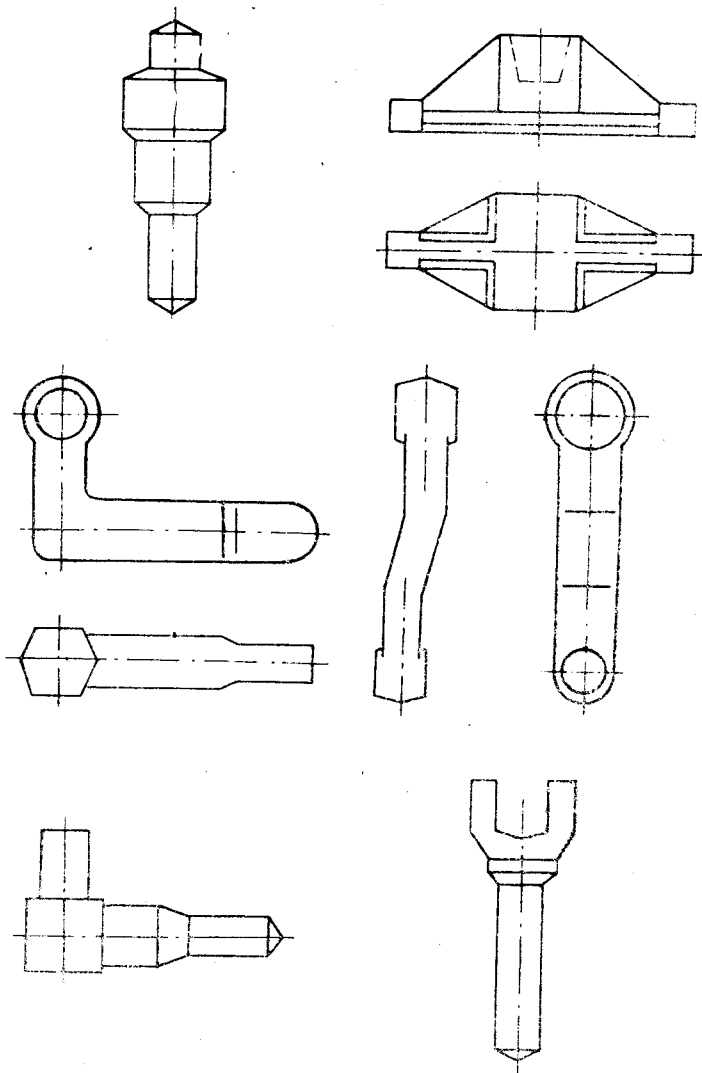


Рис. 11.3. Кованки першої групи складності, які штампують на молотах.

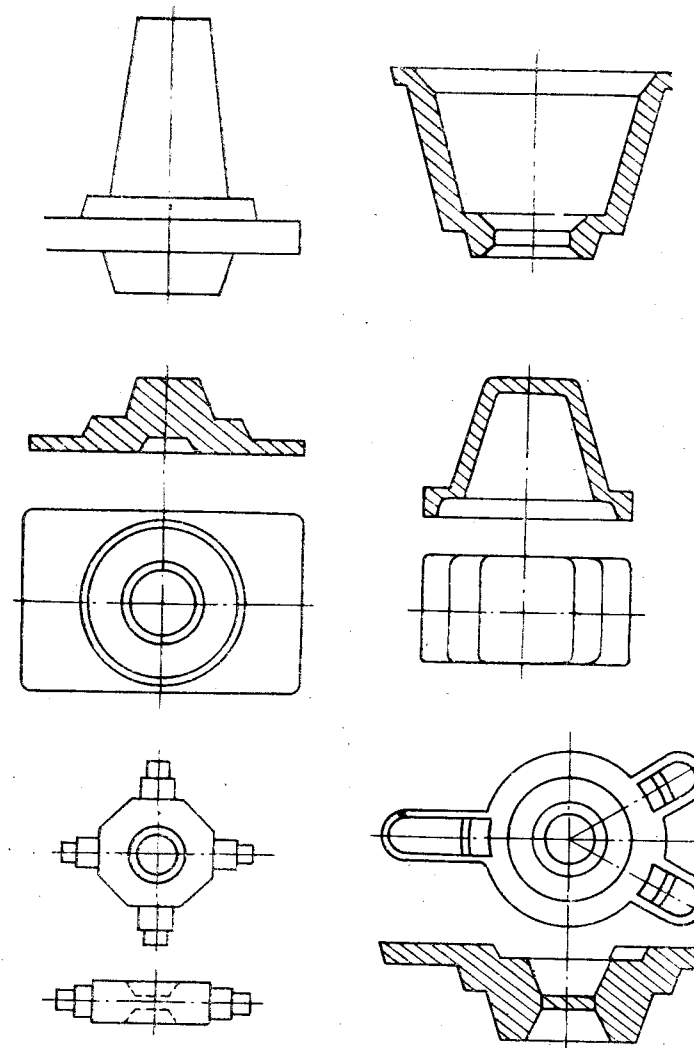


Рис. 11.4. Кованки другої групи складності, які штампують на молотах.

Для визначення технологічних переходів, їх кількості та послідовності виконання вивчають і застосовують передовий досвід. У процесі конструювання штампів доцільно розташовувати всі рівчаки в одному штампі (рис. 11.6). Коли це не вдається, то застосовують два та більше штампів, але встановлюють їх на молотах,

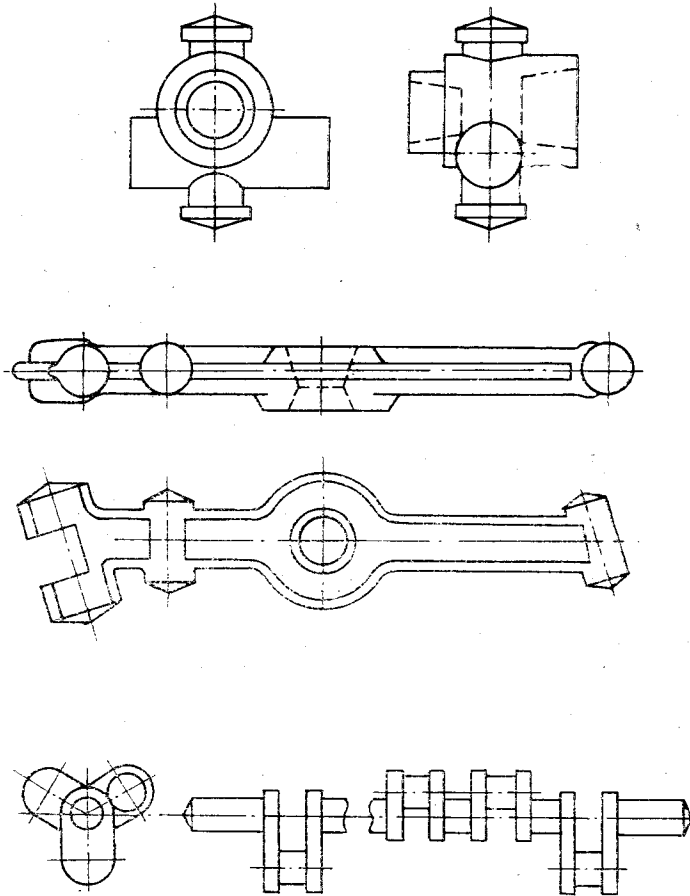


Рис. 11.5. Кованки третьої та четвертої груп складності, які штампують на молотах.

розташованих поруч. Це дає змогу виконувати весь процес штампування за допомогою одного нагрівання вихідних заготовок і ефективніше використовувати засоби механізації та автоматизації їх транспортування під час виготовлення.

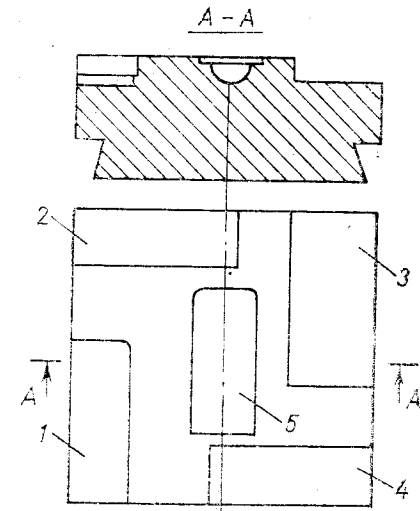


Рис. 11.6. Схема розташування ривчаків на молотовому штампі:

1 — формувальний; 2 — підкатний; 3 — розплющувальний; 4 — перетискний (вигинальний); 5 — остаточний.

11.4. Визначення форми та розмірів заготівельних ривчаків

Часто для визначення форми та розмірів заготівельних ривчаків будують так звані розрахункові заготовки та епюри їх поперечних перетинів [8, 17]. Розрахунковою називають умовну заготовку з круглими перетинами, площі яких дорівнюють сумі площ відповідних перетинів кованки та облою (рис. 11.7). Для заданої кількості точок вздовж осі кованки визначають площі поперечних перетинів розрахункової заготовки

$$F_p = F_k + F_o, \quad (11.4)$$

де F_p , F_k і F_o — площі поперечного перетину відповідно розрахункової заготовки, кованки та облою, м².

Для кожного з дібраних перетинів знаходять діаметр круглої розрахункової заготовки

$$D_p = 1,13\sqrt{F_p}, \quad (11.5)$$

де D_p — діаметр круглої розрахункової заготовки, м.

Епюру перетинів будують у довільному масштабі, відкладаючи вздовж осі ординат відповідні значення F_p . За допомогою епюри легко визначити об'єм розрахункової заготовки, як площу епюри вздовж осі абсцис з урахуванням масштабу. Беручи до уваги

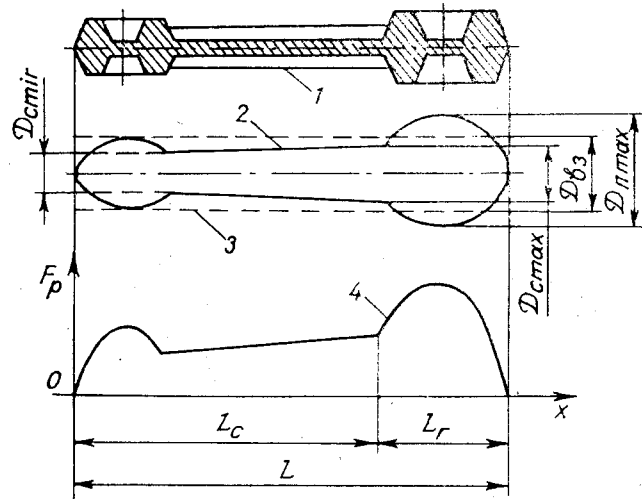


Рис. 11.7. Схема побудови розрахункової заготовки: 1 — ковanka; 2 — розрахункова заготовка; 3 — вихідна заготовка; 4 — еюра перетинів.

об'єм розрахункової заготовки, визначають діаметр вихідної циліндричної заготовки

$$D_{в.з} = 1,13 \sqrt{\frac{V_p}{L_{р.з}}}, \quad (11.6)$$

де $D_{в.з}$, $L_{р.з}$ — відповідно діаметр та довжина вихідної заготовки, м; V_p — об'єм розрахункової заготовки, м³.

Частину розрахункової заготовки, в межах якої $D_p > D_{в.з}$, називають головкою, а частину розрахункової заготовки, для якої $D_p < D_{в.з}$, — стержнем.

Різницю об'ємів головки та відповідної їй частини вихідної заготовки в межах довжини головки називають об'ємом, якого не вистачає, і визначають як

$$V_{н.г} = V_r - \frac{\pi D_{в.з}^2 L_r}{4}, \quad (11.7)$$

де $V_{н.г}$, V_r — відповідно об'єми, яких не вистачає для головки і самої головки, м³; L_r — довжина головки, м.

Різницю об'ємів вихідної головки в межах довжини стержня називають надлишковим об'ємом і записують у вигляді

$$V_{н.с} = \frac{\pi D_{в.з}^2 L_c}{4} - V_c, \quad (11.8)$$

де $V_{н.с}$ і V_c — відповідно надлишковий об'єм і об'єм стержня, м³; L_c — довжина стержня, м.

Виконувана в процесі штампування робота залежить від співвідношень

$$\alpha = \frac{D_{к \max}}{D_{в.з}}, \quad (11.9)$$

$$\beta = \frac{L_{в.з}}{D_{в.з}},$$

$$k = \frac{D_{с \max} - D_{с \min}}{L_c}, \quad (11.10)$$

де $D_{к \max}$, $D_{с \max}$, $D_{с \min}$ — максимальні та мінімальні діаметри відповідно кованки та стержня, м; k — конусність стержня.

Визначивши коефіцієнти α , β і k за допомогою діаграми (рис. 11.8), можна наближено встановити склад заготівельних рівчаків для штампування кованок на молотах чи пресах [8, 17]. Поля між кривими відповідають штампуванню без попередніх рівчаків (1), з перетискним рівчаком (2), з підкатувальним відкритим рівчаком (3), з підкатувальним закритим рівчаком (4), з одним протягувальним чи з протягувальним та підкатувальним рівчаками (5). Для значень $k > 0,05$ вибирають протягувальний та закритий підкатувальний рівчакі, для $k = 0,02 - 0,05$ — протягу-

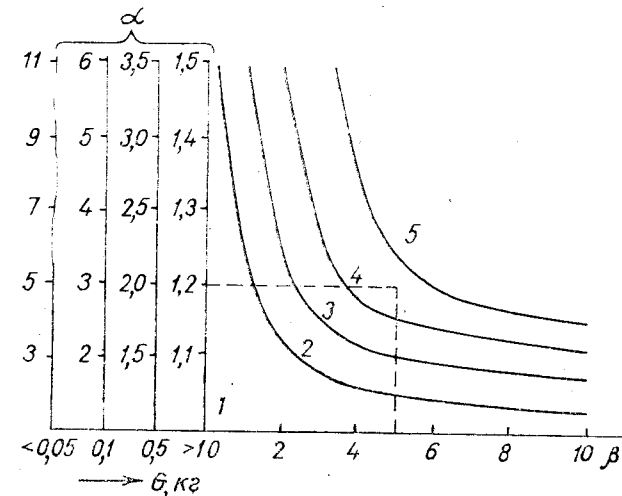


Рис. 11.8. Діаграма для визначення заготівельних рівчаків.

вальний та відкритий підкатувальний, а для $k < 0,02$ — протягувальний та перетискний.

Розглянемо порядок користування діаграмою на прикладі, в якому $\alpha = 1,2$; $\beta = 5,0$; $k = 0,03$; $G = 2,3$ кг. Вздовж осі координат для $G = 1$ кг відраховуємо відрізок $\alpha = 1,2$ та проводимо праворуч горизонтальну лінію, відзначивши на ній відрізок $\beta = 5$, одержуємо точку перетину, що міститься на полі 4. Це означає, що рекомендується підкатувальний закритий рівчак. Інколи, для добору заготівельних рівчаків доцільно [13] використовувати тільки коефіцієнт підкатування α . Враховуючи групу складності кованки, значення α та беручи до уваги рекомендації довідкової чи спеціальної літератури, встановлюють склад заготівельних рівчаків. Наприклад, для штампування на молотах кованок другої групи складності їх форми для значень α близьких до одиниці призначають тільки один штампувальний остаточний рівчак (без заготівельних), для $\alpha = 1,1$ — попередній та остаточний рівчак, для $\alpha = 1,2$ — формувальний, для $\alpha = 1,3$ — відкритий підкатувальний, а для $\alpha = 1,6$ — закритий підкатувальний.

Якщо під час виготовлення кованок застосовують операцію вигинання, розрахункову заготованку будують за її розгорткою чи для окремих частин.

Розглянемо загальні рекомендації для визначення заготівельних рівчаків.

Для простої за формою розрахункової заготованки заготівельні рівчак вибирають безпосередньо за коефіцієнтом підкатування. За наявності у розрахункової заготованки частин з $\alpha \geq 1,2$ чи головки складної форми доцільно крім протягувального рівчак застосовувати ще й формувальний чи відкритий підкатувальний рівчак.

Якщо розрахункова заготованка складна за формою, то заготівельні рівчак визначають для кожної окремої її частини, а кількість рівчаків приймають як для найбільш складної частини заготованки.

Добираючи заготівельні рівчак, слід ураховувати стан і якість вихідних заготованок. Використання як вихідних заготованок кованок періодичного прокатування чи вальцювання суттєво спрощує штампування та часто дає змогу обходитись без заготівельних рівчаків у штампах.

11.5. Визначення маси падаючих частин штампувального молота

Основним параметром штампувальних молотів, за яким визначають потрібний типорозмір чи конструкцію молота, є маса падаючих частин. У багатосерійному та масовому виробництві масу

падаючих частин знаходять за допомогою точних розрахунків, на підставі яких і визначають потрібний для заданого ТП молот.

У дрібносерійному та одиничному виробництві масу падаючих частин молотів визначають наближено — за номограмами, що виготовляють для заданих виробничих умов, форм і розмірів кованок, чи за наближеними розрахунками. Наприклад, масу падаючих частин штампувальних молотів для виготовлення кованок другої групи в умовах дрібносерійного виробництва знаходять [13] за формулою

$$G_{ш.м} = K_{ш.м} F_K \quad (11.12)$$

де $G_{ш.м}$ — маса падаючих частин, кг; F_K — площа проекції кованки з об'ємом на площину рознімання штампа, m^2 ; $K_{ш.м}$ — коефіцієнт, що враховує тип молота, для простих молотів $K_{ш.м} = 120\,000$, а для молотів подвійної дії $K_{ш.м} = 50\,000$.

У точних розрахунках беруть до уваги форму та розміри кованки, містка облойної канавки та межу плинності матеріалу кованки при температурі штампування.

Наприклад, для штампування некруглої в плані кованки у відкритому штампі необхідну для штампування масу падаючих частин молота визначають як

$$G_{м.н} = 5,6 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma_{н} (1 - 0,0005 \cdot D_{зв}) \times \\ \times \left\{ 3,75 \left(b_0 + \frac{D_{зв}}{4} \right) (75 + 0,001 \cdot D_{зв}^2) + D_{зв} \frac{b_0^2}{2} + \frac{b_0 D_{зв}}{4} + \frac{D_{зв}^2}{50} \right. \\ \left. \cdot \ln \left[1 + \frac{2,5(75 + 0,001 D_{зв}^2)}{D_{зв} h_0} \right] \right\} \left(1 + 0,1 \sqrt{\frac{L_K}{B_{ср}}} \right), \quad (11.13)$$

де $D_{зв}$ — зведений діаметр кованки, мм; $D_{зв} = 1,13 \sqrt{F_K}$; F_K — площа проекції кованки на площину рознімання штампа, mm^2 ; L_K — довжина кованки, мм; b_0 , h_0 — ширина та висота облойного містка, мм; $\sigma_{н}$ — межа плинності матеріалу кованки при температурі кінця штампування, МПа; $B_{ср}$ — середня ширина кованки, мм;

$$B_{ср} = \frac{F_K}{L_K}$$

Наприклад, для сталі 35, температури штампування $1000^\circ C$, $\sigma_{н} = 42$ МПа ($\sigma_{н} = 500$ МПа), $F_K = 16200$ mm^2 , $D_{зв} = 1,13 \sqrt{16200} = 144$; $L_K = 200$ мм, $B_{ср} = \dots = 81$ мм.

Підставивши значення в (11.13), отримаємо $G_{м.н} = 1800$ кг.

Для штампування у закритих штампах масу падаючих частин молота беруть на 20...25% меншою за розрахункову чи визначену за відповідною номограмою.

Таблиця 11.1

Наближені дані взаємозалежності маси кованок, продуктивності устаткування та маси падаючих частин пароповітряних штампувальних молотів

Маса падаючих частин, кг	Маса кованок, кг	Продуктивність, кг/год
630	1	200
1000	1...1,25	300
2000	2,5...7	600
3150	7...17	1000
5000	20...40	1750
10000	70...100	3000
16000	160...180	5000

Наближені дані взаємозалежності маси кованок, продуктивності устаткування та маси падаючих частин штампувальних пароповітряних молотів наведено в табл. 11.1.

11.6. Штампування кованок на КГШП

Особливістю кінематичної схеми кривошипно-гарячостампувальних пресів (КГШП), що забезпечує жорсткий зв'язок між приводом і повзуном (рис. 11.9), є можливість створення великих зусиль штампування у нижній позиції повзуна від незначного крутного моменту приводу. Ця обставина сприяє процесу штампування, в якому найбільший опір деформуванню металу виникає також у нижчій позиції верхньої половини штампа, коли досягає максимального значення об'єму металу, що одночасно деформується. КГШП широко застосовують у штампувальному виробництві.

Переваги цього способу — висока точність форми та розмірів кованок, коефіцієнт використання матеріалу, продуктивність праці, коефіцієнт корисної дії основного устаткування, менша вартість кованок, відсутність ударних навантажень, ліпші умови праці, менші навантаження на виробничі будівлі, можливість використання складаних (універсальних) штампів замість суцільних, придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів.

Використання виштовхувачів в обох частинах штампів дає змогу зменшити штампувальні нахили, пропуски на оброблення різанням.

Штампування на КГШП виконують за один хід у кожному рівчаку. КГШП, які випускає промисловість, мають 35—95 робочих ходів за хвилину, робочі зусилля від 6,3 до 100 МН і потужність від 20 до 500 кВт [11].

Недоліками штампування на КГШП є висока вартість пресів, менша, ніж у молотів, швидкість деформування металу, що інколи

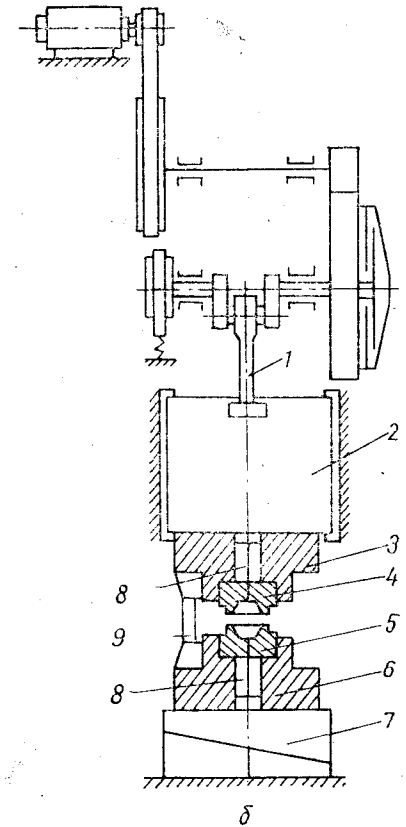
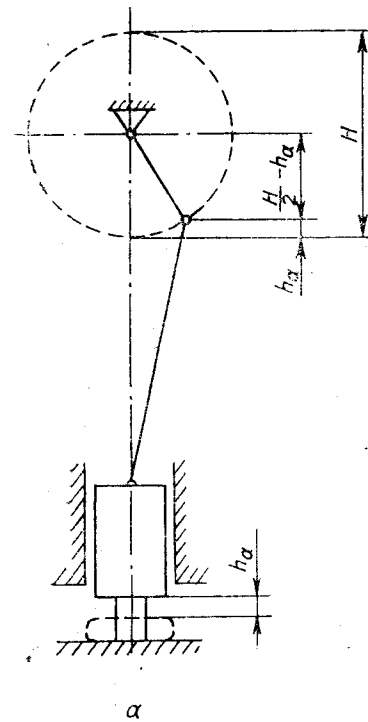


Рис. 11.9. Схеми кривошипно-шатуного механізму (а) та КГШП (б):
1 — приводний механізм; 2 — повзун; 3, 6 — плити штампа; 4, 5 — рівчаківі вклади штампа; 7 — стіл; 8 — виштовхувачі; 9 — напрямна колона.

погіршує умови заповнювання порожнини штампа, небезпека заклинювання та ламання преса у нижній позиції штампа у разі переохолодження металу кованки, необхідність у регулярному очищенні проміжних заготовок від циндри, менша універсальність, складніша конструкція, потреба точного регулювання, неможливість штампування однієї кованки за кілька робочих ходів тощо.

На КГШП часто виконують такі операції штампування: осаджування, перетискування, вигинання, попереднє та остаточне штампування у відкритих і закритих штампах, штампування витискуванням, калібрування, відрубання тощо.

11.6.1. КЛАСИФІКАЦІЯ КОВАНОК

Залежно від характеру формоутворення та переміщення металу під час його деформування кованки, виготовлювані на КГШП,

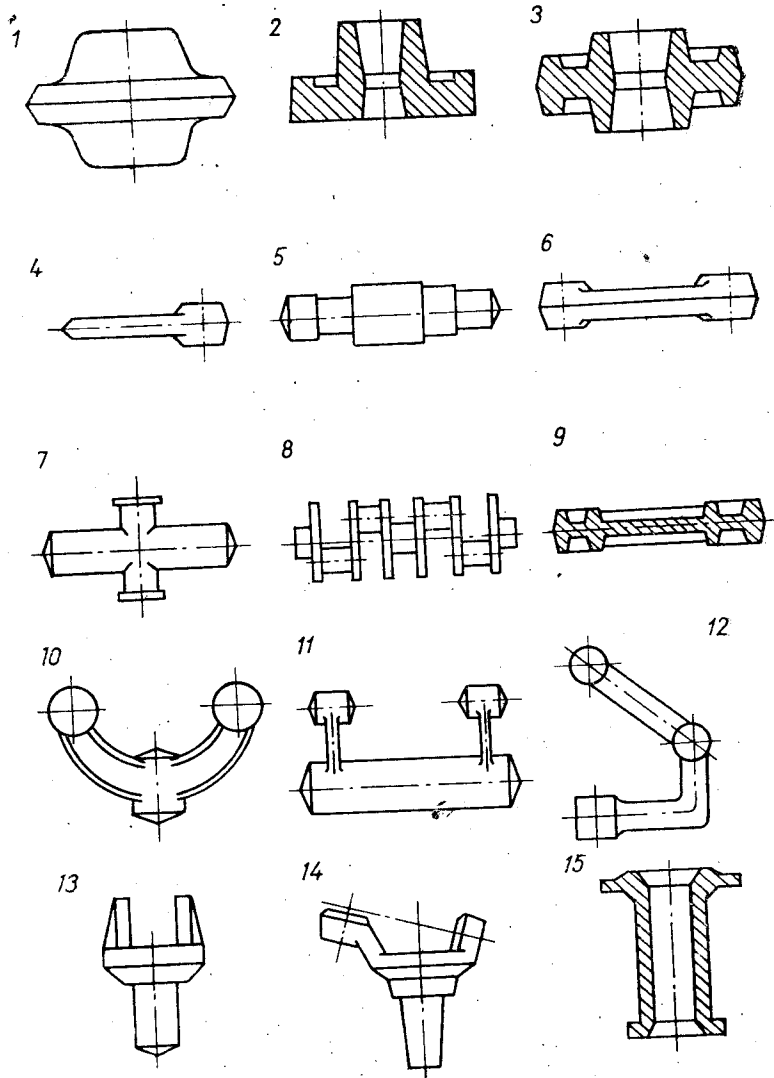


Рис. 11.10. Кованки, виготовлені на КГШП:

1-3 — перша; 4-6 — друга; 7-9 — третя; 10-15 — четверта групи складності.

поділяють на два класи: з переважанням процесу осаджування та з переважанням процесу витискування.

Залежно від конфігурації та складності форми кованки поділяють на чотири групи (рис. 11.10). Кованки першої та другої груп виготовляють в одному-трьох рівчаках, кованки третьої групи вимагають для їх виготовлення фасонних вихідних заготовок, кованки четвертої групи — вигинального рівчака та витискування.

На КГШП звичайно виготовляють кованки шатунів, важелів, цапф, клапанів, стаканів, колінчастих валів, зірок, зубчастих коліс, шківів тощо.

11.6.2. ВИЗНАЧЕННЯ ЗУСИЛЛЯ ШТАМПУВАННЯ ТА ДОБІР ПРЕСА

Максимальні зусилля штампування виникають в остаточному рівчаку, коли заготовка має найбільші розміри та найскладнішу форму. Потрібні зусилля штампування для круглих і квадратних у плані кованок, а також кованок, наближених до них за формою проєкції в плані, визначають [13] як

$$P_{ш.к} = \sigma_{п} \left[(1,5 + \mu_0 \frac{b_0}{h_0}) F_0 + \left(\frac{2\mu_0 b_0}{h_0} - 0,375 + 1,25 \ln \frac{D_{к}}{h_0} \right) F_{к} \right], \quad (11.14)$$

а для видовжених у плані кованок прямокутної та близької до неї форми у вигляді

$$P_{ш.в} = 1,55 \sigma_{п} \left[(1 + \mu_0 \frac{b_0}{h_0}) F_0 + \left(\frac{2\mu_0 b_0}{h_0} - 0,25 + 1,25 \ln \frac{B_{к}}{h_0} \right) F_{к} \right], \quad (11.15)$$

де $\sigma_{п}$ — межа плинності матеріалу кованки при температурі штампування, Па; μ_0 — коефіцієнт зовнішнього тертя на містку облою, $\mu_0 = 0,5$; b_0, h_0 — ширина та товщина містка облою, мм; F_0 — площа проєкції містка облою, мм²; $D_{к}, B_{к}$ — площа проєкції кованки в плані, мм²;

$$D_{к} = 1,13 \sqrt{F_{к}}; \quad B_{к} = \frac{F_{к}}{L_{к}},$$

$L_{к}$ — максимальний розмір кованки в плані, мм.
Формули (11.14) і (11.15) дійсні для значень

$$\frac{D_{к}}{h_0} = 15 - 65 \quad \text{і} \quad \frac{B_{к}}{h_0} = 15 - 65.$$

У закритих штампах зусилля штампування записують як

$$P_{ш.з} = \sigma_{п} \left[2,07 \left(1 - \frac{2r_2}{D_k} \right)^2 + 1,5 \ln \frac{1,5H_k}{2r_2} + 12 \frac{r_2}{D_k} \left(1 - \frac{r_2}{D_k} \right) - 4,5 \frac{H_k}{D_k} + 1,92 \frac{H_k^2}{D_k^2} + \frac{D_k}{6H_k} + \frac{2}{D_k} (H_k - r_1 - r_2) - 1,5 \right] F_k, \quad (11.16)$$

де r_1 — радіус заокруглення пуансона, мм; r_2 — радіус заокруглення дна матриці, мм; H_k — висота кованки, мм.

Визначити зусилля преса для штампування витискуванням ще складніше [13]. Тому часто використовують наближені розрахунки. Наприклад, зусилля штампування витискуванням кованок другої групи

$$P_{ш.в} = K_{ш.в} \left(\sqrt{\frac{D_r}{D_c}} - 0,8 \right) \sigma_{п} F_r, \quad (11.17)$$

де $P_{ш.в}$ — зусилля штампування витискуванням, МН; $K_{ш.в}$ — коефіцієнт, що враховує швидкість пресів, для пресів з кількістю ходів за хвилину меншим, ніж 40 $K_{ш.в} = 12,5$; а для пресів з кількістю ходів за хвилину більшим, ніж 40 $K_{ш.в} = 15$; F_r — площа проєкції в плані потовщеної частини кованки, м; D_r і D_c — діаметри відповідно головки та стержня кованки, мм.

Наближені дані взаємозалежності маси кованок, продуктивності та зусилля КГШП наведені в табл. 11.2.

Таблиця 11.2

Наближені дані взаємозалежності маси кованок, продуктивності та зусилля КГШП

Маса кованок, кг	Зусилля преса, МН	Продуктивність, кг/год
0,1—1	6,3	400
1—2,5	10,0	600
2,5—7	16,0	800
7—18	25,0	1100
18—30	40,0	1800
30—50	63,0	2800

11.7. Штампування кованок на гвинтових фрикційних пресах

За характером роботи гвинтові преси займають проміжне місце між штампувальними молотами та КГШП. Швидкість руху повзуна гвинтового преса 1...3 м/с. Це в 4—6 разів менше, ніж швидкість баби молота, але більше, ніж швидкість повзуна КГШП.

На гвинтових пресах можна виконувати штампування за кіль-

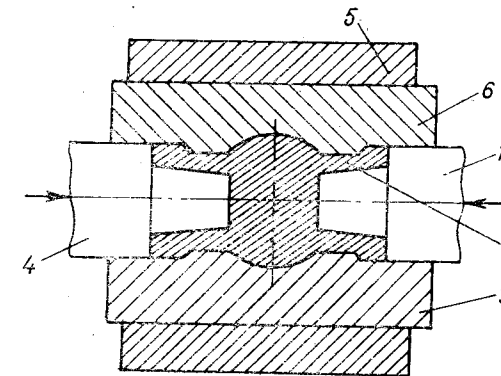


Рис. 11.11. Штампування кованок прошиванням у розніжній матриці:
1, 4 — пуансон; 2 — кованка; 3, 6 — частини розніжної матриці; 5 — обойма.

ка ударів, як і на молоті. Наявність нижнього виштовхувача збільшує номенклатуру виготовлюваних кованок, а значний робочий хід (до 700 мм) дає змогу виготовляти кованки зі значною висотою. На цих пресах виконують штампування відкрите, закрите та штампування витискуванням (рис. 11.11). Тривалий контакт нижньої частини штампа з кованкою спричинює перегрівання та зниження стійкості штампів, тому сталеві кованки на цих пресах штампують рідко. Гвинтові преси досить універсальні, мають невисоку продуктивність, що зумовлюється їх тихохідністю та неможливістю використання багаторівчачових штампів (не припускається ексцентричне прикладання навантаження на повзун). Застосування гідروгвинтових та електрогвинтових приводів дало змогу значно розширити технологічні можливості цих пресів.

До переваг фрикційних гвинтових пресів відносять можливість деформування металу у кожному рівчаку штампа кількома ударами. Сумарна деформація металу в такому разі може бути навіть більшою, ніж деформація з використанням КГШП, що має однакове зусилля з фрикційним. Порівняно з молотами фрикційні преси однакової з ними потужності розвивають швидкість ударів удвічі меншу (3 м/с замість 6 м/с).

До недоліків гвинтових пресів належать їх порівняно низька продуктивність, тому вони здебільшого застосовуються у дрібносерійному виробництві для виготовлення малих і середніх кованок.

З використанням гвинтових пресів значно поширилося штампування «в торець» та штампування у відкритих штампах, рідше вдаються до закритого штампування та розніжних матриць. Значно розширює номенклатуру виготовлюваних кованок обладнання штампів виштовхувачами.

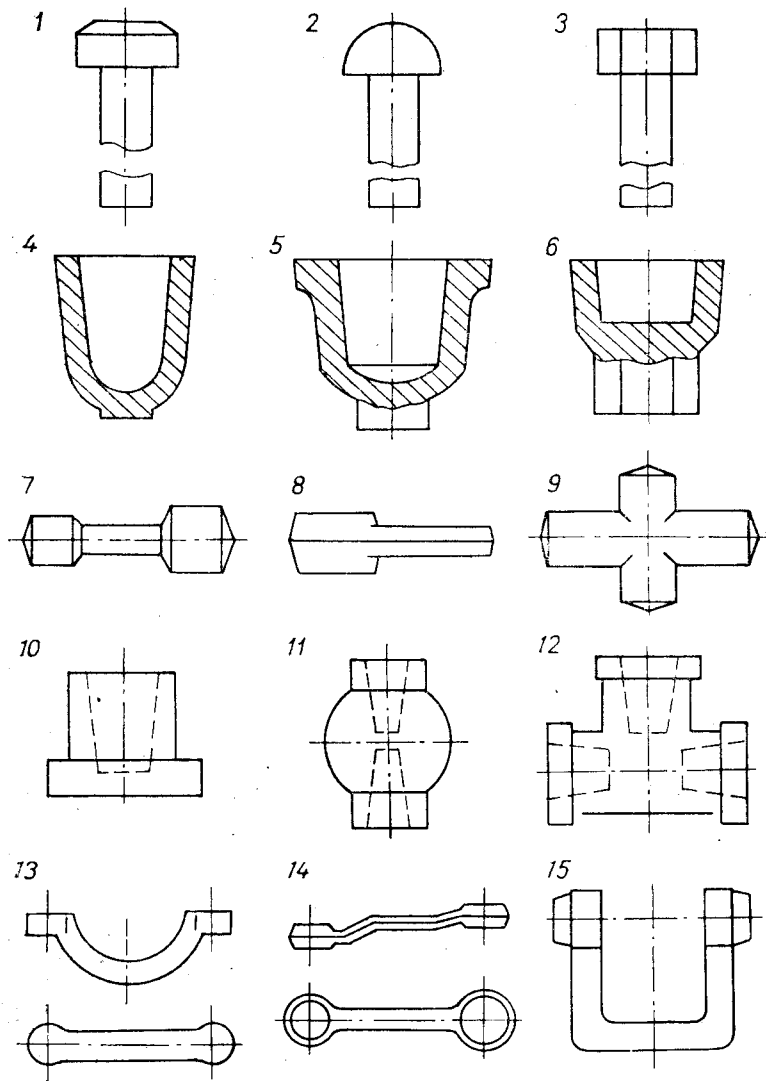


Рис. 11.12. Кованки, виготовлені на гвинтових пресах:
1-3 — перша; 4-6 — друга; 7-10 — третя; 11-15 — четверта групи складності.

Гвинтові фрикційні преси виготовляють з номінальними зусиллями 0,4 ... 16 МН, а гідрогвинтові — з номінальним зусиллям до 100 МН. Ці преси легко механізуються та автоматизуються, що

сприяє їх використанню у гнучких виробничих системах переважно у серійному виробництві.

Кованки, виготовлені на гвинтових пресах, зображені на рис. 11.12.

11.8. Штампування кованок на гідравлічних пресах

Гідравлічні преси відрізняються тихохідністю, практично обмеженою довжиною робочого ходу та значною потужністю. За потужністю — це найбільше ковальсько-штампувальне устаткування (зусилля до 750 МН). Швидкість руху робочої траверси 0,1 ... 0,2 м/с. Особливістю гідравлічних пресів є можливість забезпечити стабільне зусилля штампування протягом тривалого відрізка часу незалежно від деформування. Гідравлічні преси обладнують автоматичними виштовхувачами, що значно розширює номенклатуру кованок. На гідравлічних пресах виконують штампування витискуванням, відкрите та закрите штампування, прошивання, протягування, багаторівчачкове штампування складних за формою та великих за масою й розмірами кованок, а також кованок з важкодеформовних матеріалів.

На гідравлічних пресах часто використовують складані та багатопуансонні штампи, як із суцільною, так і з рознімною матрицею. Багатосекційні пуанسونи дають змогу деформувати загото-

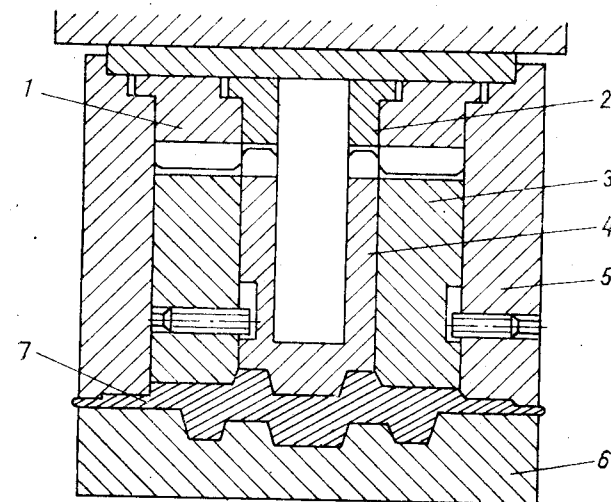


Рис. 11.13. Трисекційний штамп для штампування диска:
1, 2 — зубчасті регулювальні втулки; 3-5 — секції пуансона; 6 — матриця; 7 — кованка.

ванку послідовно окремими частинами за кілька ходів робочої траверси. На рис. 11.13 зображено штамп для штампування диска з трисекційним пуансоном. Окремі його секції приводяться в рух за допомогою спеціального пристрою, що в процесі зворотного ходу робочої траверси повертає на заданий кут обмежувальні кільця.

Недоліком гідравлічних пресів є порівняно низька стійкість штампів, зумовлена довготривалим контактом з гарячим металом кованки. Для підвищення стійкості штампів преси обладнують водяним охолодженням, змащують робочі поверхні пуансонів і матриць, а масивні деталі штампів роблять порожнистими. Кованки, що штампуються на гідравлічних пресах, поділяють на чотири групи: перша — гільзи та стакани, друга — диски та фланці, третя — хрестовини, четверта — панелі тощо.

11.9. Штампування кованок на горизонтально-кувальних машинах

Особливістю горизонтально-кувальних машин (ГКМ) є використання в їх конструкціях кривошипно-шатунних механізмів і наявність двох площин рознімання штампа: однієї — в самій матриці, другої — між матрицею та пуансоном (рис. 11.14). У роз-

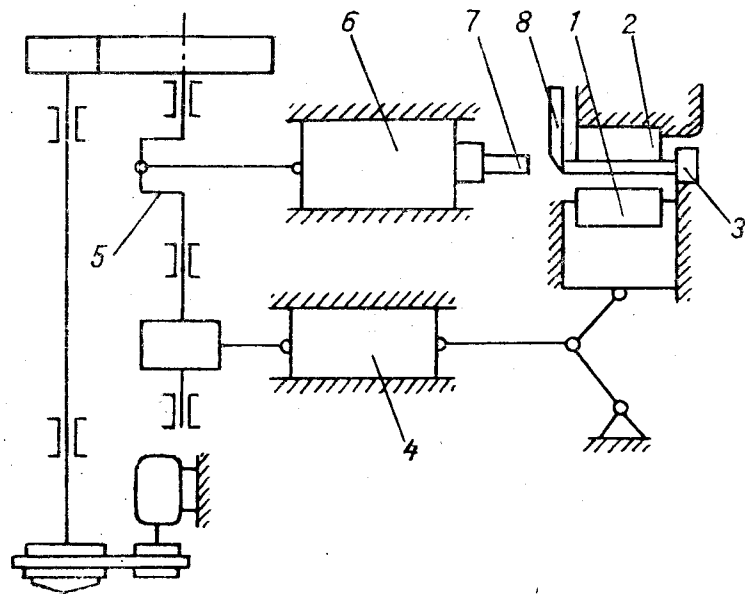


Рис. 11.14. Схема ГКМ:

1, 2 — рознімна матриця; 3 — кованка; 4, 6 — повзуни; 5 — привод руху повзунів; 7 — пуансон; 8 — упор.

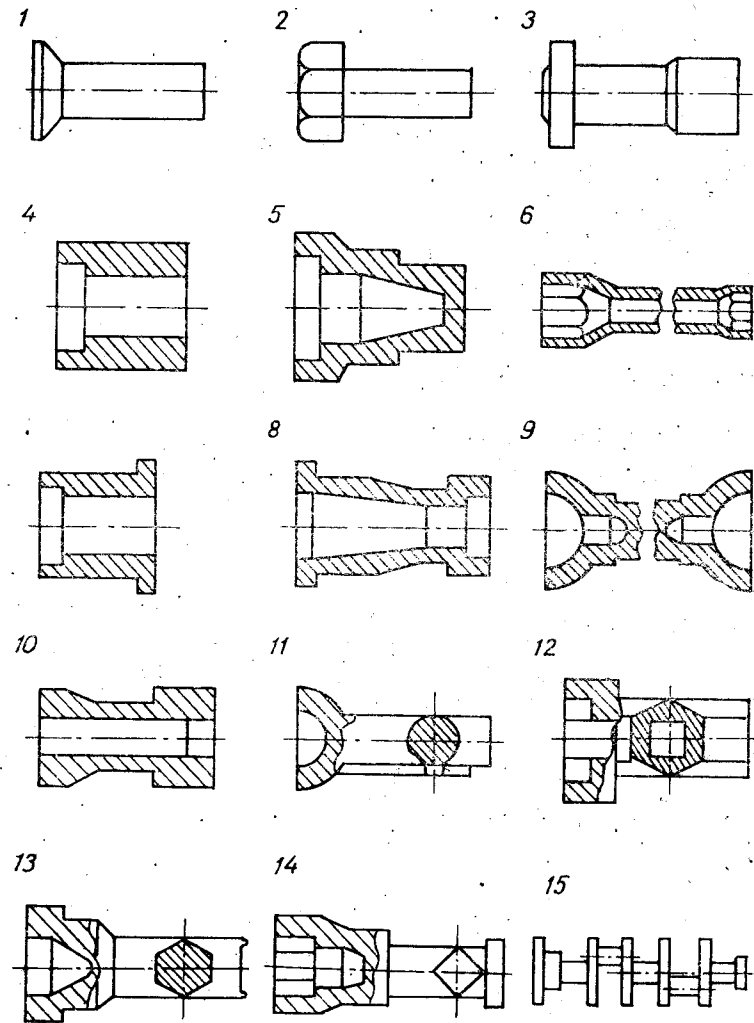


Рис. 11.15. Кованки, виготовлені на ГКМ:
1-3 — перша; 4-6 — друга; 7-9 — третя; 10-15 — четверта групи складності.

німній матриці можна затискати вихідні заготовки різної форми, що дає змогу відмовитись від штампувальних нахилів та облою. ГКМ часто застосовують для виготовлення кованок, що не вимагають деформування металу по всій довжині, чи для виконання кінцевої операції штампування кованок, виготовлених на іншому устаткуванні, наприклад, висаджування фланця на колінчастих і

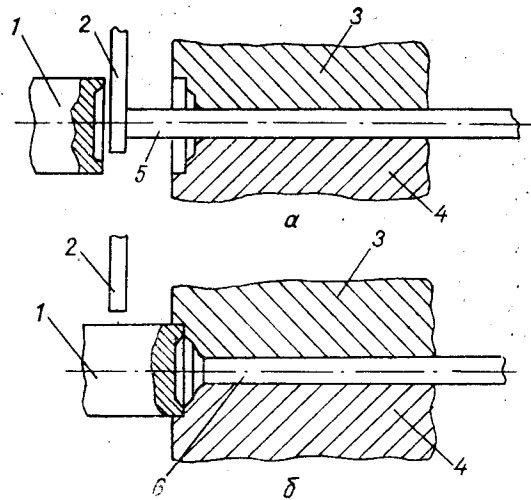


Рис. 11.16. Стадії виготовлення (а, б) заготовок клапанів на ГKM:
1 — пуансон; 2 — упор; 3, 4 — частини розімної матриці; 5 — вихідна заготовка; 6 — кованка.

багатосхідчастих валах. На ГKM виготовляють кованки за один чи декілька переходів з прокату або окремих вихідних заготовок. У разі потреби отримують потовщення з обох боків кованки.

Штampi для ГKM складаються з матриці та пуансона. Затискним рівчакам надають овальної перетину чи роблять їхні поверхні рифленими, що забезпечує надійне закріплення заготовок під час їх штампування. За призначенням пуансони можуть бути формувальними, пробивальними, прошивальними та обрізувальними, а за конструкцією — суцільними та складаними.

Перевагами ГKM є висока продуктивність устаткування, можливість виготовлення кованок з отворами без ретинок, без штампувальних нахилів, порівняно складної форми, висока придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів штампування кованок тощо. Наприклад, ГKM з горизонтальною площиною рознімання матриці добре узгоджуються з автоматичними маніпуляторами, що дає змогу використовувати їх для створення гнучких автоматизованих виробничих систем.

Недоліками штампування кованок на ГKM є обмежена кількість їх форм (здебільшого — це тіла обертання) та потреба у використанні як вихідних заготовок точного прокату, а також підвищені витрати матеріалу за рахунок хвостовиків для закріплення заготовок у матриці. Кованки, виготовлені на ГKM, зображені на рис. 11.15. Максимальні зусилля штампування на

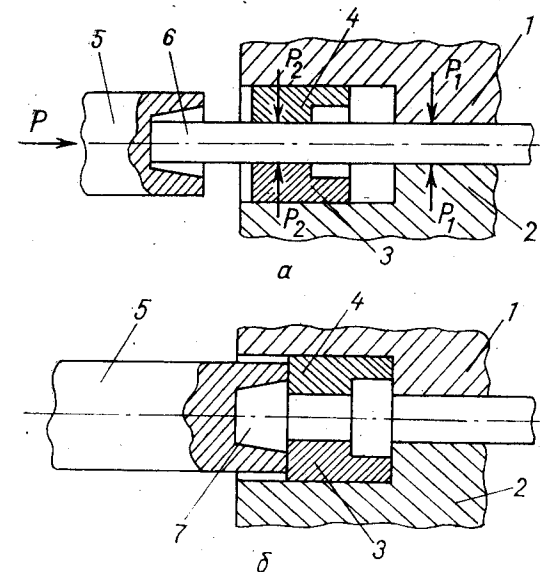


Рис. 11.17. Висаджування потовщень у ковзних матрицях на початковій (а) та кінцевій (б) стадіях:
1, 2 — частини розімної матриці; 3, 4 — частини додаткової розімної матриці; 5 — пуансон; 6 — вихідна заготовка; 7 — кованка.

ГKM — 5...125 МН, найбільший діаметр оброблюваних прутків — до 270 мм, робочий хід повзуна — 200...700 мм, кількість робочих ходів за хвилину — 20...95.

На ГKM виконують штампування відкрите, закрите та штампування витискуванням [11]. Типовим ТП штампування на ГKM є багаторівчачове висаджування у закритих штампах (рис. 11.16) з прутка. На ГKM штампують також окремі заготовки «в торець». Під час повздовжнього штампування на молотах і КГШП попередні технологічними переходами є осаджування вихідних заготовок для забезпечення їх стійкості. У разі застосування ГKM внаслідок надійного затискання прутка стійкість заготовок зростає, що дає змогу відмовитись від операції осаджування.

Для штампування плоским пуансоном довжина виступа вихідної заготовки повинна бути меншою, ніж 2,5 її діаметра, а діаметр висадженої частини кованки не повинен перевищувати 1,5 діаметра вихідної заготовки. Найліпші умови висаджування забезпечуються тоді, коли потовщена частина кованки має конічну форму та формується в тілі пуансона.

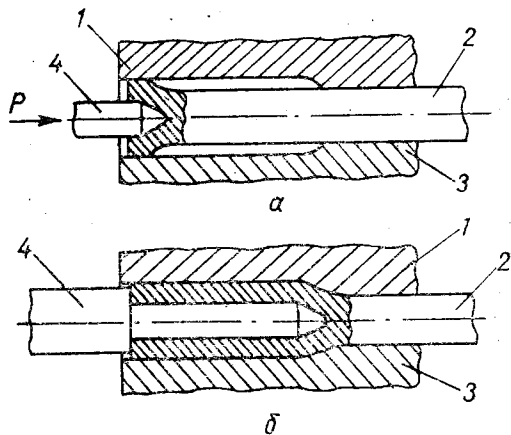


Рис. 11.18. Прошивання отворів на початковій (а) та кінцевій (б) стадіях:
1, 3 — частини розімної матриці; 2 — заготовка;
4 — прошивний пуансон.

Для формування потовщеної частини кованки більшого об'єму та складнішої форми штампування виконують не в одному, а в кількох рівчачах, які називають набірними. За допомогою цих рівчачів отримують заготовки більшого діаметра чи поперечного розміру, ніж діаметр або розмір вихідної заготовки (прутка). Набирають матеріал в пуансоні чи в матриці або частково в пуансоні та частково в матриці. Рекомендовані співвідношення розмірів заготовок наведені в спеціальній літературі [22].

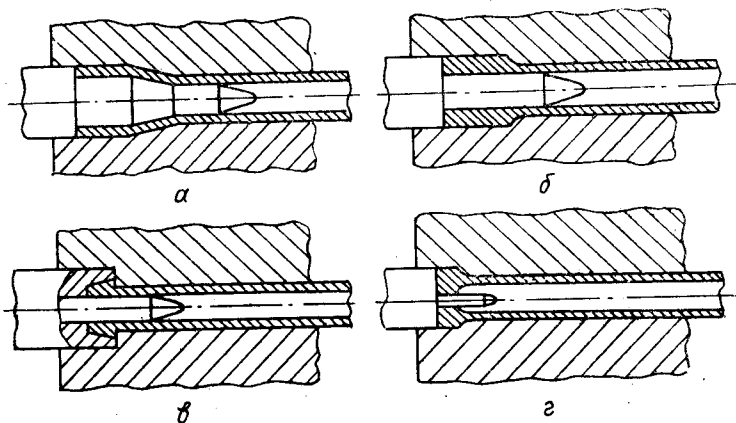


Рис. 11.19. Висаджування потовщень різної форми на трубчастих заготовках.

Для утворення потовщення посередині кованки застосовують ковзні матриці (рис. 11.17). Для отримання порожнин у кованках з глухими чи наскрізними отворами придатні прошивні рівчачи (рис. 11.18). На практиці за допомогою прошивання на ГKM роблять отвори, що становлять 0,75 діаметра прутка глибиною до чотирьох його діаметрів.

Поширеною операцією на ГKM є отримання фланців і потовщень різної форми на трубчастих заготовках (рис. 11.19). На ГKM виконують також перетискання заготовок, сплющування, вигинання, відрізування тощо.

11.10. Штампування кованок на ротаційно-кувальних і радіально-кувальних машинах

На ротаційно-кувальних і радіально-кувальних машинах (РKM і РДKM) обтискають у радіальному та витягують у повздовжньому напрямках осесиметричні кованки з видовженою віссю для отримання суцільних і порожнистих кованок стержньового типу (східчастих, конічних, круглих, багатограних тощо). Заготовка може деформуватись на кінцях чи в будь-якому місці посередині, в одному та декількох місцях одночасно. Ротаційним куванням здійснюють повне або ж часткове заковування кінців трубчастих заготовок, а також з'єднують трубчасті та стержньові заготовки.

Суть процесу штампування кованок на РKM і РДKM полягає в тому, що заготовка обтискається між парою бойків, що рухаються назустріч один одному. Створено багато конструкцій машин з різними приводами. Деякі з них мають по дві пари бойків, розміщених на перпендикулярних напрямках. Обтискування заготовки може виконуватись послідовно кожною парою бойків чи одночасно всіма бойками. Кількість обтискувань за хвилину для різних машин коливається від сотень до тисяч.

Обтискування заготовок здійснюють у гарячому та холодному стані. За конструкцією РKM бувають горизонтальні й вертикальні. Обертотий рух відносно повздовжньої осі заготовки отримує шпindelь чи барабан (рис. 11.20).

У разі обертання шпинделя відбувається одночасне обтискування заготовки бойками та плавне її обертання з невеликою швидкістю навколо своєї осі в напрямку обертання шпинделя. Це створює умови для послідовного обтискування окремих ділянок поверхонь кованки різними парами бойків, що надає поверхням обертання високої точності розмірів та форми.

Обертання барабана та непорушний відносно заготовки шпindelь дають змогу виготовляти кованки некруглого перетину,

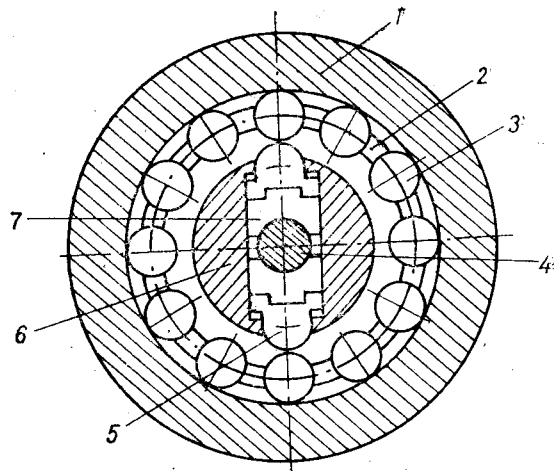


Рис. 11.20. Схема ротаційно-кувальної машини:
1 — барабан; 2 — обойма; 3 — ролик; 4 — заготовка; 5 — бойок; 6 — шпиндель; 7 — матриця.

а використання спеціальних клинових пристроїв — отримувати кованки зі складним профілем по довжині.

Частота обертання шпинделя чи барабана становить 3—7 обертів за секунду. На РКМ виготовляють прості та складні за формою кованки у великому діапазоні розмірів. Наприклад, на РКМ отримують швацькі голки діаметром 0,3 мм і трубчасті кованки діаметром до 320 мм з профільованими як внутрішніми, так і зовнішніми поверхнями. Кованки, виготовлені на РКМ шляхом холодного штампування, відповідають 6 квалітету точності, а шерсткість їх поверхні — 0,5 мкм за параметром Ra.

Радіально-кувальні машини відрізняються від РКМ тим, що кувальні бойки приводяться в рух за допомогою кривошипно-шатунних, ексцентрикових чи кулачкових механізмів (рис. 11.21). Під час обтискання заготовка чи блок бойків рухаються одне відносно одного вздовж осі заготовки, при потребі заготовки обертають навколо її осі (для виготовлення круглих чи багатограних кованок). Застосування спеціальних блоків бойків, що забезпечують рух окремих пар бойків в осьовому напрямку, дає змогу виконувати потовщення кованки в будь-якій її частині. Зусилля на кожній парі бойків 0,6...1,6 МН, частота 7—10 ударів за секунду.

Продуктивність РКМ і РДКМ нижча від штампувальних ГКМ і КГШП, тому їх часто використовують у дрібносерійному виробництві. Вони легко піддаються механізації та автоматизації.

Виготовлення кованок для східчастих валів обтисканням на РКМ і РДКМ порівняно зі штампованими кованками, утвореними на іншому устаткуванні, дає змогу зменшити припуски на оброблення різанням на 40...60%, підвищити продуктивність порівняно з то-

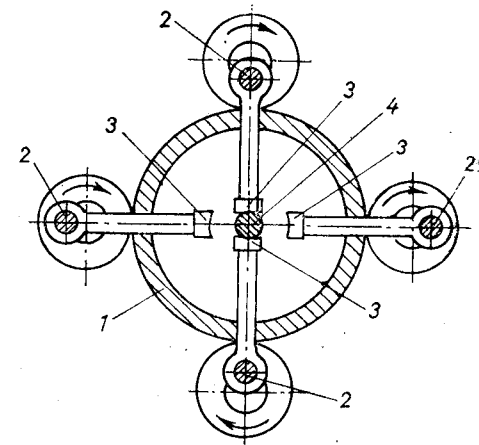


Рис. 11.21. Схема радіально-кувальної машини:
1 — корпус; 2 — ексцентриковий вал; 3 — бойки; 4 — заготовка.

карним обробленням у 4—5 разів. Крім цього, значно зростає міцність і зносостійкість поверхневих шарів обробленого тисненням металу, що має неабияке значення для підвищення якості та довговічності деталей машин.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Основні технологічні операції штампування та їх класифікація.
2. Переваги та недоліки штампування порівняно з куванням.
3. Класифікація способів штампування заготовок.
4. Що таке технологічний перехід у ТП штампування?
5. Як визначають кількість переходів штампування кованок?
6. Класифікація штампів, ривчаків та їх призначення.
7. Які молоти застосовують для штампування?
8. Як визначають кількість і послідовність технологічних переходів штампування кованок на молотах?
9. Основні рекомендації з конструювання штампів.
10. Порядок визначення форми та розмірів заготовельного ривчака.
11. Визначення форми та розмірів штампувальних ривчаків.
12. Як обчислити масу падаючих частин штампувального молота?
13. Переваги та недоліки штампування на КГШП.
14. Як визначити зусилля штампування на пресах?
15. Переваги та недоліки гвинтових пресів.
16. Переваги, недоліки та використання штампування на гідравлічних пресах.
17. Технологічні можливості штампування кованок на ГКМ.
18. Яку операцію найчастіше виконують на ГКМ?
19. Використання РКМ і РДКМ.
20. Яке штампувальне устаткування придатне для створення гнучких автоматизованих виробництв?

ШТАМПУВАННЯ КОВАНОК НА СПЕЦІАЛЬНИХ МАШИНАХ

12.1. Вальцювання

Штампувальне вальцювання кованок виконують на кувальних вальцях шляхом повздовжнього прокатування заготовки в ривчаках секторних штамів, що називаються калібрами. На відміну від звичайного повздовжнього прокатування, внаслідок вальцювання отримують кованки зі змінним поперечним перетином. Схематично процес вальцювання зображено на рис. 12.1. На початковій стадії (рис. 12.1, а) заготовка 2 вільно між вальцями 5 і 6 подається до упора 3. У процесі робочого ходу вальці 5 і 6, повертаючись навколо своїх осей в протилежних напрямках, захоплюють вихідну заготовку половинками штамів 1 і 4 та формують у їх порожнинах кованку. На кінцевій стадії (рис. 12.1, б) готова кованка 7 звільняється від половинок штамів.

Штамп можуть бути одно- та багаторівчкові. У багаторівчкових штампах ривчак звичайно розташований паралельно один до одного вздовж осі валків. Одну пару вальцювальних валків називають кліттю. Вальці для виготовлення складних за формою кованок можуть мати дві та більше клітей, що розміщені послідовно одна за одною вздовж шляху проходження заготовки. Кліті розташовуються під кутом одна до одної, тобто повернені на різні кути навколо осі руху заготовки.

На одноклітьових вальцях здебільшого виготовляють кованки простої форми (гайкові ключі, важелі, тяги, планки, скоби тощо) та заготовки для подальшого штампування на іншому устаткуванні (шатуни, кривошипи, щоки ланцюгів тощо).

Широко застосовуються у вальцюванні двоопорні та консольні вальці. Двоопорні вальці використовують для формувального та штампувального вальцювання, а консольні (одно-, дво- та триклітьові) — звичайно для заготівельного та формувального вальцювання кованок, що призначені для остаточного оброблення на іншому штампувальному устаткуванні (КГШП, ГKM тощо).

Двоклітьові консольні вальці (рис. 12.2) здійснюють безперервне формувальне вальцювання за допомогою двох пар валків, розташованих вздовж шляху проходження заготовки під кутом 90° так, що заготовку з однієї кліті в другу передають самі вал-

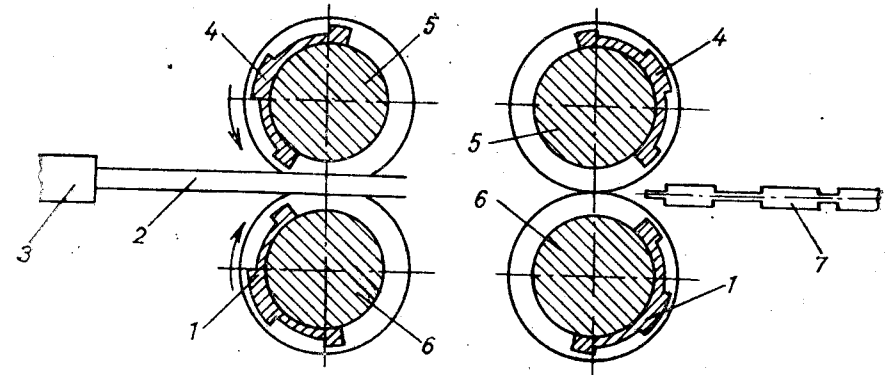


Рис. 12.1. Початкова (а) та кінцева (б) стадії вальцювання:
1, 4 — половинки секторного штампа; 2 — вихідна заготовка; 3 — упор; 5, 6 — вальці; 7 — кованка.

ки автоматично. Як бачимо, пруткова вихідна заготовка 1 подається в калібри (штампи) вальців 2 і 3 першої кліті, де виконується попереднє її деформування, після чого в калібрах вальців 4 і 6 другої кліті кованки 5 деформуються остаточно і виходять з кліті з'єднаними облойною стрічкою.

Дво- та триклітьові вальці застосовують у серійному та масовому виробництві для виготовлення кованок складної форми. Вихідною заготовкою для вальцювання є сортовий прокат. За видом виготовлюваних кованок вальцювання може бути заготівельним, формувальним, штампувальним і оздоблювальним.

Профіль, що утворюється порожнинами ривчаків у парі секторних штамів, називають (як і для прокатних станів) калібром. Як і штампи, калібри є відкриті та закриті.

Періодичним вальцюванням виготовляють штучні заготовки, що з'єднані між собою стрічкою з облою, та фасоновані прутки з періодично повторюваними ділянками. Штампувальне вальцювання кованок застосовують у серійному та масовому виробництві для отримання остаточних заготовок, що не підлягають подальшому обробленню тиском, а оздоблювальне — для виготовлення високоякісних кованок, наприклад, лопаток турбін.

Кувальні вальці мають високу продуктивність (швидкість вальцювання 1...2 м/с), прості в експлуатації, порівняно малошумні, легко піддаються механізації та автоматизації тощо. Перевагою вальцювання кованок над їх штампуванням є малі зусилля, що необхідні для деформування заготовок, оскільки деформується щомиті під час вальцювання тільки її частина, а не вся кованка, як при штампуванні.

Використання вальцювання кованок для подальшого оброблен-

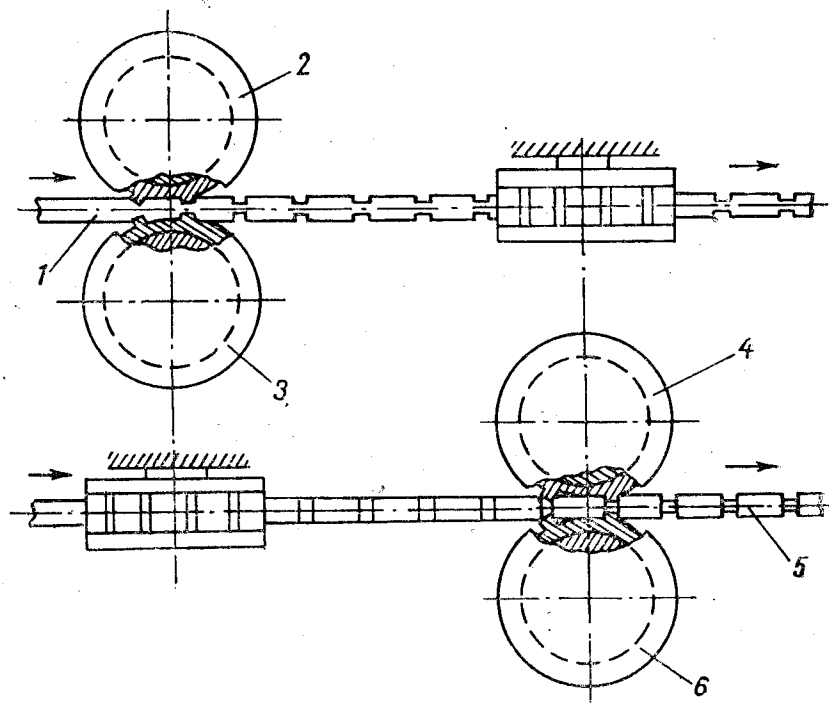


Рис. 12.2. Двоклітьові консольні вальці:

1 — вихідна пруткова заготовка; 2, 3 — вальці першої кліті; 4, 6 — вальці другої кліті; 5 — кованки, з'єднані облойною стрічкою.

ня тисненням дає змогу економити 10...20% металу, підвищує продуктивність праці на 50...150%, знижує вартість кованок на 15...25% [13].

Точність розмірів вальцьованих кованок і шорсткість їх поверхонь залежать від температури вальцювання, ступеня деформування та інших параметрів.

Вальці застосовуються для роботи разом з молотом чи пресом і забезпечують вальцювання кованки та її остаточне штампування за одне нагрівання заготовки.

Наявність облою у вальцьованих кованок полегшує їх транспортування, зменшує негативний вплив випередження матеріалу кованки в процесі її вальцювання, проте унеможливує кантування кованки під час перенесення з одного ривчак в другий.

Найбільш технологічними для вальцювання є кованки, що не мають високих ребер, виступів, глибоких отворів і западин. Для групового чи одночасного вальцювання підбирають форму кованок

(однакових чи різних) і їх розташування так, щоб краще використати матеріал вихідної заготовки (як у випадку економного розкрювання листового, штабового чи стрічкового прокату).

12.2. Прокатування періодичних профілів

Процес прокатування виконують на дво-, три- та чотиривалкових станах (рис. 12.3). Існує повздовжнє, поперечно-клинове та поперечно-гвинтове періодичне прокатування (див. рис. 9.3).

Розрізняють періодичні профілі з боку одного валка; з боку двох і більше валків з обов'язковим збігом фігур на кованці; з боку двох і більше валків з необов'язковим збігом фігур на кованці.

Для прокатування перших калібр одного валка має змінний, а другого — сталий профіль. Для прокатування другого та третього профілів калібри всіх валків характеризуються змінним профілем. Для прокатування другого профілю на прокатному стані чи кувальних вальцях має бути встановлений механізм регулювання точності збігу фігур на кованці.

Прикладом прокатування заготовок третього виду є пруткове залізо для армування бетонних виробів.

У процесі проектування технологічного спорядження для повздовжнього прокатування слід враховувати випередження, відставання чи обкатування вихідної заготовки, тобто неоднакову швидкість руху вихідної заготовки до моменту дотику з валками стану та після її деформування та поверхонь самих валків. Залежно від ступеня деформування та конфігурації калібрів співвідношення вказаних швидкостей будуть різними. Значні відставання, випередження чи обкатування можуть погіршувати якість кованок (неповне заповнення калібрів, спотворення профілів тощо), тому їх допустимі значення встановлюють, виходячи із заданої якості кованок [13].

У разі поперечного прокатування деформувальні валки надають заготованці обертового руху, у зв'язку з чим поперечно-клинове та поперечно-гвинтове прокатування застосовують для виготовлення кованок, що мають форму тіл обертання.

Поперечно-гвинтове прокатування виконують на дво- чи тривалкових станах. Осі валків розташовують під гострим кутком одна до одної та до осі вихідної заготовки. Це зумовлює обертовий її рух навколо своєї осі та поступовий рух вздовж неї. Поперечно-гвинтовим прокатуванням виготовляють трубчасті, гвинтові, кулясті та навіть ребристі кованки. Зараз цим способом отримують кованки для залізничних коліс, валів, осей, муфт, роторів, втулок, куль, роликів, шпинделів, шнеків, гвинтів, зірочок тощо.

Розглянемо процес прокатування кованок куль для млинів

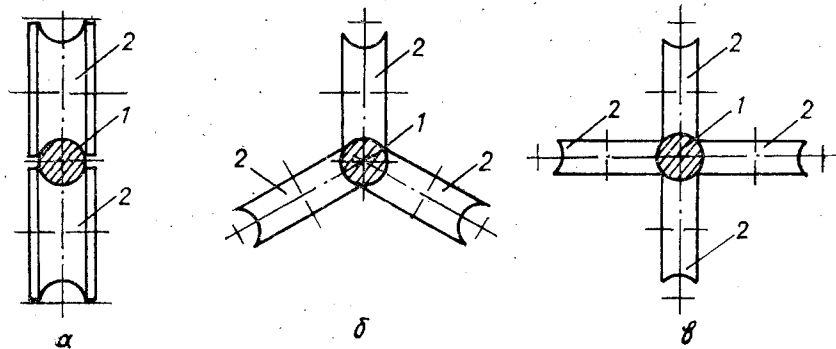


Рис. 12.3. Схеми розташування валків в одній кліті у двовалкових (а), тривалкових (б) і чотиривалкових (в) прокатних станах:
1 — заготованка; 2 — валки.

роздрібнювання руд чи цементного клінкеру (див. рис. 9.3). Вихідною заготованкою є циліндричний пруток, діаметр якого близький до діаметра виготовлюваної кулі. Пруток прокатують між двома валками з гвинтовими рівчачками, що утворюють калібр круглого перетину. Цей калібр, захоплюючи пруток, поступово ділить його на короткі куски, що, деформуючись у порожнині калібру, набувають кулястої форми, а в кінці калібру відокремлюються та випадають з нього. Аналогічно відбувається процес прокатування кованок інших деталей.

Для виготовлення заготованок значної довжини застосовують прокатування за допомогою тривалкових клітей з валками дискової чи конічної форми. У процесі прокатування валки можуть автоматично віддалятися чи наближатися, забезпечуючи задані розміри кованок.

Потрібні зусилля, силові моменти та питомі тиски визначають залежно від способу прокатування, форми та розмірів калібрів валків, виготовлюваних кованок, швидкостей деформування та меж плинності матеріалів заготованок у заданих умовах деформування [13].

До переваг процесів прокатування кованок належать висока продуктивність устаткування, якість металу та поверхонь заготованок, підвищена зносостійкість і міцність поверхневих шарів кованок, придатність до механізації та автоматизації, низька вартість і трудомісткість виготовлення кованок.

12.3. Штампування на горизонтально-вигинальних машинах

На горизонтально-вигинальних машинах (ГВМ) шляхом гарячого чи холодного ОМТ в одно- чи багаторівчачкових штампах виготовляють кованки зі сортового прокату, а також ковані та штампувального простору, мають великий хід повзуна, тому на них здебільшого отримують значні за розмірами та складні за формою кованки.

Найбільш розповсюдженою операцією на ГВМ є вигинання (кутове, дугове, багатоперехідне тощо). У процесі виготовлення складних кованок операція вигинання виконується послідовно в багатьох технологічних переходах. Застосовується також штампування у відкритих і закритих рівчачках.

Рівчачки у штампах для ГВМ звичайно розташовують один над одним по вертикалі. Як основне устаткування широко застосовують ГВМ з механічними приводами зі зусиллям 0,15...5 МН і швидкохідні зі зусиллям 0,1...0,2 МН [11].

Виробництво кованок на ГВМ легко піддається автоматизації, відрізняється високою продуктивністю та якістю кованок.

12.4. Штампування на швидкісних молотах

Підвищення швидкості деформування металів та їх стопів у певних межах збільшує пластичність деформованого матеріалу, тому високошвидкісні молоти (ВШМ) застосовують звичайно для штампування кованок із важкодеформовних матеріалів.

Швидкість переміщення рухомих частин ВШМ у 10—40 разів вища від звичайних і становить 20...30 м/с. Короткочасність процесу деформування сприяє кращому нагріванню заготованки енергією молота. Ці молоти — більш компактні, займають менші виробничі площі, не вимагають глибоких і складних фундаментів, бувають вертикальними та горизонтальними.

Основними перевагами високошвидкісного штампування, крім можливості оброблення тиском важкодеформовних матеріалів, є можливість штампування кованок з нижчою температурою нагрівання вихідних заготованок чи навіть у холодному стані, виготовлення кованок складної форми, тонкостінних, з малими радіусами заокруглень, з меншими штампувальними нахилами, з точними розмірами та з високою якістю поверхонь, висока продуктивність і придатність до автоматизації виробничих процесів.

Недоліком цього способу штампування є невисока стійкість штампів, зумовлена значними питомими зусиллями штампування.

Таблиця 12.1

Наближені розміри та маса кованок, виготовлених на ВШМ

Параметр	Енергія ударів, ВШМ, кДж					
	25	63	160	250	400	600
Маса, кг	1,2	3,1	7,8	12	20	31
Діаметр, мм	120	160	220	250	300	350
Висота, мм	15	20	30	40	40	40

Таблиця 12.2

Основні параметри режимів штампування на ВШМ

Штампований матеріал	Температура штампування, °С	Коефіцієнт деформування, % (менше)	Швидкість витікання матеріалу, м/с (менше)
Алюмінієві столи марки: АК6, В95, АМг6	150—450	25—90 25—40	300—350 100—150
Сталі:			
вуглецеві та леговані	950—1200	20—95	350—400
корозійно-стійкі та вогнеміцні	1000—1200	15—90	300—350
швидкорізальні	1050—1150	40—50	—
Тугоплавкі столи	1200	70—90	300—350

Енергоносіями для ВШМ є гази та рідини високого тиску. Випускаються ВШМ з енергією ударів від 25 до 630 кДж [13].

У разі необхідності попереднього перерозподілу матеріалу перед остаточним штампуванням на ВШМ виконують фасонування вихідних заготовок.

Штампи перед штампуванням підігрівають до температури 150...250 °С в електричних або газових печах з безкисневим нагріванням.

Наближені розміри та маса кованок, виготовлених за допомогою ВШМ, і належна енергія ударів наведені в табл. 12.1, а основні параметри режимів штампування на ВШМ — в табл. 12.2.

12.5. Штампування на електровисаджувальних машинах

На електровисаджувальних машинах висаджування кованок виконують з одночасним контактним електричним нагріванням вихідної заготовки, якою часто є сортовий прокат (рис. 12.4).

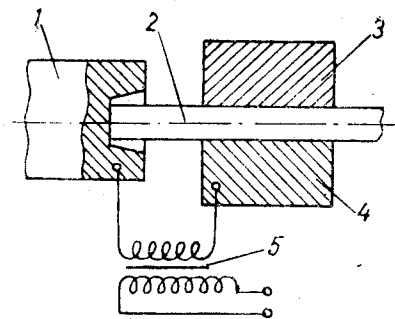


Рис. 12.4. Схема електровисаджування:

1 — пуансон; 2 — вихідна заготовка; 3, 4 — частини різної матриці; 5 — перетворювач електроенергії.

Застосовують дві схеми висаджування: вільне та закрите в матрицю. Вільним електровисаджуванням звичайно виготовляють кованки з головками (прогоничі, гвинти, заклепки, цвяхи, пальці тощо), а закритим — кованки з потовщеннями в будь-якому місці. Номенклатура виготовлених цим способом кованок невелика. Це здебільшого стержньові та трубчасті кованки з потовщеннями на кінцях, східчасті осі, тяги, шкворні, важелі тощо.

Потужність електровисаджувальних машин — до 800 кВт, найбільший діаметр суцільної заготовки — 75 мм, порожнистої — 150 мм, продуктивність машин — до 750 кг/год, зусилля штампування — до 15 МН. Електровисаджувальні машини мають вертикальне та горизонтальне конструктивне виконання, обладнані автоматичними системами керування процесом виготовлення кованок. Вони легко вписуються у гнучкі автоматизовані виробничі системи.

12.6. Розкатування кільцевих заготовок

Процес розкатування кільцевих заготовок на розкатувальних машинах широко застосовується для виготовлення кованок, що мають форму порожнистих тіл обертання невеликої ширини порівняно з діаметром. Розкатуванням отримують кованки різних перетинів (рис. 12.5), зовнішнім діаметром до 7000 мм і шириною до 1200 мм. Схема машини для розкатування кільцевих кованок зображена на рис. 12.6. Як бачимо, в процесі притискання розкатувального 1 та притискного 3 валків заготовка 7 тоншає та відповідно збільшується в діаметрі. Підпружинені напрямні ролик утримують заготовку в робочому стані. У момент, коли діаметр кованки набуде заданого значення, кованка зчіпиться з контрольним роликом 4, який за допомогою кінцевого вимикача 5 подасть сигнал закінчення процесу розкатування.

Форма та розміри перетину кованки залежать від профілю обертового та притискного валків, а також напрямних роликів. За схемами формування застосовують закрите, відкрите та напів-

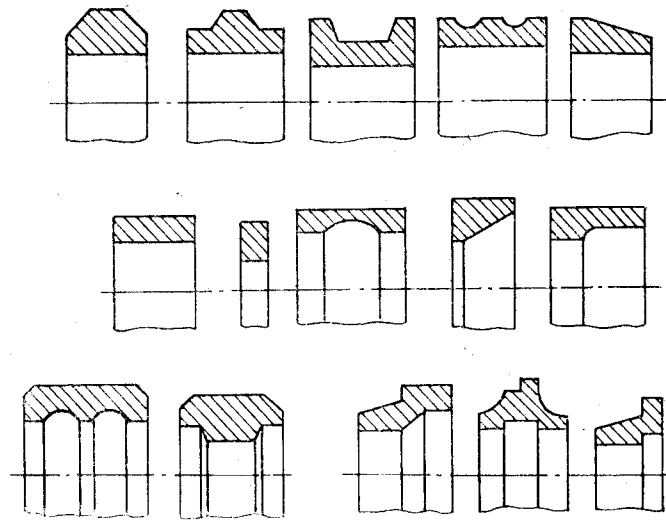


Рис. 12.5. Форми перетинів кільцевих заготовок, виготовлених розкатуванням.

закрите розкатування. Більш поширеним є відкрите розкатування. Закрите розкатування застосовують здебільшого для виготовлення кованок невеликих розмірів і мас. Закритим розкатуванням [13] формують кованки діаметром до 150 мм і масою до 1 кг. Продуктивність розкатувальних машин — 75—500 кованок за годину. Вихідними заготовками для розкатування можуть бути кованки, що виготовлені на молотах, КГШП, ГКМ та інших пресах.

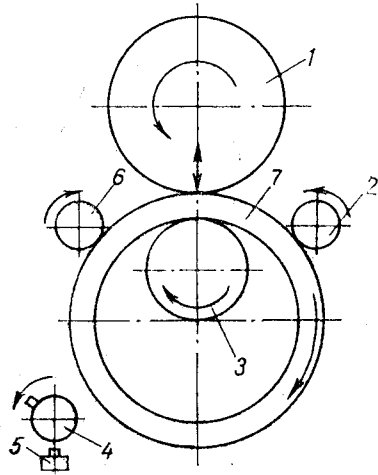


Рис. 12.6. Схема розкатування кільцевих заготовок:

1 — розкатувальний валок; 2, 6 — напрямні роликки; 3 — притискний валок; 4 — контрольний ролик; 5 — кінцевий вимикач; 7 — заготовка.

Розміри вихідної заготовки для розкатування визначають залежно від співвідношення

$$K_p = \frac{D_{в.з} - d_{в.з}}{D_K - d_K}, \quad (12.1)$$

де $D_{в.з}$ і D_K — діаметри зовнішніх поверхонь відповідно вихідної заготовки та кованки, м; $d_{в.з}$ і d_K — діаметри внутрішніх поверхонь відповідно вихідної заготовки та кованки, м.

Значення коефіцієнта K_p для кованок з діаметром зовнішньої поверхні меншим ніж 100 мм не повинно перевищувати 1,5; для інших кованок — 1,7.

Діаметр внутрішньої поверхні вихідної заготовки записують у вигляді

$$d_{в.з} = \frac{d_K}{K_p}. \quad (12.2)$$

Діаметр зовнішньої поверхні визначають, виходячи з рівності об'ємів кованки та вихідної заготовки з урахуванням вигорання металу.

Перевагами ТП розкатування кованок є висока точність їх форми та розмірів, якість поверхонь і добрі механічні властивості поверхневих шарів, малі зусилля деформування, придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів, особливо для застосування у гнучких виробничих системах.

Уникаючи утворення циндри, сталеві кованки розкатують після нагрівання в індукційних та безкисневих печах при температурі, що не перевищує 1050 °С. Шорсткість поверхонь після розкатування 0,8...2,5 за параметром Ra.

12.7. Накатування спеціальних поверхонь

ТП накатування застосовують для виготовлення зубчастих коліс, зірок, шліцевих валів, деталей з різьми тощо. Накатування здійснюють як кінцеву операцію виготовлення деталей невисокої точності та як заготівельну операцію перед чистовим обробленням. Накатування дає змогу зміцнювати поверхневі шари, економити матеріали, знижувати трудомісткість виготовлення та вартість кованок, підвищувати продуктивність праці тощо.

Нагрівання заготовок для накатування роблять тільки місцеве, тому для цього здебільшого застосовують устаткування зі струмами високої частоти.

Розміри вихідних заготовок залежать від умови зберігання обсягів металу, що переміщується із западин у виступи кованки.

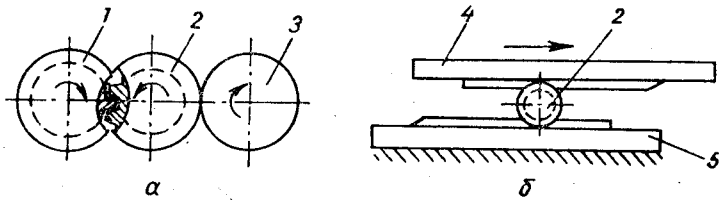


Рис. 12.7. Схеми накатування спеціальних поверхнь циліндричним (а) і плоским (б) інструментами:
1 — циліндричний інструмент; 2 — заготованки; 3 — опорний валок;
4, 5 — рухомий та нерухомий плоскі інструменти.

Накатування поверхнь вихідних заготованок виконують як у гарячому, так і в холодному стані.

Холодне накатування економічніше, після нього звичайно зникає необхідність оброблення різанням, термічного та хімічного оброблення. Накатані поверхні більш міцні, зносостійкі тощо.

Визначення розмірів вихідних заготованок, накатувальних валків, режимів накатування, належних зусиль і крутильних моментів наведено у спеціальній літературі [13].

Накатувальні стани здійснюють накатування поверхнь зубчастих коліс, зірок і шлицевих валів з модулями до 15 мм і діаметром до 1000 мм для гарячого та з модулем до 3 мм і діаметром до 6000 мм для холодного накатування.

Процес накатування відбувається за допомогою накатувальних валків циліндричної форми та плоских інструментів (рис. 12.7). Останні здебільшого застосовують для накатування порівняно дрібних профілів.

12.8. Штампування кованок витискуванням, прошиванням і пресуванням

Штампування витискуванням є одним з основних способів ОМТ. Від пресування воно відрізняється тим, що за пресування залишок металу у матриці належить до відходів виробництва, а для штампування витискуванням — це складова частина кованки. Цим способом виготовляють цапфи, маточини, фланці, стакани, пальці, корпуси вентилів і кранів тощо.

Для штампування звичайно застосовують вертикальні гвинтові, кривошипно-шатунні та гідравлічні преси, а для пресування — горизонтальні та гідравлічні.

Процес штампування витискуванням відрізняється від процесу пресування. У разі штампування наявна схема всебічного нерівномірного стискання, а в окремих частинах заготованки можуть

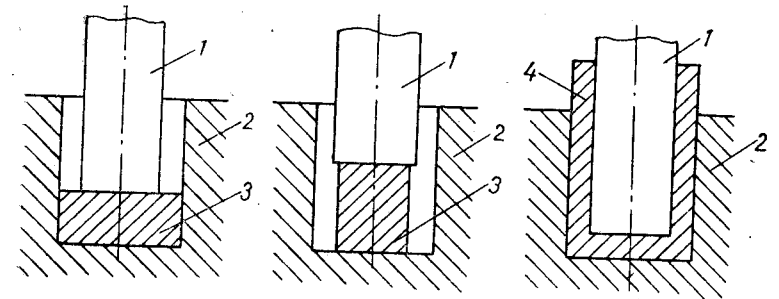


Рис. 12.8. Схеми штампування кованок прошиванням:
1 — пуансон; 2 — матриця; 3 — вихідна заготованка; 4 — кованка.

виникати навіть розтягувальні напруження. Тому форми кованок виконують з плавними переходами поверхнь, з радіусними заокругленнями переходів між ними, а дно пуансона та матриці роблять конічним.

Прошивання кованок за схемою подібне до зворотного пресування та виконується двома способами, що різняться розмірами вихідної заготованки (рис. 12.8). Перший (діаметр вихідної заготованки дорівнює діаметру порожнини матриці) забезпечує точне центрування пуансона (рівну товщину стінок). Другий (діаметр вихідної заготованки менший за діаметр матриці) вимагає значно менших зусиль на деформування кованки, але поступається точністю центрування та товщини стінок.

Прошивання заготованок часто комбінують із іншими способами ОМТ, наприклад зі штампуванням у закритих штампах, що дає змогу виготовляти кованки складних форм. Прошивання, як і пресування, дає змогу деформувати і пластичні, і малопластичні матеріали.

Пресування та витискування виконують у гарячому та холодному стані матеріалів заготованок.

Пресуванням виготовляють кованки різних перетинів розмірами 5... 250 мм, труби діаметром 10... 400 мм з товщиною стінки 1,5... 12 мм, дрiт, кутки, швелери та інші тонкостінні профілі складної форми.

В умовах дрібносерійного виробництва пресування профілів пластичних матеріалів має перевагу перед прокатуванням. Спочатку пресуванням отримували заготованки тільки з пластичних, здебільшого кольорових металів. Сьогодні внаслідок створення потужного пресового устаткування та розроблення нових ТП можливості пресування значно розширились. Шляхом пресування отримують кованки з малопластичних високолегованих сталей та тугоплавких металів (молібдену, вольфраму, ніобію, танталу), що погано піддаються прокатуванню. Пресуванням виготовляють

трубчасті заготовки складного профілю (ребристі, східчасті тощо), а також шаруваті заготовки з різнорідних металів.

Заготовки, виготовлені пресуванням, мають точні розміри (до 6 квалітету та точніше), високу якість поверхонь (до 0,16 мкм за параметром Ra).

Ступінь витягування матеріалу внаслідок всебічного стискання становить 50 та більше.

Поширюються також методи гідравлічного та газостатичного пресування, в якому метал витискається з контейнера не під дією пуансона, а рідиною чи газом, що надходять в контейнер під високим тиском [31]. Між заготовкою та матрицею чи контейнером утворюється шар рідини чи газу, внаслідок чого сухе тертя металу замінюється рідинним чи газовим. Ці способи дають змогу виготовляти заготовки як у нагрітому, так і в холодному стані, значно полегшують ОМТ важкодеформовних металів і сплавів.

Під час виготовлення великих трубчастих заготовок (діаметром понад 550 мм) протягують попередньо прошиті заготовки через низку матриць. Для протягування у прошиту заготовку вставляють оправку та проштовхують її через кільцеві матриці. Цю операцію повторюють багато разів, застосовуючи матриці з меншими діаметрами.

12.9. Штампування у різних матрицях

Суть процесу полягає у тому, що матрицю здебільшого роблять складаною, вона має одну чи більше площин рознімання (рис. 12.9). Виготовляють ковочки на універсальному устаткуванні у штампах з різними матрицями або на спеціальних багатоплунжерних пресах. Штампування виконують у гарячому, напівгарячому та холодному стані матеріалу заготовки.

У різних матрицях отримують різноманітні за формою та розмірами ковочки. Наприклад, цим способом формують ковочки корпусів кранів для гідротанксистем, складних за

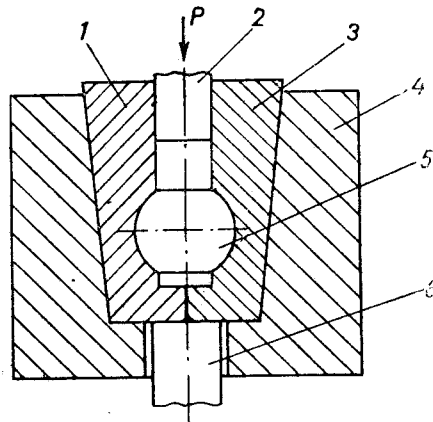


Рис. 12.9. Закритий штамп для фрикційного гвинтового преса:

1, 3 — частини різномірної матриці; 2 — пуансон; 4 — обовма; 5 — заготовка; 6 — виштовхувач.

формою деталей, що мають фланці, ребра, виступи, отвори та западани з різних боків, потовщення в середніх частинах ковочки тощо.

До переваг цього способу виготовлення штампованих ковочок належать відсутність задирок, можливість виготовлення ковочок без штампувальних нахилів, з потовщеннями стінок у різних місцях ковочки, порівняно менші припуски на оброблення різанням, придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів і створення гнучких автоматизованих виробничих систем.

Недоліками цього способу є вища вартість технологічного спорядження та устаткування, більша кількість штампувальних переходів, що інколи вимагає кількох нагрівань, менша стійкість штампів, підвищені вимоги до кваліфікації працівників тощо.

12.10. Волочіння

Процес волочіння полягає у протягуванні матеріалу заготовки через вічко (отвір) заданої форми та розмірів волока чи матриці. Оскільки в результаті волочіння метал звичайно наклепується, то після кожного переходу волочіння заготовка вимагає термічного оброблення (відпалювання).

Під час волочіння в металі виникають розтягувальні напруження вздовж осі заготовки. Щоб не деформувалась заготовка після проходження через волок, ці напруження не мають бути більшими, ніж межа плинності матеріалу заготовки. Це обмежує ступінь деформування заготовки в одному технологічному переході, що становить 10...35%. З цієї причини волочіння здебільшого виконують у холодному стані, в якому межі плинності матеріалів значно вищі, ніж у нагрітому.

Циндру, що утворюється під час відпалювання заготовок, витравлюють у кислотних розчинах.

У результаті волочіння отримують дріт діаметром 0,002...10 мм, прутки різних перетинів з поперечним розміром 3...150 мм і труби діаметром 0,6...500 мм з товщиною стінки 0,1...10 мм. Волочінням виготовляють також пруткові заготовки для зубчастих і храпових коліс, зірочок, шпонок тощо.

Профілі, утворені волочінням, можуть бути простими та фасонними. Волочіння труб здійснюють з одночасним потоншенням їх стінок і без нього. Точність розмірів заготовок, отриманих волочінням, дорівнює 6—8 квалітетам, а шорсткість їх поверхонь — 0,16 мкм за параметром Ra.

Перевагами волочіння заготовок є висока продуктивність машин, точність форми та розмірів заготовок, висока якість поверхні, міцність, твердість і зносостійкість матеріалу заготовок, можливість виготовлення дроту малих діаметрів і тонкостінних трубок.

Волочилні матриці виготовляють зі сталей, твердих сплавів та алмазів.

Основним устаткуванням є волочилні стани періодичної дії з барабанними магазинами та агрегатами для термічного оброблення.

12.11. Ізотермічне штампування

Ізотермічне штампування ковачок ефективно для виготовлення заготовок з матеріалів, що мають обмежені пластичні властивості та вузькі температурні інтервали деформування. Сталість температури штампування забезпечується шляхом підігрівання штампів до заданої температури.

До переваг ізотермічного штампування ковачок належать можливість виготовлення ковачок складної форми та тонкостінних, порівняно менші зусилля деформування, менша кількість штампувальних переходів, дрібнозернистість структури матеріалу й висока якість поверхонь ковачок.

Високотемпературним ізотермічним деформуванням на малопотужному штампувальному устаткуванні виготовляють ковачки з високолегованих, вогнеміцних сталей та титанових сплавів. Ізотермічне штампування часто виконують на гідравлічних пресах, що дає змогу забезпечувати невеликі швидкості деформування та значні робочі ходи пуансонів, деформувати матеріали з обмеженою пластичністю. Шляхом ізотермічного штампування отримують інструмент зі швидкорізальних сталей, лопатки газових турбін, шатуни двигунів внутрішнього згорання, поршневі кільця тощо.

12.12. Штампування з місцевим нагріванням

Штампування з місцевим нагріванням застосовують для виготовлення заготовок значних за габаритами розмірів та у разі, якщо деформування заготовок у холодному стані супроводжується технічними труднощами [38]. Таким способом виготовляють заготовки значної довжини, складної форми, трубчасті, зі сталей, титанових, алюмінієвих і магнієвих сплавів.

Залежно від заданого ступеня деформування різні частини заготовки нагріваються до різних температур.

Елементи штампів, що працюють при високих температурах, виконують з вогнестійких сталей чи порошкових твердих матеріалів.

12.13. Виготовлення трубчастих заготовок

Трубчасті заготовки виготовляють чотирма способами (рис. 12.10). У першому випадку лист чи стрічку вигинають у циліндричну заготовку, а місця стику країв зварюють (зварювані труби). У другому — суцільну циліндричну заготовку прошивають на стані гвинтового прокатування чи на пресі. Здебільшого прошиванням отримують товстостінну трубчасту заготовку (гільзу), яку потім розкатують до заданих розмірів. Третій спосіб — це лиття (відцентрове чи безперервне), а четвертий — отримання труб за допомогою пресування.

Трубчасті заготовки використовують для трубопроводів, транспортування та подавання рідин і газів, у різноманітних деталях машин, будівельних конструкціях. З них виготовляють кільця вальниць кочення, труби для балонів і посудин, що працюють під високим тиском, бурові та обсадні труби, каркаси автобусів та автомобілів, порожнисті вали, осі, тяги, циліндри, втулки, муфти тощо.

Процес виготовлення безшовних трубчастих заготовок складається з двох стадій: виготовлення товстостінної циліндричної гільзи зі суцільної заготовки чи виливання й отримання з неї трубчастої заготовки заданої форми та розмірів.

Прокатування товстостінної гільзи у задану трубчасту заготовку виконують на трубопрокатному устаткуванні за допомогою автоматичного безперервного, пілігримового, розкатувального та рейкового станів. Технологічний процес їх виготовлення звичайно

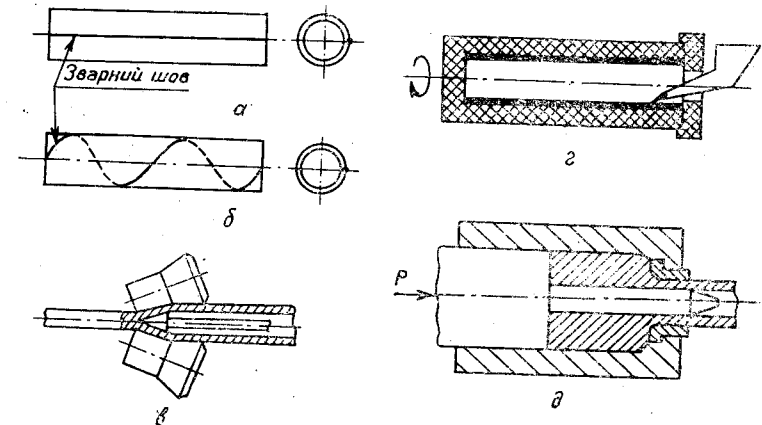


Рис. 12.10. Способи виготовлення трубчастих заготовок:
а — зварювання прямим швом; б — зварювання гвинтовим швом; в — прокатування; г — лиття; д — пресування.

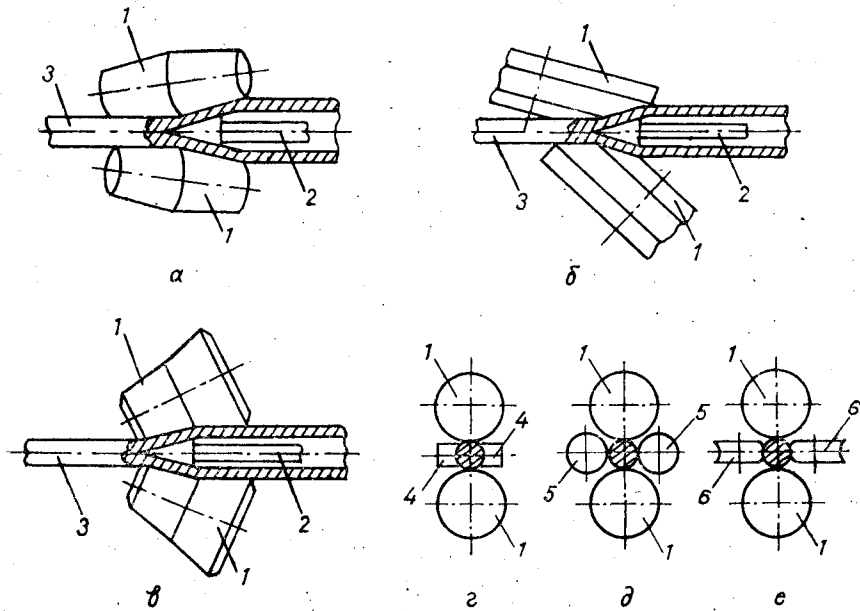
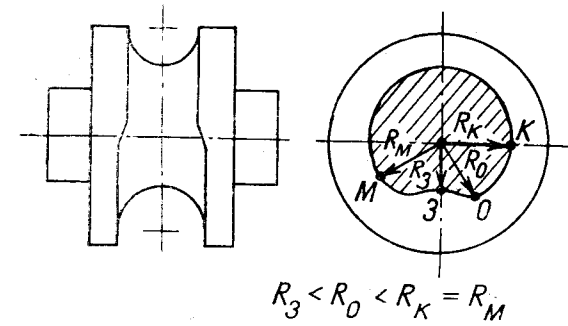


Рис. 12.11. Схеми прошивання трубчастих заготовок з бочкуватими (а), дискуватими (б), грибоподібними (в) валками і напрямних механізмів з лініями (г), валками (д) та дисками (е):
 1 — робочі валки; 2 — дорна; 3 — заготовки; 4 — напрямні лінійки; 5 — напрямні валки; 6 — напрямні диски.

складається з таких основних операцій: виготовлення вихідних заготовок виливанням, прокатуванням чи прошиванням; нагрівання, прокатування трубчастих заготовок, калібрування, розрізування на заготовки, виправлення, оброблення різанням і покривання (за необхідністю).

Валки прошивного стану можуть мати бочкувату, дискувату чи грибоподібну форму (рис. 12.11). Дискуваті та грибоподібні валки застосовують для прошивання заготовок невеликого діаметра (до 140 мм). Прошивання труб виконують повздовжнім прокатуванням, а редукування — поперечним. Валки прокатувальних станів мають відповідні рівчакі, що утворюють круглий чи овальний калібр. Профіль рівчаків валків повинен відповідати їх призначенню.

Здебільшого кліті з прокатувальними валками розташовують на прокатному стані вздовж шляху проходження заготовки з поворотом кожної пари валків на 90° одна відносно одної. У гільзу перед її прокатуванням вставляють змащену мастилом оправку.



$$R_3 < R_0 < R_K = R_M$$

Рис. 12.12. Валок палігримового стану: 3, O, K, M — точки зміни радіуса профілю валка.

Автоматичним називають стан повздовжнього прокатування, що складається з двовалкової кліті, приводу, переднього та заднього столів.

Неперервний стан, що служить для отримання більш високоякісних трубчастих заготовок, складається з дев'яти та більше однакових клітей. На автоматичних станах отримують труби діаметром 50...500 мм з товщиною стінки 3...40 мм, а на неперервних — труби діаметром 40...150 мм з товщиною стінки 2...15 мм.

Швидкість виходу труб зі стану іноді досягає 6 м/с і більше. На калібрувальні та редуційні стани труби подаються без оправки. Палігримовий стан споряджається валками, що мають рівчакі змінного профілю з круглим калібром (рис. 12.12). Палігримове прокатування — це періодичний процес прокатування труб на циліндричній оправці (рис. 12.13), під час якого гільза 3 деформується на ділянці l за одне обертання валків зі змінним радіусом від R_0 до R_K .

Напрямок прокатування протилежний до напрямку обертання валків, а деформуванню за кожне одне обертання валків піддається тільки невелика частина гільзи. Одночасно з обтисканням труби вона переміщається за стрілкою А на відстань l . Вийшовши на неробочу ділянку валка, звільнена від спряження з валками гільза подається вперед за стрілкою В і одночасно повертається навколо своєї осі на кут 90° . Значення подавання гільзи є сумою довжини деформованої частини гільзи за попереднє обертання валків та наступний крок її деформування. Цей процес повторюється багато разів. У палігримових станах заготовка має зворотньо-поступальний рух: два кроки вперед і один назад. Цим способом виготовляють відносно товстостінні та профільні трубчасті заготовки (квадратні, шестигранні, конічні, східчасті тощо) за допомогою валків і оправок відповідної форми.

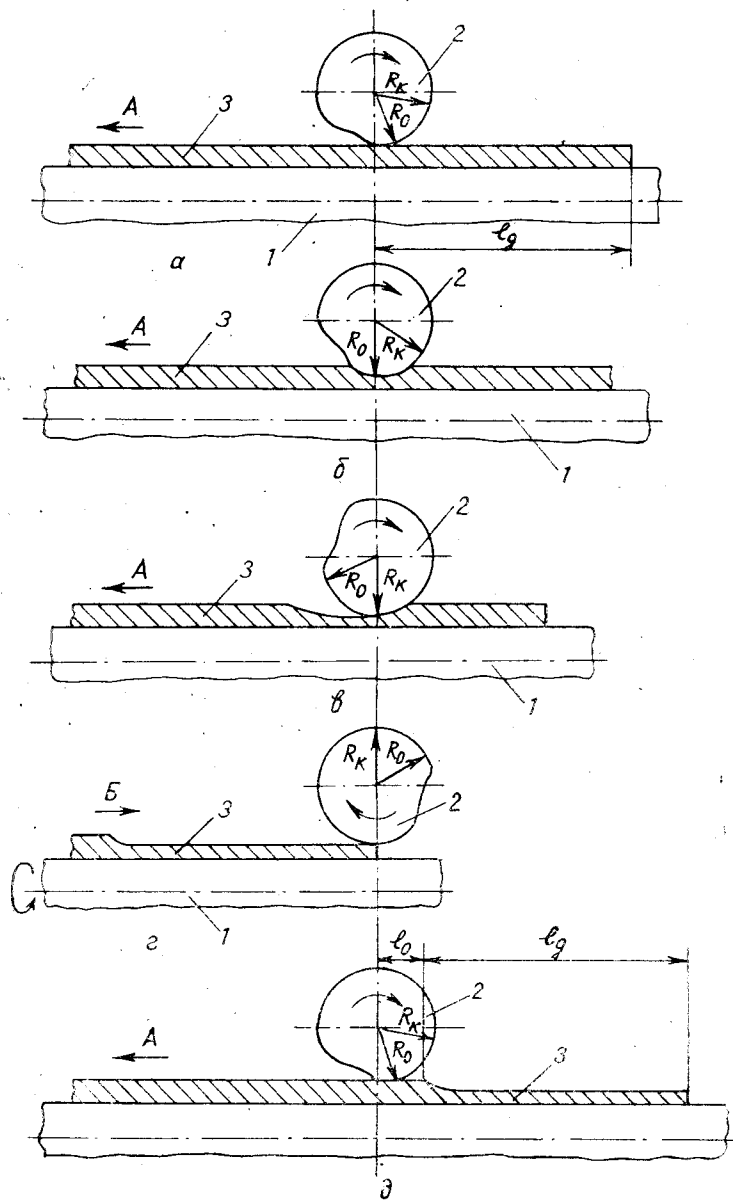


Рис. 12.13. Стадії пілігримового прокатування труб:
1 — оправка; 2 — валок; 3 — гільза-заготовка.

Розкатувальні стани — це стани гвинтового прокатування. До найбільш розповсюджених належать тривалкові стани, в яких валки розташовані під кутом 120° , обертаються в один бік, а їх осі обертання нахилені до осі прокатування як у вертикальній, так і у горизонтальній площинах, що забезпечує обертотворний та поступальний рух заготовки під час прокатування.

Рейкові стани дають змогу прокатувати трубчасту заготовку разом з оправкою через три—чотири пари валків за допомогою рейкового штовхального механізму. Після прокатування на такому стані заготовку з оправкою прокатують додатково на гвинтовій обкатувальній машині та виймають оправку із заготовки. Після відрізування дна чи кінцевого закатаного елемента (внутрішнього бурта) заготовку подають для подальшого калібрування чи редукування.

Прокатування трубчастих заготовок порівняно невеликих діаметрів (менше 70 мм) економічно недоцільне. Тому прокатані трубчасті заготовки редукують (зменшують) за діаметром і товщиною стінки. Редукційні стани сприяють значному розширенню номенклатури та сортаменту трубчастих заготовок. Ці стани звичайно складаються з великої кількості (9...26) розташованих у ряд однотипних клітей, що мають по два, три та чотири валки, які утворюють круглий калібр.

У процесі редукування діаметра трубчастої заготовки товщина її стінки може зменшуватись чи залишатись незмінною. Ступінь редукування діаметра заготовок іноді досягає 70% і більше. Редукування заготовок виконують з нагріванням, без оправки, а товщину стінки регулюють натягуванням заготовки шляхом змінювання швидкості обертання валків сусідніх клітей.

Широко використовують такі трубчасті заготовки, як високоміцні балони, призначені для зберігання та транспортування зріджених газів, агресивних хімічних та інших речовин, що зберігаються під великим тиском. Зварні балони звичайно застосовують для робочих тисків до 1,5 МПа, безшовні — до 70 МПа і більше.

Заготовками для безшовних балонів є товстостінні прошиті гільзи. Нагріваючи послідовно кожний з кінців гільзи до температури $1000...1300^\circ\text{C}$, за допомогою спеціальних машин закатують нагрітий кінець заготовки, утворюючи зверху належну форму горловини балона, а знизу — його днище. Під час закатування днища шляхом додаткового нагрівання та подавання в гарячу зону стисненого кисню забезпечують його високоякісне формування та герметизацію (зварювання). Горловини та днища балонів великої місткості (0,5 м і більше) формують шляхом кування на молотах і пресах.

Сьогодні більшість сталевих труб виготовляють зварюванням з листового та стрічкового прокату. Це пояснюється їхньою низькою вартістю та високою якістю зварних швів, що не поступають-

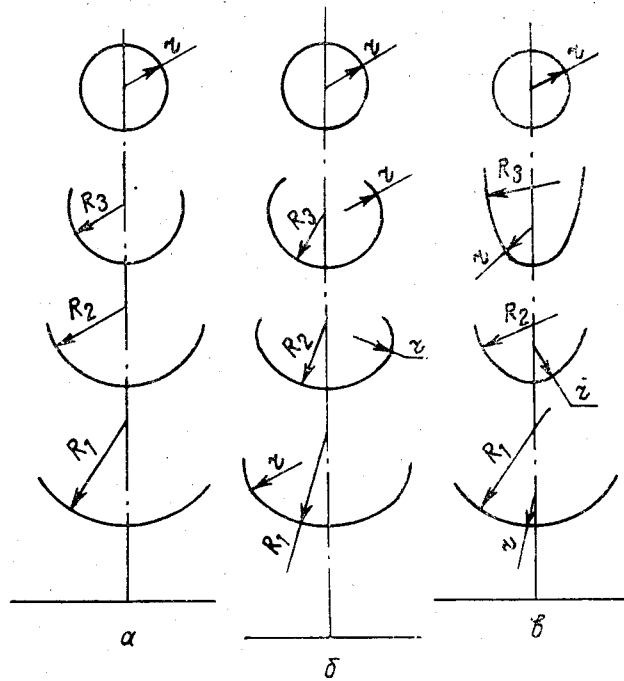


Рис. 12.14. Схеми згортання штаби в трубчасту заготовку з однорадіусним (а) і дворадіусним (б, в) вигинанням.

ся за міцністю основному металу. Крім цього, у зварних трубчастих заготовках порівняно менша товщина і вища точність розміру стінок забезпечують суттєву економію матеріалу. Сучасне трубозварювальне виробництво відзначається високим ступенем автоматизації всіх технологічних операцій (підготування вихідної стрічки чи листа, формування профілю труби, зварювання шва, калібрування, редукування, розрізування заготовок, покривання).

Формування трубчастої заготовки виконують різними способами залежно від розмірів, призначення заготовки та застосованого способу зварювання. Для виготовлення трубчастих заготовок застосовують прямі та гвинтові шви (див. рис. 12.10).

У разі виготовлення прямошовних заготовок малого та середнього діаметрів (6...500 мм) значної довжини основним способом є безперервне формування у валках автоматичних станів. Штаба чи стрічка металу проходить через низку розташованих у ряд клітей. Форма калібрів валків має профіль, що поступово від кліті до кліті змінюється від плоского до круглого (рис. 12.14).

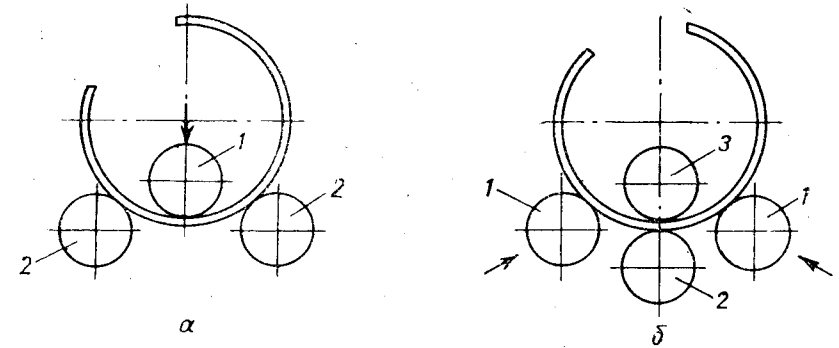


Рис. 12.15. Вигинання заготовки в трьох (а) і чотирьох (б) вальцях.

Порівняно короткі трубчасті заготовки великого діаметра (більше 400 мм) формують у вальцях (рис. 12.15). Діаметр заготовки регулюється переміщенням валків 1 в напрямках, що вказані стрілками.

Для виробництва прямошовних труб заготовки виготовляють штампуванням на пресах.

Під час виготовлення трубчастих заготовок великого діаметра (400...1400 і більше) широко застосовують безперервне їх формування шляхом згортання рулонного металу (лист, штаба) під кутом до осі заготовки. Гвинтове формування виконують на машинах втулкового, валкового чи роликового типу.

У разі формування на машині втулкового типу стрічка матеріалу заштовхується у циліндричну втулку, в якій вона в процесі протягування набуває циліндричної форми.

Формувальний пристрій валкового типу працює за принципом вигинальних валків (див. рис. 12.7, б), де замість валка 3 вставлена нерухома циліндрична оправка. Аналогічно працює й машина роликового типу, в якій практично відсутнє тертя ковзання штаби та формувального інструмента.

Залежно від матеріалів, розмірів заготовок і технічних вимог застосовують різні способи зварювання їхніх швів. Широко розповсюджене гаряче зварювання стискуванням нагрітої в печі сталеві стрічки чи штаби у спеціальних станах.

Поширеними способами є електрозварювання труб з резистивним, індукційним чи дуговим нагріванням місць зварювання. У разі застосування змінного струму високої частоти швидкість зварювання іноді становить 2 м/с. Для виготовлення заготовок малого діаметра (5...30 мм) часто застосовують електрозварювання сталем струмом. Дуговим електричним зварюванням під шаром флюсу звичайно зварюють заготовки великого діаметра.

Для виготовлення заготовок із матеріалів, що через високу активність не допускають оброблення їх у гарячому стані, застосовують ультразвукове зварювання.

Для заготовок з хімічно активних тугоплавких металів застосовують електронне променеве зварювання у середовищі захисних газів чи у вакуумі, а для виготовлення заготовок з високолегованих сталей та деяких кольорових металів додатне дугове зварювання у середовищі інертних газів.

Шляхом плазмового зварювання виготовляють тонкостінні заготовки з високолегованих сталей та кольорових металів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Вальцьовані ковани та їх застосування.
2. Способи вальцювання вихідних заготовок.
3. Способи прокатування періодичних профілів.
4. Що таке гвинтове та клинове прокатування?
5. Які ковани виготовляються на ГВМ?
6. Особливості штампування на ВШМ.
7. Що таке електровисаджування?
8. Схема машини для розкатування кілець.
9. Класифікація способів розкатування заготовок.
10. Як визначити розміри вихідних заготовок для розкатування кілець та накатування поверхонь?
11. Класифікація й структура ТП накатування спеціальних поверхонь.
12. Особливості та технологічні можливості штампування кованок у різних матрицях.
13. ТП штампування кованок витискуванням і прошиванням.
14. Назвіть особливості операції волочіння.
15. Які заготовки виготовляють волочінням?
16. Що таке ізотермічне штампування?
17. Способи виготовлення трубчастих заготовок.
18. Структура ТП виготовлення безшовних труб.
19. Пілігримове прокатування труб.
20. Для чого застосовують редукування труб?
21. Структура ТП виготовлення кованок для балонів високого тиску.
22. Способи зварювання трубчастих заготовок.
23. Способи згортання штаб у труби.
24. Структура ТП виготовлення труб.

КОНСТРУЮВАННЯ КОВАНOK

13.1. Загальні рекомендації

Конструювання кованки є складним завданням, що передбачає добір способу її отримання, розташування в штампі чи матриці, врахування обсягу подальшого оброблення тощо. Вихідними даними для проектування кованки є креслення деталі, програма річного замовлення чи серійність виробництва, технічні вимоги до деталі та можливості ТП оброблення кованки. Добираючи спосіб виготовлення кованки, враховують усі технологічні та технічні можливості. Визначивши спосіб виготовлення кованки, уточнюють тип основного устаткування та добирають технологічне спорядження, що суттєво впливає на форму та якість кованок.

Конструкція кованок залежить від її розташування в штампі та взаємного розміщення основних поверхонь кованки відносно площини рознімання штампа. Добираючи його, забезпечують добре заповнення форми металом у процесі його деформування, належний напрямок волокон у структурі металу, мінімальні напуски та припуски на наступне механічне оброблення кованки, вільний вихід її зі штампа, мінімальну кількість технологічних переходів (рівчаків) тощо. Вдалий добір розташування площини рознімання штампа полегшує вставлення у рівчак вихідної заготовки та виймання з нього готової кованки.

Розглянемо можливі способи розташування площин рознімання штампів для виготовлення кованок простих геометричних фігур (рис. 13.1). Площина рознімання штампа для кулі може проходити тільки через діаметральний перетин фігури 1. Усі інші способи розташування площини рознімання штампа вимагають значних напусків і спотворюють форму кованки. Для куба найдоцільніше прийняти площину 1, що вимагає напуски тільки для двох бічних трикутних поверхонь. Для циліндрів значної довжини доцільно прийняти площину 2, а для циліндрів незначної довжини — площину 1. У першому випадку напуски потрібні тільки для торцевих поверхонь, а у другому — невеликі напуски потрібні на циліндричній поверхні. Для зрізаного конуса можливі два варіанти. Площину 2 приймають тоді, коли кут конуса достатньо великий для виймання кованки зі штампа, а площину 1 для конусів з ма-

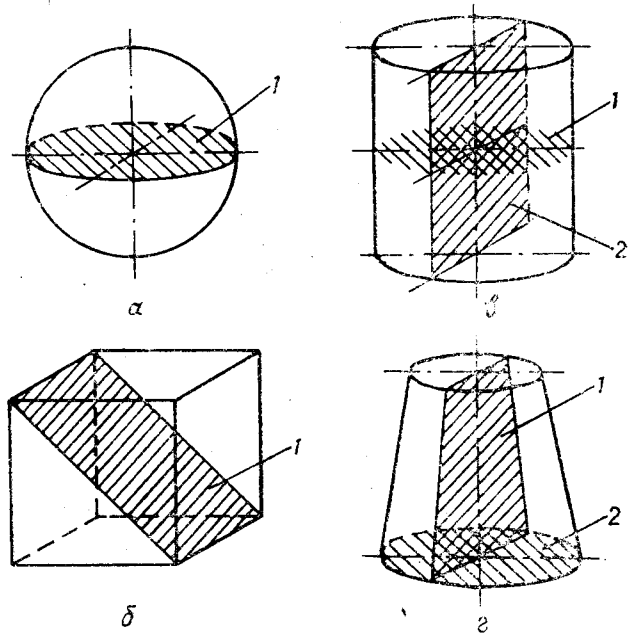


Рис. 13.1. Площини рознімання штампів для кованок простих геометричних фігур:
 а — кулі; б — куба; в — циліндра; г — зрізаного конуса.

лими кутами. У цьому разі напуски потрібні на торцевих поверхнях.

Реальні кованки можна розглядати як геометричні фігури, що складаються з елементарних фігур. Добираючи площини рознімання штампів, враховують, що великі за розмірами площини (в напрямку найбільших габаритних розмірів кованки) забезпечують отримання неглибоких порожнин штампів і малих напусків, але вимагають облойних канавок значної довжини. Для прикладу розглянемо кованки шківів, шестерень, зірок, коли потрібна рівномірна та однакова структура металу для всіх зубців деталі. Цей спосіб штампування «в торець» дає змогу отримати намітки для центрального отвору з обох боків деталі, що звичайно забезпечує значно краще використання матеріалу заготовки та зменшує обсяг оброблення її різанням. У разі $H > D$ доцільніше поперечне штампування, для якого використовують фасонну вихідну загото-

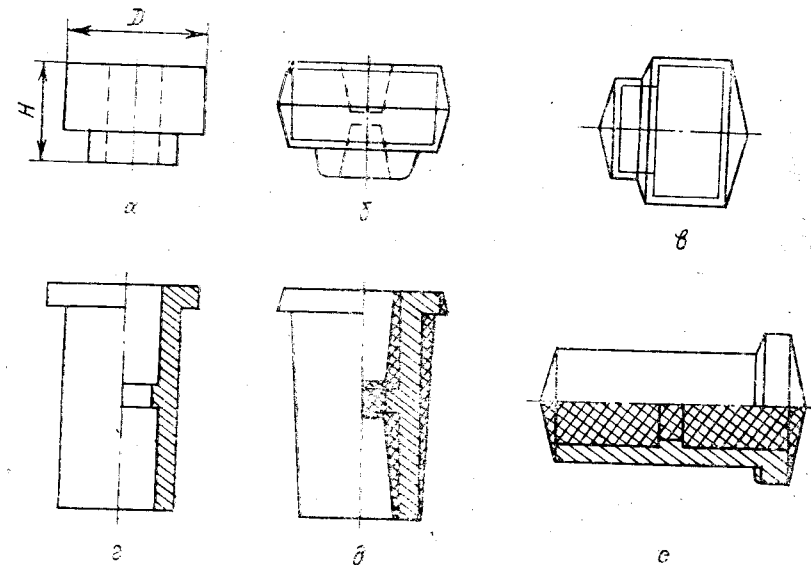


Рис. 13.2. Залежність форми кованки від розташування площини рознімання штампів:
 а, б — деталі; в, г — кованки, отримані штампуванням «в торець»; д, е — кованки, виготовлені поперечним штампуванням.

ванку. Переваги цього способу полягають у відсутності напусків на бічних циліндричних поверхнях кованки. На рис. 13.2 зображені відповідно циліндрична втулка (рис. 13.2, в) та дві кованки, виконані штампуванням «в торець» (рис. 13.2, г) і поперечним штампуванням (рис. 13.2, е). Як бачимо, значно менші припуски потрібні для кованки, штампованої «в торець». Недоліком цього способу є наявність конічних поверхонь на кованці, що ускладнює закріплення заготовки на першій операції її механічного оброблення.

У кожному конкретному випадку звичайно задовольняють основні вимоги, нехтуючи другорядними. Повздовжнє (в торець) та поперечне штампування виконують, використовуючи при цьому різні підготовчі рівчачки. Для забезпечення належної якості кованки та продуктивності устаткування в штампі здебільшого повинно бути не більше двох—трьох рівчачків. Тому, працюючи на кривошипних пресах, не виконують складного фасонування заготовки, а використовують спеціально виготовлені вихідні заготовки. Для повздовжнього штампування на КГШП технологічний процес звичайно складається з операцій осаджування (з намітками для отворів), штампування в чорновому рівчачку (для складних кованок) та остаточного штампування. Для поперечного штампування ви-

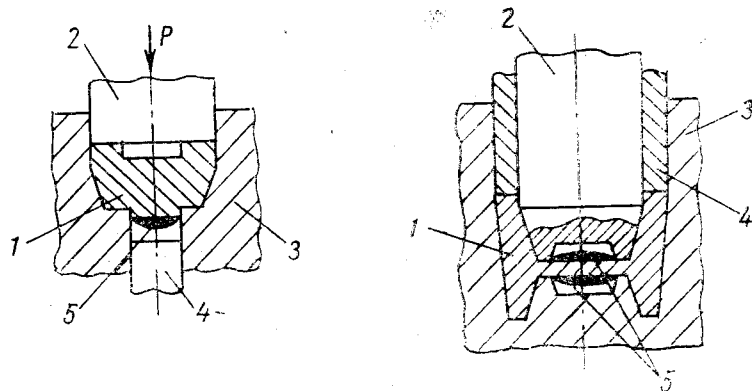


Рис. 13.3. Закриті штампи з компенсаторами неточності маси заготованок:

1 — кованки; 2, 3 — половини штампа; 4 — виштовхувач; 5 — компенсатори надлишку металу.

користуються попередньо фасоновану вихідну заготованку, яку отримують періодичним прокатуванням чи вальцюванням. Штампування на КГШП вихідних заготованок недостатньої точності знижує стійкість штампів і може призводити до заклинювання преса. Щоб запобігти цьому, застосовують закриті штампи з компенсаторами неточності маси заготованки (рис. 13.3). Надлишок металу кованки в процесі штампування витісняється у спеціальну порожнину, передбачену конструкцією штампа, і після штампування усувається.

Значну увагу під час конструювання штампованих кованок приділяють визначенню штампувальних нахилів та радіусів заокруглень, які полегшують процеси заповнення порожнини штампів, виймання кованок зі штампів, а також впливають на розміри напусків.

Велике значення має процес перерозподілу металу в порожнині штампа, який залежить від кількості та форми штампувальних рівчаків, а також форми вихідних заготованок. Визначити їх вкрай складно [22].

Остаточний добір способу виготовлення кованки можна виконати тільки на основі повного аналізу та порівняння можливих альтернативних варіантів разом з технічними та економічними розрахунками. Тут можна обмежитися деякими загальними рекомендаціями для найбільш поширених прикладів використання кованок.

Кованки шестерень, зубчастих коліс, зірочок, шківів, круглих фланців, кришок, маточин, втулок тощо виконують здебільшого з площинною рознімання штампа, яка перпендикулярна до осі їх

обертання. Кованки валів, осей, шкворнів, важелів, шатунів, тяг тощо мають площини рознімання штампів, що розташовані вздовж осі обертання. У разі наявності у деталях наскрізних отворів у штампованих кованках передбачають мітки для отворів з одного чи обох боків, які не тільки полегшують виготовлення отворів, а й суттєво впливають на якість кованок, поліпшують структуру металу.

Під час конструювання штампованої кованки намагаються забезпечити технологічність її конструкції шляхом максимального спрощення конфігурації кованки для кращого заповнення форми остаточного рівчака в штампі; добору оптимального способу ОМТ для виготовлення заготованки; отримання максимальної кількості поверхонь, що не потребують наступного механічного оброблення; уніфікації кованок для різних деталей; поділу заготованки на складові частини з подальшим їх з'єднанням; штампування однієї кованки для двох і більше деталей з наступним їх відокремленням, особливо для тих деталей, що виконують спільні функції (наприклад, шатун і кришка шатуна) тощо.

Отже, узагальнимо рекомендації для конструювання штампованих кованок:

напрямки волокон штампованого матеріалу кованки повинні сприяти поліпшенню експлуатаційних параметрів якості готової деталі;

площину рознімання в штампі добирають, виходячи з умови мінімальної висоти його порожнини та зручності виймання готової кованки;

важкозаповнювані частини кованки розташовують у верхній частині штампа;

поверхні кованки, перпендикулярні до площини рознімання штампа, повинні мати нахили (зовнішні — менші, а внутрішні — більші);

спряження поверхонь кованки мають бути плавними з радіусними заокругленнями;

дно штампа, матриці та пуансона роблять конічним;

кованка має мати мінімальну кількість ребер, перегородок, отворів тощо.

13.2. Правила виконання креслень штампованих кованок

Креслення кованки виконують відповідно до вимог стандартів ЄСКД і ГОСТ 7505-89 «Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски», що поширюються на кованки загального призначення масою до 250 кг з лінійними розмірами до 2500 мм, які виготовляють гарячим об'ємним штампуванням на різному ковальському устаткуванні.

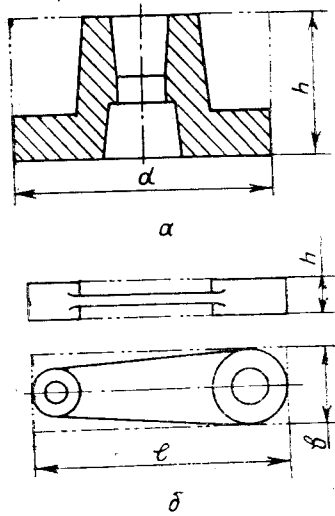


Рис. 13.5. Кованки та плоскі фігури, описані навколо них (d , b , h — габаритні розміри).

точності кованки визначає конструктор за погодженням зі споживачем. Рекомендації щодо визначення класу точності кованки наведені в табл. 13.1.

Допускається призначати різні класи точності для різних поверхонь однієї кованки.

Масу кованки знаходять за масою деталі з урахуванням напусків, припусків на механічне оброблення та технологічних відходів (облой, вигоранка, задирки).

Ступінь складності кованки визначають залежно від відношення її об'єму V_{Π} до об'єму фігури V_{Φ} як кулі, паралелепіпеда, циліндра чи прямої правильної призми (рис. 13.5), описаної навколо неї, тобто

$$C = \frac{V_{\Pi}}{V_{\Phi}} \quad (13.1)$$

Стандартом передбачено чотири групи складності кованок для значень C відповідно: $C1$ (від 0,63 до 1,0); $C2$ (від 0,32 до 0,63); $C3$ (від 0,16 до 0,32) і $C4$ (від 0 до 0,16).

Ступінь складності $C4$ призначають також для плоских кованок з тонкими елементами (рис. 13.6), наприклад для диска, фланця, планки, якщо співвідношення

$$K_c = \frac{t}{D}; \quad K_c = \frac{t}{L-l}; \quad K_c = \frac{t}{D-d} \quad (13.2)$$

не перевищують 0,20 і $t < 25$ мм, де D , L — найбільший діаметр чи лінійний розмір тонкого елемента; t — товщина тонкого елемента; d , l — діаметр чи лінійний розмір елемента кованки; товщина якого перевищує значення t .

Для кованок, виготовлених на ГKM і пресах витискуванням, ступінь їх складності визначають за кількістю технологічних переходів штампування, що потрібні для їх виготовлення. Наприклад, для двох переходів ступінь складності — $C1$, для трьох — $C2$, для чотирьох — $C3$, для п'яти та більше переходів чи у разі виготовлення на двох і більше кувальних машинах — $C4$.

Групу сталі кованки визначають за кількістю вуглецю та сумарною масовою часткою легувальних елементів: $M1$ — для вуглецевих легованих сталей з масовою часткою вуглецю до 0,35% і легувальних елементів до 2%; $M2$ — для сталей з масовою часткою вуглецю від 0,35 до 0,65% чи сумарною часткою легувальних елементів від 2,0 до 5,0%; $M3$ — для сталей з масовою часткою вуглецю понад 0,65% чи сумарною часткою легувальних елементів понад 5,0%.

Номер вихідного індекса визначають згідно з дод. 4.1: від відповідної маси кованки вздовж рядка праворуч до відповідного стовпчика з номером вихідного індекса за умови, що кованка належить до групи сталі $M1$, ступеня складності $C1$ і класу точності $T1$. Якщо кованка входить до групи сталі $M2$ чи $M3$, то номер

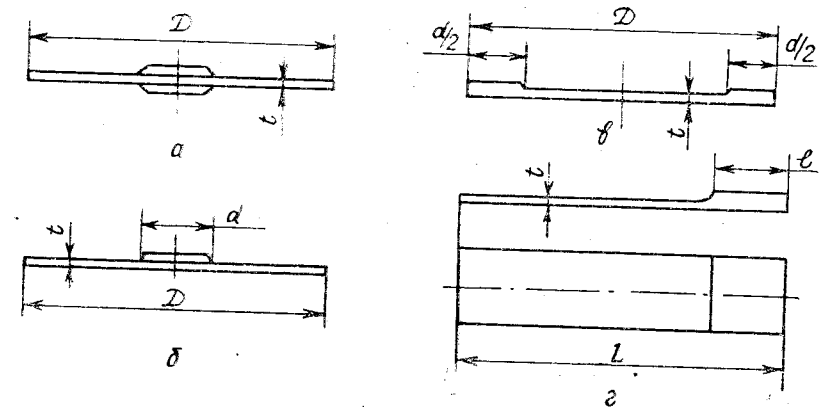


Рис. 13.6. Плоскі кованки.

вихідного індекса міститься в рядку, що згідно з похилою лінією опускається відповідно на один чи два рядки нижче від попереднього. Аналогічно, якщо за ступенем складності кованка належить до С2, С3 чи С4 і за класом точності — до Т2, Т3, Т4 чи Т5, то номер індекса знаходять у рядку, що згідно з похилими опускається відповідно на один, два, три чи чотири рядки нижче від попереднього.

Приклади:

1. Маса кованки 0,5 кг, група сталі М1, ступінь складності С1, клас точності Т5.

Вихідний індекс — 9.

2. Маса кованки 1,5 кг, група сталі М2, ступінь складності С3, клас точності Т4.

Вихідний індекс — 12.

13.2.1. ПРИПУСКИ НА ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

Припуск на оброблення різанням поверхні є сумою основного та додаткового значень, що враховує відхилення форми поверхні кованки.

Основні припуски на оброблення різанням кованок залежно від номера вихідного індекса, лінійних розмірів і шорсткості поверхні деталі визначають згідно з дод. 4.9.

Припуски на товщину кованки, що підлягає холодному чи гарячому калібруванню, знаходять за дод. 4.7.

Додаткові припуски з урахуванням відносного зсування окремих елементів кованки (дод. 4.10), зігнутості, відхилення від площинності та прямолінійності (дод. 4.11), відхилення міжцентрової та міжосьової відстаней (дод. 4.12), кутових розмірів визначають залежно від маси кованки та класу її точності.

Встановлені у стандартах значення припусків на механічне оброблення вважають мінімальними. Тому будь-які заокруглення в розрахунках і конструюванні кованок виконують за умови збільшення припусків.

13.2.2. РОЗМІРИ КОВАНОК ТА ЇХ ДОПУСТИМІ ВІДХИЛЕННЯ

Розміри кованок залежать від розмірів готової деталі з урахуванням припусків на оброблення різанням. Тому розміри зовнішніх поверхонь заготовок звичайно більші, а розміри внутрішніх поверхонь — менші за розміри відповідних поверхонь готових деталей. Визначені розрахунковим чи табличним способом припуски беруть за мінімальні, знайдені з їх допомогою розміри заготовок для зовнішніх поверхонь приймають теж за мінімальні, а для внутрішніх — за максимальні. Відповідно максимальні значення

для зовнішніх і мінімальні для внутрішніх розмірів визначають з урахуванням відповідних допусків, які встановлені стандартами чи іншими нормативними документами для прийнятого класу точності заготовки та розмірів.

Номінальні значення розмірів для робочих креслень заготовок обчислюють, виходячи з рекомендацій довідкової та спеціальної літератури на встановлення граничних відхилень розмірів заготовок і отриманих для кожного з розмірів їх граничних значень.

Для штампованих кованок стандартом встановлені несиметричні відхилення розмірів відповідно: одна третина допуску «в тіло» кованки та дві третини допуску в протилежному напрямку.

Номінальні значення розмірів потрібно вибирати з рядів переважальних чисел для лінійних розмірів, виконуючи правило, що будь-які заокруглення роблять за умови відповідного збільшення припусків. Якщо розмір кованки визначає міжцентрову відстань чи відстань між зовнішньою та внутрішньою поверхнями, в окремих випадках номінальні значення розмірів кованок можуть збігатися з відповідними розмірами деталей.

Допустимі відхилення лінійних розмірів штампованих кованок згідно зі стандартом визначають залежно від номера вихідного індекса, товщини та лінійних розмірів кованки за дод. 4.2. Допустимі відхилення для внутрішніх розмірів мають зворотні знаки.

Радіуси заокруглень визначають залежно від глибини штампувального рівчача та маси кованки.

Допустимі відхилення кутових розмірів (дод. 4.5), зігнутості (дод. 4.4), радіусів заокруглення (дод. 4.3 і 4.6) визначають залежно від маси та класу точності кованки.

Допустимі відхилення від співвісності ненаскрізних отворів (міток) кованок становлять 1,0% від глибини мітки.

Штампувальні нахили (дод. 4.8) знаходять залежно від типу основного устаткування, наявності виштовхувачів та розташування поверхні (внутрішня, зовнішня). Менші значення кута нахилу призначають для зовнішніх поверхонь.

Радіуси заокруглень у місцях стикання поверхонь кованок мають забезпечити належну конфігурацію кованки та можливість вільного перетікання металу під час його деформування. Для цього внутрішні радіуси повинні бути у два—три рази більшими від зовнішніх. З метою уніфікації інструменту звичайно числові значення радіусів приймають однаковими. Розміри та конфігурацію міток для отворів добирають відповідно до розмірів деталей, беручи до уваги мінімальні припуски на оброблення різанням та рекомендації, викладені у спеціальній літературі [6, 13, 26]. Залежно від розмірів застосовують мітки: плоскі, увігнуті, «з магазину», «глухі» тощо. Глибину міток визначають за умови забезпечення достатньої стійкості інструменту.

Припуски на оброблення різанням та граничні відхилення розмірів кованок із кольорових металів та їх стопів до впровадження в дію державних стандартів призначають за галузевими рекомендаціями [13, 31, 32].

13.3. Якість і дефекти кованок

Технічні вимоги до кованок наведені в державних чи галузевих стандартах, в кресленнях і стандартах підприємств. У технічних вимогах вказані допустимі відхилення розмірів, допуски форми та взаємного розташування поверхонь кованок, їх шорсткість, марка матеріалу, твердість поверхневих шарів, допустимі дефекти, їх назва, припустимі розміри, кількість, місцезнаходження, припустимість і способи виправлення дефектів, покривання поверхонь кованки тощо.

Ці та інші технічні вимоги записують у кресленнях кованок окремим текстом чи посиланням на відповідні стандарти й нормативи підприємств.

Окрім цього, в кресленнях кованок вказують ковальські нахили, радіуси заокруглень, допустимі значення відносного зсуву окремих елементів кованки, параметри термічного оброблення, межі твердості матеріалу, методи та місце її вимірювання, потребу герметичності стінок і спосіб її перевірки, місця для взяття проб матеріалу, зміст і спосіб маркування, стан поверхонь і спосіб їх оброблення чи очищення.

Браковані кованки отримують внаслідок використання бракованих вихідних заготовок, порушень технологічних процесів нагрівання, штампування, термічного оброблення, недоліків використаного устаткування, спорядження та інструменту.

Найпоширенішими видами браку кованок є риси та подряпини на поверхні, волосовини та тріщини, отримані розкатуванням газових раковин виливків, згортки та складки, плени (розкратані застигли бризки рідкої сталі); розшарування від раковин чи шпаристості; забруднення; флокени (скупчення дрібних тріщин від нерозчиненого у виливках водню); відхилення у хімічному складі матеріалу, формі та розмірах кованки.

Відхилення від режиму нагрівання кованок призводить до недогрівання (появи тріщин); перегрівання (росту зерен і зниження механічних властивостей матеріалу); перепалювання (оксидації та розтоплення країв зерен, втрати пластичних властивостей матеріалу); циндри (шару окисованого металу); вигорання вуглецю в поверхневому шарі (зниження втомної міцності та твердості кованок).

У процесі штампування дефектами можуть також бути вм'ятини, забоїни, незаповнення форми, жолоблення тощо.

13.4. Застосування штампованих кованок

Кованки, отримані гарячим штампуванням зі сталей та кольорових металів і стопів, широко застосовують у машинобудуванні, особливо в умовах серійного та масового виробництва, при виготовленні малих і середніх заготовок. Для отримання заготовок великих розмірів використовують заготовки, що складаються з окремих частин.

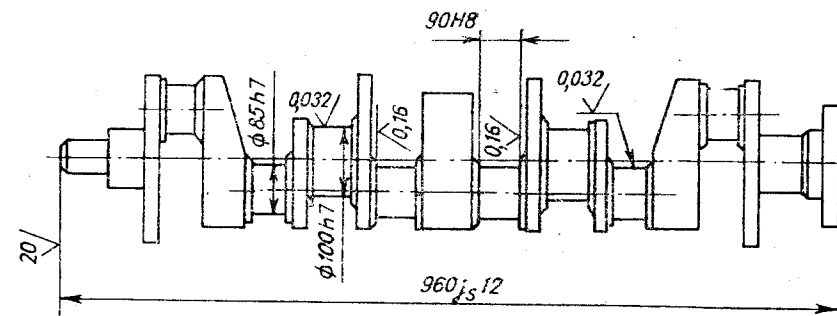


Рис. 13.7. Колінчастий вал автомобільного двигуна внутрішнього згорання.

Заготовки колінчастих валів (рис. 13.7) малих і середніх розмірів у серійному та масовому виробництві виготовляють штампуванням у закритих штампах з прокату, послідовно в кількох ривчаках одного чи двох штамів. Спочатку заготовку вигинають і штампують у заготівельному (попередньому) ривчаку. Після цього обрізають облой, здійснюють остаточне штампування, зачищають і виправляють. Фланці на кінцях валів звичайно виконують окремою операцією штампування на горизонтально-кувальних машинах. Матеріал для валів добирають так, щоб забезпечити високу пластичність і можливість гартування поверхонь, що працюють на зношення тертям. До таких сталей належать високоякісні вуглецеві сталі марок 40, 45, леговані сталі марок 40X тощо.

Розподільчі вали двигунів внутрішнього згорання та кулачкові вали інших машин і механізмів за довжиною ділять на три групи: до 500 мм, від 500 до 1000 мм і понад 1000 мм. Виготовляють їх із високоякісних вуглецевих і легованих сталей та легованого чавуну. Сталеві вали в серійному та масовому виробництві отримують гарячим штампуванням, вальцюванням і періодичним прокатуванням, чавунні — литтям.

Способом гарячого штампування виготовляють заготовки для роторів гідравлічних pomp і гвинтових компресорів (рис. 13.8),

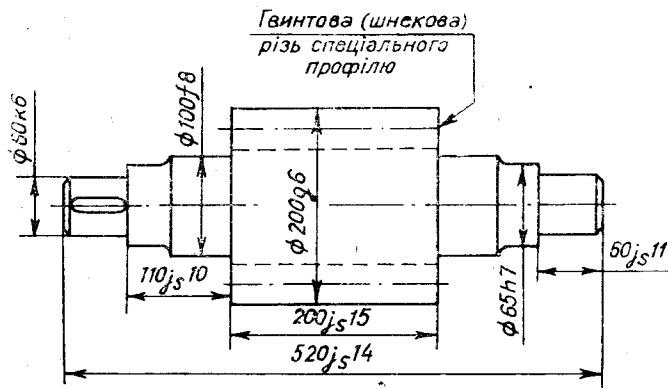


Рис. 13.8. Ведучий ротор гвинтового компресора.

східчастих валів коробок швидкостей і редукторів, кулачкових валів для автоматів та автоматичних ліній.

Шатуни двигунів внутрішнього згоряння, компресорів та інших кривошипно-шатунних механізмів працюють з великим знакоперемінним навантаженням та у тяжких умовах (агресивні гази, висока чи низька температура тощо). Тому для виготовлення шатунів (рис. 13.9) застосовують високоякісні вуглецеві сталі марок 40, 45, 45Г2, а для більш відповідальних шатунів — леговані сталі марок 40ХНМА, 18Х2Н4ВА тощо. В умовах серійного та масового виробництва заготовки шатунів виконують гарячим штампуванням на молотах і КГШП. Цей спосіб дає змогу отримувати двотавровий перетин стержня, що забезпечує достатню жорсткість шатунів з незначною масою. Найбільш доцільним є виготовлення заготовок шатунів з кришкою великої головки та відрізуванням її в процесі механічного оброблювання, що зменшує витрати металу, кількість штампів і знижує вартість шатуна. Шатуни великих корабельних двигунів виготовляють зі складаних заготовок, окремі частини яких отримують із штампованих заготовок і профільного сортового чи періодичного прокату.

Гарячим штампуванням в умовах серійного виробництва виготовляють заготовки робочих коліс (див. рис. 10.11) компресорів, які працюють з великими кутовими швидкостями. Щоб отримати заготовки робочих коліс, часто застосовують складані заготовки. Матеріалом заготовок для неагресивних середовищ є високоякісні вуглецеві сталі марок 45 і 40Х, а для агресивних середовищ — леговані сталі марок 30ХГС, Х15Н9Ю тощо.

Опорні катки (рис. 13.10) гусеничних тракторів і всюдиходів працюють у дуже несприятливих умовах (удари, вібрація, волога, забруднення, тертя тощо). Заготовки опорних катків виготовля-

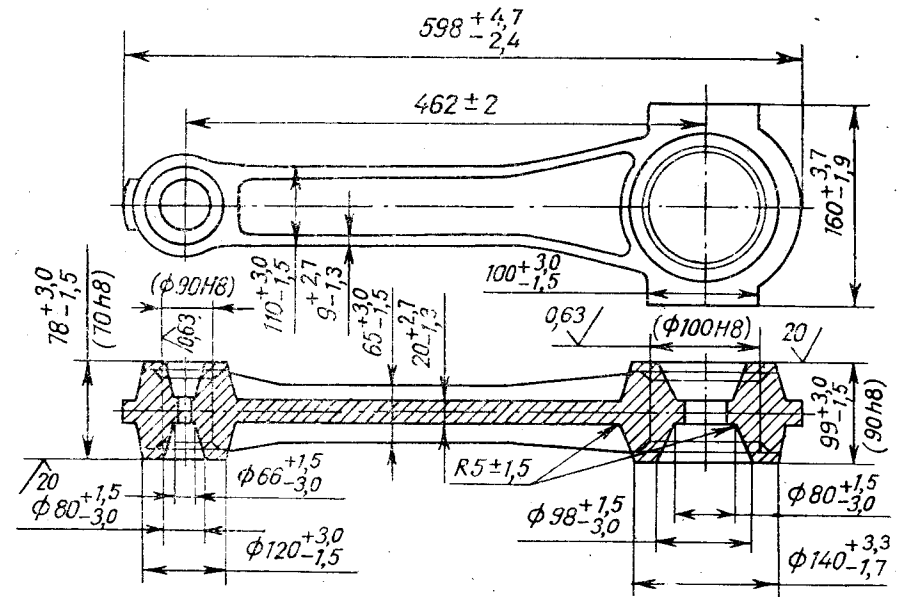


Рис. 13.9. Штампована кованка шатуна автомобільного двигуна.

ють здебільшого з високоякісної марганцевої сталі марки 50Г штампуванням. Заготовка катка складається з двох частин, які виваджують на горизонтально-кувальних машинах з круглого прокату.

Найпоширенішими заготовками, що їх виготовляють гарячим штампуванням, є заготовки дисків і втулок (зубчасті колеса, фланці, шківні, муфти тощо). Більшість таких заготовок отримують на КГШП, багатопозиційних гарячостампувальних автоматах, молотах і ГKM. Здебільшого на першому переході такі заготовки осаджують, а в наступних — штампують у заготівельних та остаточних закритих штампах. На рис. 13.11 зображено кованку коронного зубчастого колеса вантажного автомобіля, що виготовляється за п'ять технологічних переходів (осаджування, попереднє та остаточне штампування, обрізання облою та прошивання отвору).

Відповідальними деталями автомобіля є поворотні кулаки, які застосовують для підвищення передніх коліс, щоб змінювати напрямок руху автомобіля. Для виготовлення поворотних кулаків (рис. 13.12) застосовують леговані хромові сталі марок 30Х, 40Х тощо. Заготовки кулаків звичайно виготовляють штампуванням (способом витискання) на КГШП за п'ять переходів (осаджування, попереднє штампування з витисканням хвостовика вниз і двох

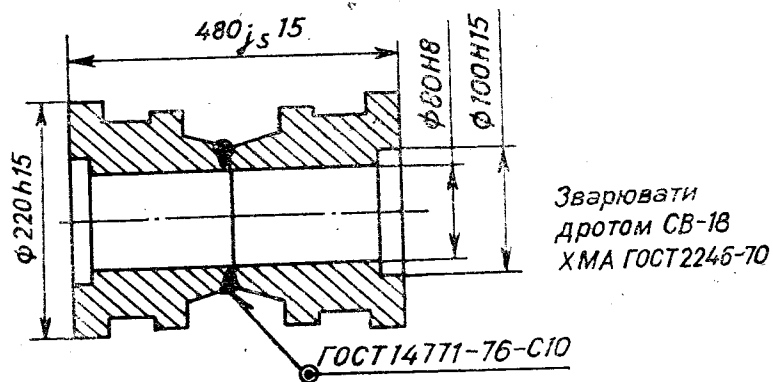


Рис. 13.10. Подвійний опорний коток гусеничного трактора.

головок уверх, остаточне штампування, обрізування задирок у гарячому стані та гаряче виправлення).

До найбільш складних за конфігурацією належать деталі типу некруглих і несиметричних стержнів — прями та криві стержні з некруглим поперечним перетином і довжиною, що значно перевищує розміри поперечного перетину (балки передньої осі, шатуни

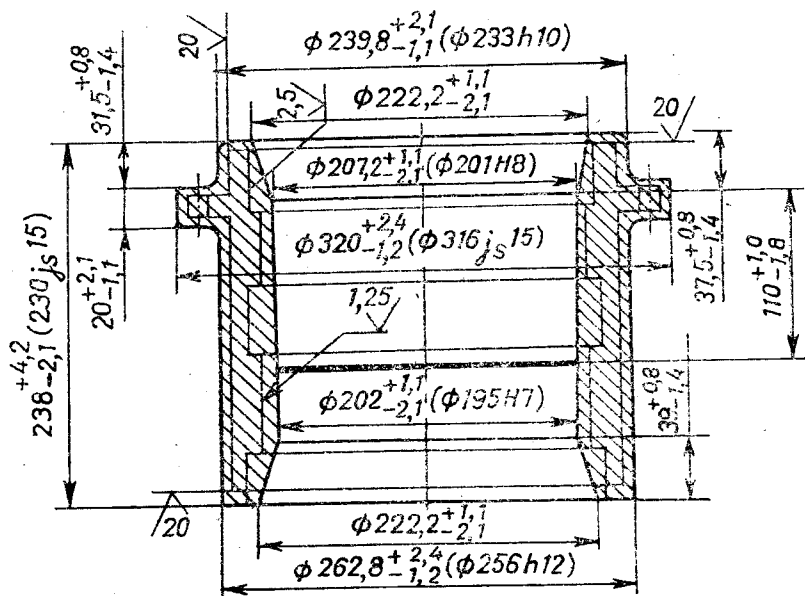


Рис. 13.11. Кованка коронного зубчастого колеса.

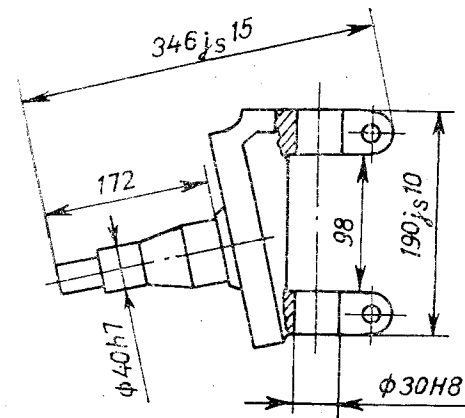


Рис. 13.12. Поворотний кулак автомобіля.

двигунів, вилки перемикання коробок швидкостей, коромисла тощо). Для таких деталей оброблювані поверхні розташовані здебільшого на кінцях стержнів і зрідка в середній їхній частині. До деталей такого типу належить балка переднього моста (рис. 13.13). Основний стержень балки має двотавровий перетин і жорстко кріпиться до передніх ресор. На кінцях балки, виконаних у вигляді головок, шарнірно встановлюють за допомогою шкворнів поворотні кулаки. Заготованку балки переднього моста виготовляють із штанги прямокутного перетину періодичним прокатуванням з наступним розрізанням її на штучні заготованки та штампуванням кожної на гарячештампувальному молоті. У разі значної довжини балки заготованку обробляють у такій послідовності: спочатку нагріту заготованку з одного кінця штамнують

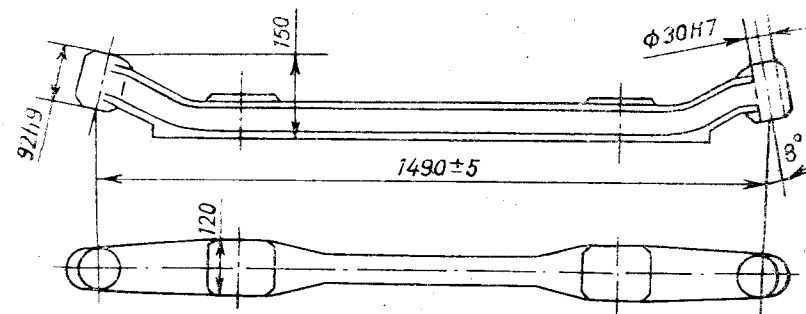


Рис. 13.13. Балка переднього моста автомобіля.

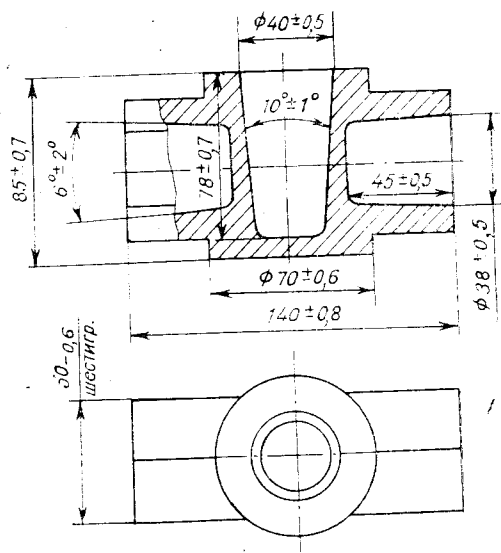


Рис. 13.14. Кованка корпусу крана, виготовлена холодним висаджуванням.

у трирівчачковому штампі (обтискання, вигинання та остаточне штампування), потім на пресі обрізають задирки, після чого заготованку обробляють з іншого боку. Заготованки сортують за довжиною, при необхідності їх видовжують чи скорочують (осаджуванням) з додатковим нагріванням середньої частини. Після термічного оброблення заготованки виправляють.

Заготованки балок для автомобілів малої та середньої вантажності штампують цілими, а опорні площини для ресор карбують на пресі.

Холодним штампуванням виготовляють заготованки пневматичної та гідравлічної арматури (корпуси, хрестовини, кутники, кришки, штуцери тощо) з пластичних сталей, алюмінієвих і мідних стопів. Кованку корпусу крана, виготовлену холодним прошиванням з мідного стопу (бронзи), зображено на рис. 13.14.

Розглянемо прогресивні способи ОМТ (табл. 13.2).

Прогресивні способи ОМТ

Спосіб ОМТ	Назва і розміри кованки	Продуктивність, шт/год	Устаткування
Штампування об'ємне	Шестерні діаметром до 180 мм, $n=4-8$ мм	200	КГШП, 25 МН
Повздовжнє вальцювання з відкритим штампуванням	Вали, осі, шатуни масою до 20 кг Колінвали, балки, траверси масою до 100 кг	200	Вальці і КГШП, 16-63 МН КГШП, 120 МН
Відкрите штампування	Шатуни, важелі, тяги, осі, вали масою до 2 кг	1000	КГШП, 25 МН
	Шестерні, фланці, вилки кардана масою до 6 кг	2000	КГШП, 40 МН
Штампування витисканням	Кулаки, цапфи, стояки масою до 25 кг	200	КГШП, 40 МН
	Осі, вали порожнисті масою до 8 кг	150	ГКМ, 12,5 МН
	Кільця вальниць, клапани, ніпелі масою до 0,6 кг	1500	КГШП, 16 МН
Штампування закриті з різними матрицями	Шестерні, фланці масою до 3 кг	300	КГШП, 16 МН
	Хрестовини, втулки, кулаки, напівосі, тяги масою до 10 кг	200	КГШП, ГКМ, 25 МН
Закрите штампування	Кільця, фланці, шестерні, втулки, хрестовини масою до 6 кг	1500	КГШП, 25 МН
Вальцювання	Напівосі легкових автомобілів, кульові пальці, вали, осі масою до 10 кг	500	Вальці автоматичні
Гвинтове прокатування	Напівосі автомобілів	70	Автомат
Розкатування	Кільця вальниць, втулки	1000	Автомат
	Кільця, обручі, шестерні масою до 50 кг	30	Автомат
Накатування зубців	Шестерні, зірки діаметром до 350 мм	60	Автомат
Електровисаджування	Вали, осі, фланці, пальці	60	Автомат

13.5. Завдання та вправи

13.5.1. ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ І РОЗМІРІВ ШТАМПОВАНИХ КОВАНОК ТАБЛИЧНИМ СПОСОБОМ

Приклад 1. Визначити форму, припуски на механічне оброблення та розміри кованки східчастого вала (рис. 13.4, а), виготовленого зі сталі 15ХГН2ТА гарячим штампуванням класу точності Т5 на ГКМ в умовах багатосерійного виробництва.

Розв'язання. 1. Згідно з вимогами стандарту та рекомендаціями глави 13.2 визначаємо площину рознімання штампа вздовж осі обертання вала та форму кованки з урахуванням штампувальних нахилів, припусків і радіусів заокруглень (показано товстими лініями на рис. 13.4, б). Розміри кутів нахилу, радіусів заокруглень та їх відхилення вибираємо за дод. 4.

2. Знаходимо приблизне значення маси кованки

$$G_k = \gamma \cdot K_n \cdot V_d,$$

де $\gamma = 8,2 \cdot 10^3$ кг/м³ — питома маса сталі; V_d — об'єм деталі, м³; K_n — коефіцієнт, що враховує наявність припусків, $K_n = 1,02 \dots 1,08$ залежно від кількості механічно оброблюваних поверхонь (більше значення стосується кованок, що мають більше оброблюваних поверхонь). Приймаємо $K_n = 1,08$. Об'єм деталі є сумою об'ємів простих за формою її частин

$$V_d = \frac{\pi}{4} (0,126^2 \cdot 0,050 + 0,060^2 \cdot 0,073 + 0,045^2 \cdot 0,245 + 0,030^2 \cdot 0,030) = 0,0015800 \text{ м}^3.$$

Маса кованки: $G_k = 1,08 \cdot 8,2 \cdot 10^3 \cdot 0,0015800 = 13,98$ кг.

3. Визначаємо ступінь складності кованки за відношенням об'ємів кованки та описаної довкола неї простої фігури (циліндра)

$$C = \frac{V_k}{V_\phi}; \quad V_k = \frac{G_k}{\gamma} = \frac{13,98}{8,2 \cdot 10^3} = 0,001705 \text{ м}^3,$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot 0,126^2}{4} \cdot 0,400 = 0,004985 \text{ м}^3; \quad C = \frac{0,001705}{0,004985} = 0,342,$$

що відповідає ступеню складності С2.

4. Враховуючи, що за умовою задачі кованка має бути класу точності Т5 масою 13,98 кг, категорія матеріалу М3 і ступінь складності її форми С2, знаходимо індекс 18.

5. Беручи до уваги вказану на рис. 13.4 шорсткість поверхонь, за дод. 4.9 знаходимо основні припуски на оброблення різанням для поверхонь: $\varnothing 126h8$ — 3,2 мм; $\varnothing 60j_6$ — 3,0 мм; $\varnothing 80H9$ — 3,0 мм; $\varnothing 45h12$ — 2,4 мм; $50h14$ — 3,0 мм; $73j_15$ — 3,0 мм; $400h12$ — 3,8 мм; $40j_15$ — 2,4 мм.

6. Згідно з дод. 4.10 і дод. 4.11 отримуємо додаткові припуски на зсування половин штампа 0,5 мм і на зігнутість кованки 1,0 мм.

7. Враховуючи отримані основні та додаткові припуски визначаємо розміри поверхонь кованки, допустимі відхилення яких містяться в дод. 4.2. Наприклад, для поверхні $\varnothing 126h8$ вала згідно з дод. 4.9 знаходимо основний припуск (індекс 18, розмір 126, шорсткість обробленої поверхні 5 мкм за параметром Ra) 3,2 мм. Додатковий припуск від зсування половинок штампа згідно з

дод. 4.10 для плоскої поверхні рознімання штампа класу точності Т5 і маси кованки 14 кг становить 0,5 мм. Додатковий припуск для зігнутості кованки згідно з дод. 4.11 для кованки розміром понад 400 мм і класу точності Т5 — 1,0 мм. Сумарний припуск на оброблення різанням: $3,2 + 0,5 + 1,0 = 4,7$ мм.

Враховуючи циліндричну форму поверхні, визначаємо мінімальний її розмір: $126 + 2 \cdot 4,7 = 135,4$ мм.

Згідно з дод. 4.2 знаходимо відхилення розміру кованки як +3,3 мм і -1,7 мм.

Щоб забезпечити умову збереження мінімального значення розміру кованки, його номінальне значення мусить бути більшим за мінімальний розмір на значення знайденого нижнього відхилення, тобто $135,4 + 1,7 = 137,1$ мм. Допускаючи невелике заокруглення, отримуємо розмір поверхні — $\varnothing 137$.

Для лінійного розміру $52h14$ враховуючи, що цей розмір визначає відстань між двома зовнішніми механічно обробленими плоскими поверхнями, знаходимо припуски для кожної з них. Беручи до уваги, що шорсткість обох поверхонь перебуває в межах 1,6 ... 10,0 мкм згідно з дод. 4.9 для індекса 18 і розміру деталі 52 отримуємо основний припуск 3,0 мм. Додаткові припуски від зсування половинок штампа та від зігнутості кованки аналогічно як і для попереднього випадку — 0,5 мм і 1,0 мм, а сумарний припуск для кожної з поверхонь розміру $52h14$ $3,0 + 0,5 + 1,0 = 4,5$ мм.

Мінімальний розмір кованки: $52 + 2 \cdot 4,5 = 61$ мм.

Згідно з дод. 4.2 знаходимо відхилення для цього розміру як +3,0 мм і -1,5 мм. Номінальне значення розміру запишемо у вигляді $61 + 1,5 = 62,5$ мм. Аналогічно визначені розміри кованки та їхні відхилення зображені на рис. 13.4, б.

Приклад 2. Визначити форму, припуски на механічне оброблення та розміри кованки шатуна автомобільного двигуна, зображеного на рис. 13.9, виготовленого з легваної сталі 40ХНМА гарячим штампуванням, класу точності Т5, в умовах серійного виробництва на КГШП.

Розв'язання. 1. Згідно з вимогами стандарту та рекомендаціями глави 13.2 визначаємо розташування площини рознімання штампа вздовж основної осі шатуна та перпендикулярно до осей отворів і форму кованки, призначаємо штампувальні нахили, припуски, радіуси заокруглень і креслимо кованку за вимогами стандартів ЄСКД.

2. Знаходимо масу кованки як $G_k = K_n \cdot \gamma \cdot V_d$. Приймаємо $K_n = 1,06$; $\gamma = 8,2 \cdot 10^3$ кг/м³.

Об'єм деталі знаходимо як алгебричну суму об'ємів простих за формою її частин: $V = \frac{\pi}{4} (0,120^2 - 0,090^2) \cdot 0,070 + \frac{\pi}{4} (0,140^2 - 0,108^2) \cdot 0,090 + 0,110 \cdot 0,020 \cdot 0,462 + 2 \cdot 0,065 \cdot 0,012 \cdot 0,462 + 0,025 \times 0,100 \cdot 0,090 = 0,00297 \text{ м}^3$.

Маса кованки

$$G_k = 1,06 \cdot 8,2 \cdot 10^3 \cdot 0,00297 = 25,815 \text{ кг.}$$

3. Визначаємо ступінь складності кованки за співвідношенням її об'єму до об'єму описаної довкола неї простої фігури (паралелепіпеда):

$$C = \frac{V_k}{V_{\phi}}; \quad V_k = \frac{G_k}{\gamma} = \frac{25,815}{8,2 \cdot 10^3} = 0,00315 \text{ м}^3;$$

$V_{\phi} = 0,160 \cdot 0,090 \cdot 0,598 = 0,00861 \text{ м}^3$; $C = \dots = 0,366$, що відповідає ступеню складності $C2$.

4. Враховуючи, що за умовою задачі кованка має мати клас точності Т5, масу 25,815 кг, категорію матеріалу М2 (відсоток легувальних елементів від 2 до 5), ступінь складності $C2$, отримуємо індекс 18. Беручи до уваги шорсткість поверхонь, за дод. 4.9 знаходимо значення основних припусків на оброблення різанням для поверхонь: $\varnothing 90H8 - 3,3 \text{ мм}$; $\varnothing 108H8 - 3,5 \text{ мм}$; $70h8$ і $90h8 - 2,4 \text{ мм}$.

Для решти розмірів припуски не визначаємо з огляду на те, що ці поверхні не підлягають обробленню різанням.

Згідно з дод. 4.10—4.12 знаходимо додаткові припуски відповідно на зсування половин штампа 0,6 мм, на зігнутість кованки 1,0 мм та допуск на відхилення міжцентрової відстані 2,0 мм.

5. Визначаємо розміри кованки з урахуванням отриманих значень припусків. Граничні відхилення для розмірів кованки знаходимо за дод. 4.2. Для поверхонь отворів передбачаємо мітки конічної форми, для яких діаметри більшої основи дорівнюють різниці між діаметром отвору та сумою двох припусків, а діаметри меншої основи — враховують кути штампувальних нахилів.

Для прикладу розглянемо порядок визначення розмірів кованки для циліндричної поверхні $\varnothing 90H8$ і відстані між плоскими поверхнями $70h8$. Для поверхні $\varnothing 90H8$ згідно з дод. 4.9 для індекса 18, шорсткості поверхні 0,63 мкм знаходимо основний припуск 3,3 мм. Сумарний припуск з урахуванням додаткових становитиме $3,3 + 0,6 + 1,0 = 4,9 \text{ мм}$.

Враховуючи, що поверхня внутрішня, визначимо найбільший її розмір: $90 - 2 \cdot 4,9 = 80,2 \text{ мм}$.

Згідно з дод. 4.2 встановимо допустимі відхилення для цього розміру з урахуванням необхідності зміни їх знаку як $+1,5$ і $-3,0$.

Щоб виконати вимогу збереження отриманого вище розміру кованки як найбільшого, номінальне його значення зменшимо на 1,5 мм, тобто розмір кованки становитиме $80,2 - 1,5 = 78,7 \text{ мм}$.

Для розміру $70h8$, який визначає відстань між двома зовнішніми механічно оброблюваними плоскими поверхнями, знайдемо

припуски кожної з них. Для обох поверхонь згідно з дод. 4.9 для індекса 18 і шорсткості 20 мкм маємо основний припуск 2,4 мм. Додаткові припуски на зсування половин штампа та на припустиму зігнутість кованки згідно з дод. 4.10 і 4.11 становлять відповідно 0,6 і 1,0 мм, а сумарний припуск — $2,4 + 0,6 + 1,0 = 4,0 \text{ мм}$.

Ескіз кованки з отриманими розмірами та їх граничними відхиленнями зображено на рис. 13.9.

13.5.2. ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ І РОЗМІРІВ ШТАМПОВАНИХ КОВАНОК РОЗРАХУНКОВИМ СПОСОБОМ

Приклад 1. Визначити мінімальний припуск і розмір штампованої кованки для поверхні $\varnothing 60j_6$ східчастого вала (рис. 13.4, а), виготовленого зі сталі 15ХГН2ТА в умовах серійного виробництва штампуванням на ГКМ.

Розв'язання. 1. Вибираємо структуру технологічного процесу оброблення поверхні $\varnothing 60j_6$: операція 010 — напівчорнове обточування поверхні вала (перехід 1); напівчистове обточування поверхні вала (перехід 2) на токарному верстаті, в центрах.

2. Мінімальний сумарний припуск визначимо з (5.6) як

$$Z_{\Sigma \min} = Z_{i \min} + Z_{i-1 \min},$$

де $Z_{i \min}$, $Z_{i-1 \min}$ — мінімальні припуски на оброблення різанням поверхні вала відповідно в 2 і 1 технологічних переходах операції 010. Згідно з (5.3), враховуючи, що $a=2$, користуючись даними дод. 13; 14 і 16 відповідно до рекомендацій розділу 5.3, отримаємо: для переходу 2 операції 010

$$Z_{i \min} = 2(80 + 100 + 150 + 0) = 660 \text{ мкм} = 0,660 \text{ мм};$$

для переходу 1 операції 010

$$Z_{i-1 \min} = 2(160 + 200 + 850 + 540) = 2480 \text{ мкм} = 2,480 \text{ мм}.$$

Сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = 0,660 + 2,480 = 3,140 \text{ мм}.$$

Максимальне значення діаметра кованки для заданої поверхні вала визначимо згідно з (5.7):

$$A_{i-2 \max} = A_{i \max} + Z_{\Sigma \min} + T_{i-1} + T_{i-2},$$

де T_{i-1} — допуск розміру заданої поверхні для проміжної заготовки, що виготовляється в переході 1 операції 010; T_{i-2} — до-

пуск штампованої кованки. Згідно з дод. 4 і 15 маємо $T_{i-1} = 0,460$ мм (для 13 квалітету точності); $T_{i-2} = 2,2$ мм.

Підставивши значення, отримаємо

$$A_{i-2 \max} = 60 + 3,140 + 0,460 + 2,2 = 65,800 \text{ мм.}$$

Розмір заданої поверхні штампованої кованки можна записати як $66_{-2,2}$ чи $64,5_{-0,8}^{+1,4}$.

Порівняння отриманого розміру штампованої кованки з розміром цієї ж поверхні, визначеним табличним способом (рис. 13.4), свідчить, що розрахунковий спосіб дає змогу зменшити діаметр кованки на 5,5 мм.

Приклад 2. Визначити мінімальний припуск і розмір штампованої кованки для поверхонь розміру 90h8 шатуна автомобільного двигуна (рис. 13.9), виготовленого з легованої сталі марки 40ХВМА в умовах серійного виробництва штампуванням на молотах.

Розв'язання. 1. Вибраємо структуру технологічного процесу оброблення різанням поверхонь розміру 90h8: операція 005 — напівчорнове фрезкування заданих поверхонь шатуна (перехід 1);

напівчистове фрезкування заданих поверхонь шатуна (перехід 2) на вертикально-фрезувальному верстаті в призматичних лещатах;

операція 010 — чистове торцювання заданих поверхонь на розточувальному верстаті за допомогою спеціального пристрою.

2. Мінімальний сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = Z_{i \min} + Z_{i-1 \min} + Z_{i-2 \min},$$

де $Z_{i \min}$, $Z_{i-1 \min}$, $Z_{i-2 \min}$ — мінімальні припуски на оброблення різанням заданих поверхонь шатуна відповідно в операції 010 і в 2 та 1 технологічних переходах операції 005. Згідно з (5.3), враховуючи, що $a=2$, користуючись даними дод. 13, 14 і 16, відповідно до рекомендацій розділу 5.3, отримаємо:

для операції 010

$$Z_{i \min} = 2(125 + 100 + 50 + 0) = 550 \text{ мкм} = 0,550 \text{ мм};$$

для переходу 2 операції 005

$$Z_{i-1 \min} = 2(200 + 200 + 200 + 0) = 1200 \text{ мкм} = 1,200 \text{ мм};$$

для переходу 1 операції 005

$$Z_{i-2 \min} = 2(250 + 300 + 800 + 0) = 2700 \text{ мкм} = 2,700 \text{ мм.}$$

Сумарний припуск

$$Z_{\Sigma \min} = 0,550 + 1,200 + 2,700 = 4,450 \text{ мм.}$$

3. Максимальне значення розміру діаметра штампованої кованки шатуна для заданих поверхонь визначимо за (5.7):

$$A_{i-3 \max} = A_{i \max} + Z_{\Sigma \min} + T_{i-1} + T_{i-2} + T_{i-3},$$

де T_{i-1} і T_{i-2} — допуски розмірів заданих поверхонь для проміжних заготовок, що виготовляються відповідно в 2 і 1 технологічних переходах операції 005; T_{i-3} — допуск розміру штампованої кованки.

Враховуючи, що в 2 і 1 переходах розміри проміжних заготовок можуть бути виконані відповідно за 10 і 13 квалітетами точності, згідно з дод. 4 і 15 отримаємо $T_{i-1} = 0,150$ мм; $T_{i-2} = 0,540$ мм; $T_{i-3} = 4,5$ мм.

Підставивши ці значення, матимемо:

$$A_{i-3 \max} = 90 + 4,450 + 0,150 + 0,540 + 4,5 = 99,640 \text{ мм.}$$

Після заокруглення розмір між заданими поверхнями штампованої кованки можна записати як $100_{-4,5}$ чи $97_{-1,5}^{+3,0}$.

Порівняння отриманого розміру штампованої кованки з розміром, визначеним табличним способом (рис. 13.9), свідчить, що розрахунковий спосіб дає змогу зменшити розмір заготовки на 2 мм.

Завдання для самостійного розв'язання

1. Табличним способом для умов серійного виробництва визначити припуски на механічне оброблення для деталей, показаних на рисунках, що перелічені в табл. 13.3.

2. Розрахунковим способом визначити припуски на механічне оброблення та розміри поверхонь штампованих кованок для вихідних даних, що наведені в табл. 13.4.

Таблиця 13.3

Вихідні дані для завдання 1

Варіант	Рисунок кованки	Клас точності	Варіант	Рисунок кованки	Клас точності
1	13.4	T2	9	13.10	T2
2		T3	10		T3
3		T4	11		T4
4	T2	12	T5		
5	T3				
6	T4				
7	13.9	T4	13	13.12	T3
8		T5	14		T4
			15		T5

Вихідні дані для завдання 2

Варіант	Рисунок	Марка сталі	Тип виробництва	Розмір поверхні деталі	Шорсткість, Ra, мкм
1	13.4	30	Серійне	Ø45h12	0,63
2		45	Серійне	Ø86H9	2,5
3	13,7	40X	Серійне	Ø100h7	0,32
4		38XH2BA	Серійне	Ø85h7	0,16
5	13,8	35	Багатосерійне	Ø100f8	1,25
6		40X		Ø200g6	0,63
7		40XHMA		Ø60h6	1,25
8		40X		65h7	0,63
9	13,11	50	Масове	Ø201H8	2,5
10		30XBA	Серійне	Ø195H7	1,25

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

- Загальні рекомендації для конструювання штампованих ковачок.
- Основні правила виконання креслень штампованих ковачок.
- Як визначають ступінь складності ковачки?
- Порядок визначення припусків на механічне оброблення ковачок.
- Як визначають відхилення розмірів, зсуви та задирки для штампованих ковачок?
- Від яких параметрів залежать значення припусків на механічне оброблення та відхилення розмірів ковачок?
- Чи призначають припуски та відхилення розмірів для поверхонь, які не підлягають обробленню різанням?
- Коли і хто встановлює технічні вимоги до ковачок?
- Значення штампувальних нахилів для ковачок, виготовлених на молотах і пресах.
- Класифікація штамтів та особливості конструкцій ковачок, виготовлених з їх допомогою.
- Уніфікація та стандартизація в конструюванні штамтів.
- Вкажіть відмінності у конструкціях штамтів для молотів і пресів.
- З яких матеріалів виготовляють штампи для гарячої ОМТ?
- Наведіть приклади використання штампованих ковачок у машинобудуванні.
- Які Ви знаєте прогресивні способи ОМТ?

ВИХІДНІ ЗАГОТОВАНКИ ДЛЯ ОМТ

14.1. Добір виду та способу виготовлення вихідних заготовок

Вдалих добір виду та способу виготовлення вихідних заготовок для ОМТ значно сприяє забезпеченню ефективності використання ковачок. Він залежить від багатьох факторів і, в першу чергу, від форми та розмірів ковачки, вимог до її якості, марки матеріалу, а також від типу виробництва та його матеріально-технічної бази. Чим складніша форма ковачки, тим вищі вимоги до процесу добору, проектування та виготовлення вихідної заготовки. Здебільшого вихідною заготовкою для виготовлення ковачки є інша ковачка. Для забезпечення високої якості заготовки під час їх виготовлення піддають двом і більше етапам перероблення. Так, виливки часто служать заготовками для виготовлення ковачок, які отримують способами вільного кування, штампування, вальцювання, прокатування, протягування, пресування, витискання тощо. А отримані таким способом ковачки можуть піддаватися повторному ОМТ для виготовлення більш складних чи якісних заготовок. Наприклад, вальцьована чи штампована ковачка піддається наступному ОМТ за допомогою штампування, калібрування, карбування та зварювання. Від добору вихідної заготовки значно залежить структура всього виробничого процесу отримання необхідної заготовки. Тому остаточний добір способу виготовлення та конструкції вихідної заготовки вимагає всебічного обґрунтування.

Найбільш розповсюдженими вихідними заготовками в машинобудуванні є сортовий та спеціальний прокат і виливки. Беручи до уваги, що вихідні заготовки піддають подальшому обробленню, здебільшого для їхнього отримання використовують найдешевші заготовки (гарячочатаний прокат і виливки), що не вимагають складного та дорогого технологічного процесу виготовлення.

Вихідні заготовки є простими за геометричною формою фігурами з невисокою якістю поверхонь, які можна отримати без значних матеріальних і трудових витрат. Виливки частіше використовують для подальшого вільного кування, а для штампування звичайно придатний сортовий та спеціальний прокат.

У металургійній промисловості на відміну від машинобудування вихідними заготовками для ОМТ є злитки, прокат зі значними перетинами, пресовані прутки та рідкий метал. Злитки, які виготовляє металургійна промисловість, можуть мати масу від 1 до 350 тонн з розмірами поперечного перетину 350... 32500 мм², відношення їхньої довжини до середнього розміру (діаметра) становить від 2 до 5. Поперечний перетин злитків є круглим або квадратним (блюм). Сортний та профільний прокат поставляється металургійними заводами як прутки з довжиною 2... 6 м, дріт і стрічка значної довжини звинені в бухти.

Вихідними заготовками для машинобудування є продукція металургійної промисловості (сортний та спеціальний прокат, ковани та вальцьовані заготовки тощо).

14.2. Технологічні процеси та основне устаткування для виготовлення вихідних заготовок

Великі злитки ділять на частини за допомогою операцій кування, а злитки з легованих сталей — шляхом розрізування пилами.

Вихідними заготовками часто служать виливки. Їх виготовляють за технологічними процесами лиття заготовок. Це звичайно лиття в піщано-глиняні форми, відцентрове лиття, в кокіль та інші способи формування виливків зі сталей та кольорових стопів, які добре піддаються ОМТ. Тому у разі використання виливків як вихідних заготовок для кованок потрібно, щоб матеріали заготовок одночасно відповідали вимогам, що ставляться як до виливків, так і до кованок. Це обмежує кількість марок матеріалів, з яких можна отримати заготовки.

Широко застосовують для виготовлення вихідних заготовок такі методи ОМТ, як сортний та спеціальний прокат і вальцювання. У цьому випадку технологічні процеси виготовлення вихідних заготовок полягають у відокремленні частин прокату чи вальцювання шляхом відрізування, розрізування, відламування, штампування тощо.

У ковальсько-штампувальних цехах виготовляють вихідні заготовки зі сортового та спеціального прокату за допомогою універсальних і спеціальних ножиць, штампів, холодноламів, шляхом механічного оброблення, газового, плазмового, анодно-механічного, електроіскрового різання тощо.

Відрізування ножицями або в штампах у холодному чи підігрітому стані виконують на устаткуванні з кривошипним, ексцентрикним чи кулачковим приводом зі зусиллям 0,4... 16 МН. Зусилля, необхідне для відрізування заготовки,

$$P = k \cdot F_{зр} \cdot \sigma_{зр}, \quad (14.1)$$

де P — зусилля відрізування, МН; k — коефіцієнт, що враховує затуплення різальних країв інструменту; $F_{зр}$ — площа, що підлягає одночасному відокремленню, м²; $\sigma_{зр}$ — опір металу зрізуванню, МПа:

$$\sigma_{зр} = 0,8 \cdot \sigma_b, \quad (14.2)$$

σ_b — межа міцності відокремлюваного матеріалу при заданій температурі, МПа.

Кривошипні преси служать для відрізування прокату листа, штаби, квадрату, круга, шестикутника тощо з поперечним розміром до 20 мм, а ексцентрикові — до 200 мм. Кількість ходів відрізувального штампа 10—60 за хвилину. Кольорові метали відрізають здебільшого у холодному стані, сталевий прокат, особливо з малопластичних сталей, підігрівають до 450... 650°C. У процесі відрізування заготовок на їх торцях можлива поява таких дефектів, як тріщини, зминання, витягування тощо. Ймовірність їх появи збільшується у разі значних поперечних розмірів прокату та недостатньої пластичності матеріалу. Застосування штампів для відокремлення вихідних заготовок забезпечує кращу якість поверхонь відрізування, ніж у випадку використання ножиць. Для підвищення якості поверхонь відрізнених прутків порівняно невеликого перетину (до 50 мм) застосовують спеціальні відрізнні штампи, які встановлюють на кривошипні преси. Штампи можуть бути одноопорними (для відрізування однієї заготовки) та багатоопорними (для одночасного відрізування кількох заготовок однакової чи різної довжини). За допомогою штампів відрізають здебільшого відносно короткі заготовки. Якщо в ножицях нормальні умови відрізування забезпечуються для співвідношення довжини та поперечного розміру заготовки 0,5—0,7, то в штампах це співвідношення становить 0,3.

У штампах застосовують ножі з прямолінійними, криволінійними та круглими різальними краями (рис. 14.1). Круглі та прямокутні ножі придатні для розрізання каліброваних прутків і забезпечують значно вищу точність розмірів і якість поверхонь. Окрім цього, круглі ножі повертають під час розрізування прутка, що забезпечує збільшення їх стійкості між ремонтами у 6—12 разів.

Залежно від конструкції ножі штампів можуть бути одно- та багаторівчачковими, суцільними, розрізними та складеними з кількох частин. Для кращого використання інструментальної сталі відрізнні різачки розташовують на одній, двох, трьох і навіть чотирьох гранях ножа та укомплектовують змінними різальними вкладами з твердих стопів.

Кривошипні преси, які застосовують для розрізання сортового

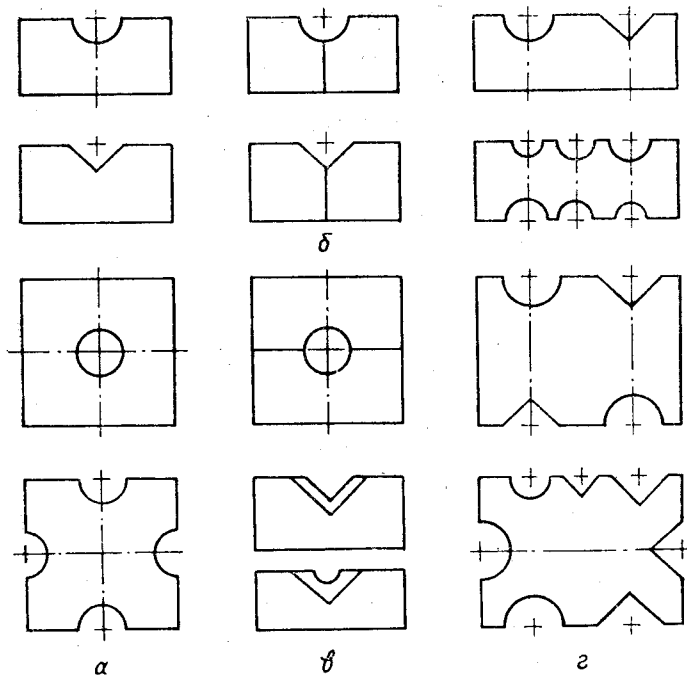


Рис. 14.1. Різальні краї ножів для відрізувальних штамвів:
 а — однорівчаків; б — складані; в — зі вставними елементами;
 г — багаторівчаків.

прокату, настроюють так, щоб максимальне зусилля їх припадало на $20 \dots 30^\circ$ від кінця повертання кривошипа.

Ножиці для відрізання прокату виготовляють із кривошипним, ексцентриковим чи кулачковим приводами. На відміну від пресів ножиці мають меншу продуктивність (9—45 ходів за хв.). Найбільші розміри розрізуваних заготовок для матеріалів з 440 МН/мм^2 становлять $40 \dots 250 \text{ мм}$ для круглих прутків і $35 \dots 220 \text{ мм}$ для прутків з квадратним перетином, хід повзуна $32 \dots 200 \text{ мм}$, а довжина відрізуваних заготовок $25 \dots 1500 \text{ мм}$. Ножиці обладнують додатковими пристроями, що дає змогу автоматично виготовляти заготовки заданої довжини чи маси.

Відрізи ножиці та штампи, обладнані програмним керуванням, забезпечують створення гнучких автоматизованих модулів для виготовлення вихідних заготовок.

Для відокремлення прокату зі значною площею поперечного перетину здійснюють операцію ламання прокату за допомогою надрізування, яке виконують пилами та газовими різакми. Такий спосіб відокремлення металу забезпечує крихке його руй-

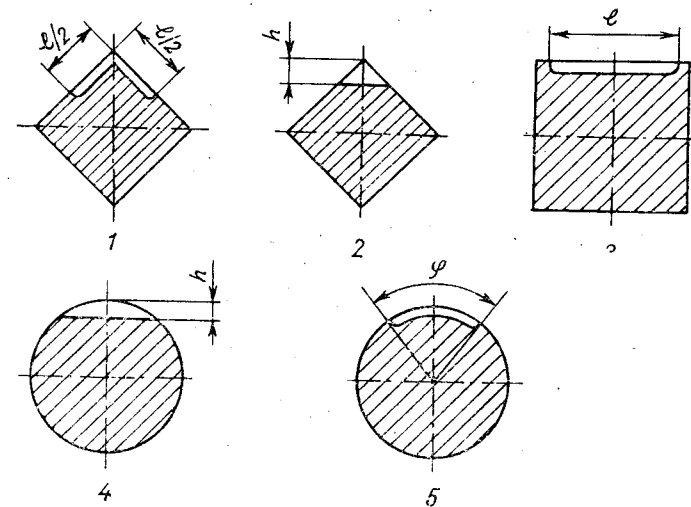


Рис. 14.2. Форма та розташування надрізів на прутках різного перетину:
 1, 3, 5 — надрізування газовим різакком; 2, 4 — надрізування пилою.

нування, тому нагрівання в цьому разі не застосовують. Перевагами способу ламання є висока продуктивність, значна економія енергії та можливість одночасного контролю якості матеріалу за характером поверхні зламу.

Надрізування викликає виражену концентрацію напружень у матеріалі, що зменшує його пластичність та забезпечує умови крихкого руйнування. Це пояснюється тим, що місцеві напруження біля місця надрізування можуть перевищити межі міцності матеріалу швидше, ніж середнє напруження в перетині досягне межі плинності матеріалу. Утворюється тріщина й починається миттєве руйнування заготовки без значного пластичного деформування. Швидкість розповсюдження тріщин у таких випадках досягає 1000 м/с .

У разі використання холодноламів велике значення для їхньої ефективності мають форма та розміри надрізів (рис. 14.2). Чим вужчий та гостріший (з меншим радіусом заокруглення западини) надріз, тим ліпше проявляється концентрація напружень і тим більший ефект цього способу розрізування заготовок.

Операцію надрізування прутків виконують пилами, газовими різакми та електроіскровим способом (для твердих матеріалів). Розміри надрізів (глибину, ширину та довжину) вибирають залежно від марки розрізуваного матеріалу (його міцності та твердості) та розмірів поперечного перетину відповідно до рекомендацій довідкової літератури.

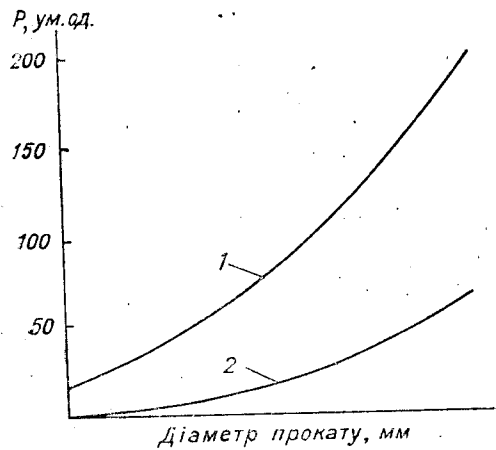


Рис. 14.3. Залежність зусилля розділення прокату конструкційної сталі від його діаметра:

1 — ножицями; 2 — холодноламом.

Для конструкційних сталей глибина надрізу становить 3...8%, а довжина 20...50% від поперечного розміру (товщини, діаметра чи висоти прутка). Зі збільшенням глибини надрізів кількість витраченої енергії на ламання зменшується, а якість поверхонь зламу погіршується. Цим способом розділяють сортовий прокат значної товщини (70 мм і більше) та твердості. Ламання прутків меншої товщини не забезпечує належного ефекту та якості поверхонь. М'які сталі схильні до пластичного вигинання. Збільшення крихкості досягають нагріванням їх до температури 250...300 °С.

Зусилля, необхідні для ламання прокату, залежать від марки матеріалу, форми та розмірів прокату, надрізу, розмірів між упорами та їх форми. Їх визначають згідно з рекомендаціями довідкової та спеціальної літератури [22]. Як свідчить практика, зусилля, які потрібні для холодного ламання прутків, значно менші, ніж зусилля різання їх ножами на ножицях чи штампах (рис. 14.3).

Ламання виконують на швидкохідних кривошипних чи ексцентрикових пресах з невеликим робочим ходом.

Газополум'яне різання, яке полягає в місцевому нагріванні металу до температури вищої за точку топлення в струмені кисню, застосовують для розділення листового прокату значної товщини. У процесі розігрівання метал частково згоряє, а частково топиться та витікає. Як паливо використовують ацетилен,

бензин, гас, що у середовищі кисню забезпечують температуру полум'я відповідно 3100...3800, 2500...2600 і 2000 °С. Таким способом можна розрізати практично всі сталі. Гірше за інші різуться сталі з високим вмістом хрому (понад 7%).

Різання виконують як вручну, так і за допомогою автоматів з програмним керуванням. Застосовують автомати з одним і кількома різакми. Продуктивність їх достатньо велика, а ширина різального проміжку 4...8 мм. Швидкість різання залежить від марки матеріалу, товщини розрізуваного листа та потужності різача й перебуває для ручних ацетиленових різачів у межах 100...500 мм/хв для товщини листового прокату 10...200 мм.

Плазмове різання виконують за допомогою різачів, принцип дії яких базується на нагріванні газу електричною дугою, що горить у вузькому каналі та стиснена потоком газу. Температура всередині дуги досягає 50 000 °С, а газ з вузького сопла виходить зі швидкістю близькою до швидкості звуку. Плазмове різання легко автоматизується [15].

Різання на механічних пилках зі застосуванням технічних змащувально-охолоджувальних рідин використовують здебільшого для розділення сортового прокату за допомогою стрічкових і дискових пилко. Пилки, що можуть мати форму скінченної та нескінченної стрічки, встановлюють на стрічково-відрізних верстатах. Дискові пилки діаметром 200...2000 мм розміщують на фрезерно-відрізних верстатах. Верстати з механічними пилками використовують для створення гнучких автоматизованих модулів і виробничих систем з програмним керуванням.

До переваг цього способу відносяться вища точність форми, розмірів і якість поверхонь вихідних заготовок, а недоліком його є значна трудомісткість і вартість. Металевий прокат можна розрізувати в холодному та гарячому стані. Гаряче розрізування застосовують звичайно в прокатних цехах, де для розрізування заготовок не потрібна додаткова та дорога операція їх нагрівання.

Для розрізування прокату застосовують також пили тертя та електромеханічні пили, в яких крім нагрівання металу від тертя використовується ще й одночасна дія електричної дуги.

Різання шліфувальними та алмазними кругами придатне для розділення прокату з високолегованих сталей та сталей з низькою пластичністю. Цей спосіб різання досить трудомісткий, однак забезпечує високу якість відокремлених поверхонь, легко автоматизується та механізується. Товщина відрізних кругів на вулканітній основі становить 1...3 мм, а діаметр — 200...500 мм.

Анодно-механічне та електроіскрове різання здійснюють у рідкому електропровідному середовищі за допомогою електричного струму. Інструменти для різання виготовляють з міді, ла-

туні чи графіту. Товщина розрізаного прокату до 300 мм, ширина від 0,5 до 4 мм.

Для виготовлення вихідних заготованок із матеріалів високої твердості застосовують електроерозійне відрізання, що базується на використанні електричної ерозії. Інструмент і заготовка включаються в коло розрядного контура. У момент замикання електричного кола імпульс струму виштовхує частину металу зі заготовки, що є анодом, до інструменту, що є катодом. Цей процес виконується в рідкому діелектрику.

Перевагами цих способів різання заготованок є висока точність розмірів і якість поверхні зрізу, можливість відокремлення матеріалів високої твердості та міцності; недоліком — низька продуктивність праці.

Високошвидкісне різання виконують з використанням енергії вибуху порохового набою. За допомогою цього способу розділюють заготовки великих розмірів з важкооброблюваних матеріалів на спеціальному устаткуванні з копрами.

Часто підвищені вимоги висувають до точності форми, розмірів і маси вихідних заготованок. У таких випадках їх виправляють на пресах чи спеціальних машинах.

14.3. Підготовка поверхонь вихідних заготованок

Добір технологічного процесу підготовки поверхонь вихідної заготовки часто є одним із вирішальних факторів, що визначає умови роботи деформувального інструменту, його стійкість, а також якість і трудомісткість виготовлення штампованих кованок. Технологічний процес підготовки поверхонь вихідних заготованок здебільшого складається з операції очищення поверхні від дефектів, циндри, бруду та утворення на поверхні проміжного змащувального шару, що має міцно утримуватися під час пластичного деформування. Ця операція відіграє вирішальну роль у процесі холодного витискання заготованок.

Підготівельні операції поділяють на механічні, термічні та хімічні, що виконуються одночасно чи послідовно. Наприклад, для поліпшення адгезії змащувального матеріалу до поверхонь заготованок з вуглецевих сталей їх попередньо фосфатують. Кращі антифрикційні властивості у процесі витискання кованок зі сталей мають покриття з фосфатів марганцю та цинку, змащені милом [10].

Крім згаданих ТП виготовлення вихідних заготованок, здійснюють також додаткові операції їх оброблення. До них належать виправлення в холодному та гарячому стані, очищення та термічне оброблення.

Виправлення виконують, щоб уникнути спотворень форми поверхонь заготовки, а очищення — з метою усунення циндри, задилок, ливників, прибутків, пригорянь, бруду тощо. Термічне оброблення вихідних заготованок здійснюють звичайно для поліпшення структури та оброблюваності матеріалу тисненням.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Від чого залежить добір способу виготовлення вихідної заготовки для ОМТ?
2. Перелічіть ТП виготовлення вихідних заготованок.
3. Наведіть приклади використання окремих способів виготовлення вихідних заготованок.
4. Які способи лиття використовують для виготовлення вихідних заготованок?
5. Для чого виконують операції виправлення та очищення заготованок?
6. Яке основне устаткування застосовують для розрізання сортового прокату?
7. Які вихідні заготовки використовують для розрізання сортового прокату?
8. Які переваги операції ламання порівняно з відрізуванням?
9. Які операції виконують для підготовки поверхонь вихідних заготованок?
10. Для чого застосовують фосфатування вихідних заготованок?

ДОВЕДЕННЯ КОВАНОК

15.1. Обрізання облою та пробивання перемичок

Обрізання облою та пробивання перемичок виконують як у гарячому, так і в холодному стані кованок. Холодне обрізання облою та пробивання перемичок порівняно легко піддається механізації та автоматизації, високопродуктивне, забезпечує вищу якість заготовок, однак вимагає в три—шість разів більшого зусилля, ніж гаряче. Тому холодне оброблення використовують для виготовлення малих і середніх, а гаряче — для формування великих кованок. Гаряче обрізання виконують безпосередньо після штампування, що дає змогу економити енергію, й застосовують для кованок з легованих і високовуглецевих сталей.

Невідповідність технологічного спорядження та великі зусилля в процесі обрізання облою можуть зумовити спотворення форми й розмірів кованок та спричинити непоправний брак.

Під час обрізання облою та пробивання перемичок не можна допускати деформування основних елементів кованки, що вимагає використання якісних обрізних і пробивних штамів, своєчасного їх ремонту.

У разі холодного оброблення кованок обрізання облою та пробивання перемичок виконують за допомогою простих, послідовних і комбінованих штамів. У багатосерійному та масовому виробництві для цього здебільшого використовують комбіновані штампи.

Основне технологічне устаткування вибирають за максимальним зусиллям обрізання, МН:

$$P = K S t \sigma_b, \quad (15.1)$$

де K — коефіцієнт, що враховує ступінь затуплення різальних країв інструменту, $K = 1,5 \dots 1,8$; S — периметр обрізання, м; t — товщина облою та перемички, м; σ_b — межа міцності при температурі обрізання, МПа.

Проміжок між матрицею та пуансоном впливає на якість поверхні обрізання, належне зусилля, зношення та вартість штампа.

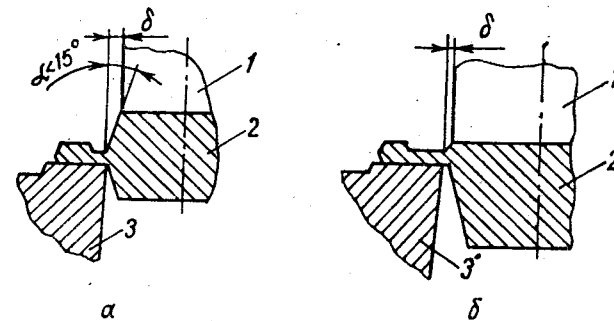


Рис. 15.1. Схеми штамів для обрізання облою з витискальним (а) і відрізальним (б) пуансоном:
1 — пуансон; 2 — кованка; 3 — матриця.

Для простих і круглих кованок обрізні матриці роблять суцільними, а для великих і складних — складаними. Це зумовлено процесом виготовлення й термічного оброблення великих і складних матриць.

До нижньої плити преса за допомогою клинів і прогоничів приєднують матрицю. Окремі секції складаної матриці розміщують на суцільній та жорсткій плиті, якою складана матриця кріпиться до нижньої плити преса.

Обрізний пуансон залежно від висоти кованки та розташування облою може бути одночасно різальним і витискальним (рис. 15.1). У разі обрізання товстих кованок, для яких відстань від площини рознімання до площини контактування з пуансоном $h > 5$ мм, пуансон не входить у матрицю і є витискальним; під час обрізання тонких кованок, для яких $h < 2$ мм, пуансон входить у матрицю та є різальним інструментом.

Конфігурацію опорної поверхні пуансона виконують за кресленням відповідної частини кованки та підганяють за контрольним відбитком з остаточного ривчака штампа. Пуансони для великих кованок приєднують безпосередньо до повзуна преса за допомогою клинів, а для дрібних і середніх кованок — закріплюють в перехідних держаках. Для полегшення зняття облою та самих кованок з пуансонів останні обладнують механічними виштовхувачами.

У дрібносерійному виробництві використовують штампи простої дії без напрямних колон; у масовому та багатосерійному виробництві штампи обладнують напрямними колонами, які можуть бути розташовані збоку чи ззаду. Розташування колон ззаду забезпечує більші розміри штампувального простору, що полегшує процес штампування.

15.2. Виправлення та калібрування кованок

У процесі кування та штампування кованки викривляються та жолобляться. Жолоблення кованок відбувається також під час обрізання облою, пробивання перемичок, знімання кованок із пуансонів за допомогою виштовхувачів, виштовхування їх із чистових рівчаків штампів, у процесі транспортування, гальмування та термічного оброблення. Кованки виправляють у випадках, коли значення жолоблення перевищує допустимі за кресленням. Виправлення виконують як у гарячому, так і в холодному стані.

Гаряче виправлення здебільшого здійснюють на обрізальному пресі в комбінованому чи послідовному штампі для обрізання облою та пробивання перемички або на устаткуванні, призначеному виключно для виправлення (молот, прес). Гаряче виправлення виконують іноді в остаточному рівчаку штампа (рис. 15.2, б) після обрізання облою та пробивання перемичок. Та у цьому разі маємо додаткове зношування остаточного рівчака штампа. Часто після гарячого виправлення та термічного оброблення заготовки виправляють ще й в холодному стані.

Холодне виправлення застосовують для дрібних і середніх кованок. Його виконують після термічного оброблення та очищення кованок від циліндра на штампувальних фрикційних моло-

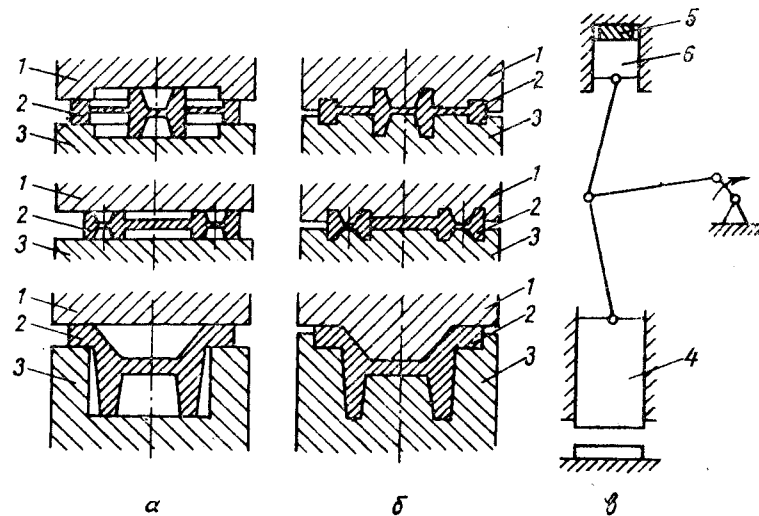


Рис. 15.2. Площинне (а) та об'ємне (б) калібрування кованок і кінематична схема кривошипно-шатунного преса (в):

1, 3 — частини калібрувальних штампів; 2 — кованка; 4 — основний повзун; 5 — клин; 6 — опорний повзун.

тах чи гвинтових пресах. Для виправлення великих кованок застосовують гідравлічні преси. Рівчак виправного штампа виконують за кресленням кованки, порівняно з остаточним рівчаком йому надають значно простішої конфігурації та не передбачають облоїної канавки.

У разі виправлення кованок на КГШП з метою уникнення можливих заклинювань і поломок преса в штампі забезпечують мінімальний гарантований проміжок між верхньою та нижньою його частинами. Для точного регулювання проміжка опорну призму преса виставляють за допомогою клина 5 (рис. 15.2, в).

Калібрування кованок сприяє підвищенню точності їх форми, розмірів і якості поверхні. Відрізняють площинне, об'ємне (рис. 15.2, а, б), гаряче та холодне калібрування. Площинне калібрування застосовують для отримання точних вертикальних розмірів кованки в окремих її частинах.

Холодне площинне калібрування кованок виконують на карбувальних кривошипно-шатунних і гвинтових пресах.

У процесі об'ємного калібрування деформується практично весь об'єм металу кованки, а надлишок металу виштовхується в облою, який потім обрізають у штампі. Об'ємне калібрування звичайно виконують у гарячому стані на штампувальних молотах, фрикційних, гвинтових і кривошипно-шатунних пресах. В окремих випадках об'ємне та площинне калібрування здійснюють послідовно.

Для калібрування кованки нагрівають в електричних чи газових печах у малоокислювальному середовищі. З метою економії енергії калібрування та виправлення часто виконують за одне нагрівання заготовки разом з процесом штампування.

Розміри кованок внаслідок калібрування можуть дорівнювати 6...7 квалітетам точності, а шорсткість поверхні — 0,32 мкм за параметром Ra. Зусилля преса для площинного калібрування [13]

$$P = \sigma_n \left(1 + \frac{3b - a}{6b} \mu \frac{a}{h} \right) ab, \quad (15.2)$$

де P — зусилля преса, Н; σ_n — опір плинності матеріалу в заданій температурі, Па; a і b — горизонтальні розміри кованки, мм; h — висота кованки в зоні калібрування, мм; μ — коефіцієнт контактної тертя, який без мастила для сталей становить 0,12—0,18; для алюмінієвих сплавів — 0,25—0,30. Використання змащувальних матеріалів дає змогу зменшити зусилля калібрування на 8...12% і більше.

15.3. Термічне оброблення кованок

Якість кованки та виготовленої з неї деталі значно залежить від її термічного оброблення (ТО), яке звичайно складається з двох операцій — попередньої та кінцевої. Метою попередньої операції ТО є поліпшення оброблюваності матеріалу тисненням і підготовлення його для кінцевого ТО, тобто створення дрібнозернистої однорідної структури матеріалу, зняття наклепування, зменшення внутрішніх напружень. Метою кінцевого ТО є забезпечення необхідних механічних властивостей матеріалу заготовки кованки.

ТО кованок має свої особливості. Однією з них є значний градієнт температури в перетині кованки, що зумовлює неоднакові фазові перетворення, а отже, неоднорідність структури. У процесі виконання ТО кованок значних розмірів і мас з метою забезпечення мінімальних внутрішніх напружень їх відпускають при високих температурах з мінімальною швидкістю охолодження, особливо в межах температур пружнопластичного стану. Для зменшення кількості флокенів, зумовлених виділенням всередині кованки водню, що локалізується здебільшого на дислокаціях, двомірних дефектах, міжфазових межах, поблизу неметалевих домішок, ТО кованок проводять з переохолодженням і з ізотермічним витримуванням при субкритичних температурах, зі сповільненим охолодженням після ізотермічного витримування тощо.

Для визначення режимів ТО кованок враховують хімічний склад матеріалу, спосіб його топлення, розміри кованок і технічні характеристики устаткування для ТО. Режим ТО визначають згідно з нормативно-довідковими рекомендаціями, добираючи оптимальний варіант ТО, який одночасно задовольняє суперечливі вимоги забезпечення високої якості кованки за умови мінімальних енергетичних і трудових витрат.

Як термічні операції для ТО кованок часто виконують нормалізацію, відпалювання, поліпшення, гартування та відпускання в різних комбінаціях і послідовності їх виконання [13].

Значного підвищення міцності за одночасного збереження високої пластичності сталевих кованок досягають за допомогою термомеханічного оброблення (ТМО). Залежно від температури, в якій виконують ТМО, розрізняють низькотемпературне (НТМО) та високотемпературне (ВТМО) термомеханічне оброблення. НТМО порівняно з ВТМО забезпечує вищу якість, набуті властивості матеріалу зберігаються при температурі нижчій за 500°C. Тому НТМО застосовують для зміцнення штампових сталей, для холодного ОМТ, а ВТМО — для зміцнення штампових сталей, для гарячого ОМТ.

У табл. 15.1 наведені мета оброблення та приблизні режими основних операцій ТО кованок у машинобудуванні.

Термічне оброблення застосовують і для кованок з кольорових металів та їх стопів. Рекомендовані види та режими ТО описані в довідковій літературі [13].

15.4. Очищення кованок

Для забезпечення високої якості поверхонь кованок їх потрібно очищувати як перед, так і після нагрівання, кування та штампування від поверхневих дефектів, циндри, іржі та забруднень. Залежно від технічних вимог до якості поверхонь кованки застосовують різні способи та засоби для їх очищення.

Механічне очищення кованок виконують на обдирально-шліфувальних верстатах, переносними шліфувальними машинами, щітками, зубилами, молотками, роликками, скребачками тощо.

Гідравлічне очищення кованок здійснюють за допомогою гідроапаратів, *пневматичне* струминно-абразивне — піскоструминними машинами; *гідроабразивне* — ручними моніторами, барабанами, контейнерними механізмами. Енергоносієм для пневматичного та гідравлічного очищення є стиснене повітря тиском 0,2... 0,5 МПа, яке спрямовує сухий абразивний матеріал чи абразивну рідину на оброблювану поверхню зі швидкістю 30... 60 м/с. Сухе пневмоабразивне очищення обмежене у використанні через підвищену концентрацію пилу на робочому місці.

Віброабразивне очищення здійснюється частинками абразивного середовища під час їхнього коливання в контейнері, що з'єднаний з вібраційним приводом. Залежно від складності форми кованок за абразивне середовище вибирають крихти абразивних кругів, порцелянові дрібки, зірочки з відбіленого чавуну та електрокорунду, дрібні штамповані кованки тощо. У разі мокрого способу очищення крім абразивного наповнювача в контейнер наливають активні розчини лугів з інгібіторами.

Галтування у барабанах виконують двома способами: мокрим, коли разом з кованками в барабан завантажують абразивні матеріали (пісок, граніт, порцеляну, чавунні зірочки, сталеві кульки тощо) з додаванням водного розчину мила або соди та сухим, коли кованки завантажують в барабан з абразивними частинками чи без них, але без водних розчинів мила чи соди. Сухим галтуванням усувають задирки та досягають шорсткості поверхонь кованок до 10 мкм за параметром Ra, а мокрим — до 0,63 мкм. Галтуванням очищають здебільшого дрібні кованки.

Шротометний та шротоструминний способи очищення кованок виконують у спеціальних апаратах з обертовими барабанами, столами та камерами періодичної чи безперервної дії за допо-

Таблиця 15.1

Термічне оброблення кованок

Операція	Мета оброблення	Режим оброблення							
		сталь		мідні ступи		алюмінієві ступи		магнієві ступи	
		T, °C	t, год.	T, °C	t, год.	T, °C	t, год.	T, °C	t, год.
Відпалювання	Зняття залишкових напружень	750	4	—	—	—	—	225	2
		780	14	—	—	—	—	360	4
Відпускання високо-температурне	Вирівнювання структури в перерізі	900	3	750	2	—	—	—	—
		1100	6	850	6	—	—	—	—
Гартування	Підвищення міцності та твердості	900	3	875	2	515	2	—	—
		1100	6	920	6	525	12	—	—
Відпускання	Підвищення пластичності та зняття напружень	120	2	410	1	150	1	—	—
		400	4	460	3	220	4	—	—
Нормалізація	Подрібнення структури	650	2	850	2	—	—	—	—
		700	4	880	6	—	—	—	—
Старіння	Покращення механічних властивостей	—	—	—	—	175	5	175	5
		—	—	—	—	250	16	250	16
Гомогенізація	Вирівнювання структури в перерізі	—	—	—	—	—	—	380	10
		—	—	—	—	—	—	415	16

могою чавунного та сталевго шроту. Використання цього способу очищення кованок дає змогу одночасно підвищувати твердість і зносостійкість оброблюваних поверхонь. Цими способами звичайно очищають дрібні та середні кованки складної форми.

Хімічне витравлювання використовують для очищення кованок, що пройшли попереднє та остаточне ТО. Хімічний склад витравлювального розчину призначають залежно від марки матеріалу кованок [31, 32]. Цей спосіб застосовують для складних за формою кованок. Використання його обмежене вимогами екологічної чистоти виробництва.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які операції виконують для доведення кованок?
2. Перелічіть основні рекомендації для виконання операцій обрізання облою та перемичок.
3. Як впливає проміжок між пуансоном і матрицею на якість кованок?

4. Для чого служать напрямні колони в обрізних штампах?
5. У яких випадках виконують операції виправлення та калібрування кованок?
6. На якому устаткуванні здійснюють операції обрізання облою, калібрування та виправлення кованок?
7. Що таке площинне та об'ємне калібрування кованок?
8. Для чого застосовують термічне оброблення кованок?
9. Які операції здійснюють для термічного оброблення кованок?
10. Для чого очищають поверхні кованок?
11. Які знаєте способи очищення кованок, на якому устаткуванні їх виконують?
12. Назвіть дефекти кованок і причини їх виникнення.

ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ ТА СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ШТАМПУВАННЯ ЗАГОТОВАНОК

16.1. Класифікація ТП та їх застосування

Холодним називають штампування, яке виконують без нагрівання заготовки чи нагріванням до температури, нижчої за температуру рекристалізації. Цей спосіб виготовлення заготовок широко розповсюджений завдяки таким перевагам, як висока точність форми та розмірів, якість поверхні, низька трудомісткість виготовлення заготовок, висока продуктивність праці, придатність для механізації та автоматизації виробничих процесів, високий коефіцієнт використання матеріалу, відсутність нагрівальних операцій, малий обсяг механічного оброблення, висока міцність і зносостійкість матеріалу.

Недоліками холодного штампування є потреба у більших зусиллях деформування матеріалу, обмеження гранично допустимих деформацій та марок матеріалів, які штампуються у холодному стані.

Розрізняють об'ємне та листове штампування [23]. Серед процесів штампування розрізняють витискання, висаджування, формування, калібрування та карбування. Процеси холодного об'ємного штампування подібні до процесів гарячого штампування, а витискання — до гарячого пресування. Однак відрізняються від нього тим, що у процесі штампування витисканням за кожний хід повзуна отримують готову кованку замість пресованого профілю значної довжини.

Холодне витискання може бути прямим, оберненим і комбінованим (див. рис. 9.3). Таким способом виготовляють стакани, прогоничі, гвинти, клапани, поршневі пальці, корпуси електrolітичних конденсаторів, запальничок, екрани для радіоламп, цоколі та оболонки нагрівальних приладів із кольорових і чорних металів та їх сплавів.

Вихідними заготовками здебільшого служать сортовий прокат (лист, стрічка, дріт, прутки тощо). Форму та розміри вихідних заготовок визначають за рекомендаціями довідкової літератури [13, 26]. Розміри заготовок, отриманих холодним штампуванням, можуть досягати 6 класу точності, а шорсткість поверхні становити 0,32 мкм за параметром Ra.

Для холодного висаджування як вихідну заготовку часто використовують сортовий прокат, з якого виготовляють гвинти, прогоничі, вкрути, цвяхи, спиці тощо. Холодно-висаджувальні автомати — це одне з найбільш продуктивних знарядь виробництва заготовок (до 800 шт/хв.).

Процес висаджування звичайно виконують за 1—5 переходів (ударів) залежно від складності форми та розмірів заготовки. Практично він є безвідходним. Під час витискання та висаджування за вихідні заготовки приймають прутки, дріт, штаби, трубу, періодичний прокат, зварювані заготовки тощо. Висаджуванням, яке часто поєднують з витисканням чи радіальним обтисканням, виготовляють суцільні та порожнисті заготовки типу тіл обертання з потовщеннями з двома та більше осями симетрії. Висаджуванням отримують також великогабаритні заготовки довжиною до 300...400 мм на автоматичному та до 1800 мм на напівавтоматичному устаткуванні.

Висаджування виконують на одно- чи багатопозиційних автоматах, у штампах на кривошипних і фрикційних пресах. Процес висаджування може складатися з одного чи кількох технологічних переходів. Як вихідні заготовки використовують калібрований прокат. Порядок визначення кількості переходів і розмірів вихідних заготовок наведено в довідковій літературі [13, 27].

Розміри заготовок, які отримують холодним висаджуванням, можуть досягати 6 класу точності, а шорсткість їх поверхні становить 0,32 мкм за параметром Ra.

Об'ємне холодне формування застосовують для виготовлення складних за формою заготовок з площею горизонтальної проекції до 5000 мм² і висотою до 25 мм. Об'ємне формування виконують у закритих чи відкритих штампах з одним і кількома штампувальними річками.

Значне місце у виробництві заготовок займає накачування різь та інших профілів на поверхні обертання. Операції накачування виконують на автоматах і напівавтоматах плоскими плашками, роликками чи сегментами. Таким способом отримують різь на поверхні на гвинтах, прогоничах, шпильках, вкрутах, зубці на зубчастих колесах, шнеках, шліцевих валах, а також зміцнюють циліндричні та сферичні поверхні на роликках, кульках, валах, у циліндрах, гільзах, втулках тощо.

В автоматах для штампування кульок і роликів (рис. 16.1) використовують циліндричні відрізувальні втулки та плоскі ножі з напівциліндричною робочою поверхнею. Кулькові автомати обладнують податливим пуансоном, відкритим ножом і гачком, що підтримує заготовку. Процес формоутворення циліндричних, конічних і бочкуватих роликів здійснюється в основному в матриці.

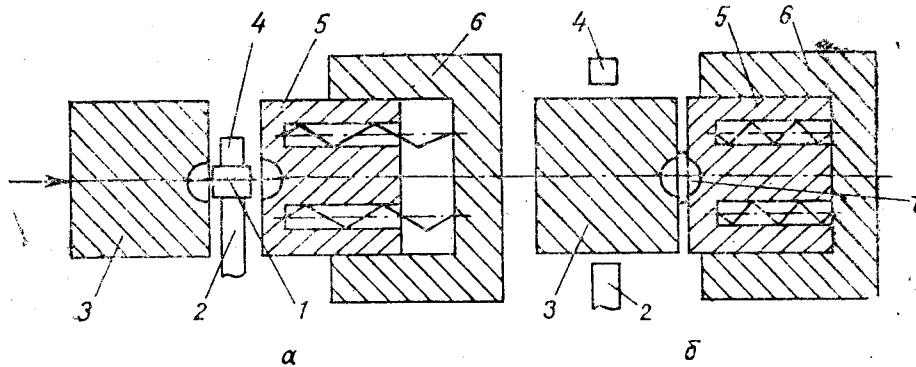


Рис. 16.1. Штампування кульок на початковій та кінцевій стадіях:

1 — заготованка; 2, 4 — ніж і гачок подавального механізму; 3, 5 — частина штампа; 6 — обойма; 7 — ковбанка.

Технологічний процес об'ємного формування складається з операцій відокремлення заготованок, формування, обрізання задирок та облою (для відкритого штампування), калібрування та очищення. Холодне об'ємне формування застосовують для виготовлення заготованок з кольорових металів і сплавів, низькоуглецевих і низьколегованих сталей. Припустимий ступінь деформування для сталей становить 60%, а для кольорових металів — 80% [14]. Для забезпечення вищих ступенів деформування операції термооброблення та формування повторюють два та більше разів.

Холодне листові штампування застосовують для виготовлення заготованок з металів і неметалів. Вихідними заготованками служать лист, штаба, стрічка тощо. Листовим штампуванням в автомобілебудуванні виготовляють до 60, у точному машинобудуванні та приладобудуванні — 75, а у виробництві товарів широкого вжитку — до 98% заготованок. Листовим штампуванням отримують заготовки, які практично не потребують наступного механічного оброблення різанням.

Процеси холодного калібрування та карбування аналогічні гарячому калібруванню, їх застосовують для надання заготованці викінченої форми, належних розмірів і якості поверхонь. Таку ж мету ставлять і в процесі виправлення листів, штаб, прутків і готових заготованок. Виправлення виконують на спеціальних станах, вальцях чи пресах, що забезпечують часткову деформацію матеріалу заготованки. Плоскі заготовки виправляють у гладких, точкових і вафельних штампах. У гладких штампах виправляють заготовки з порівняно м'яких матеріалів за невисоких вимог до точності їхньої форми та розмірів.

Широке застосування отримали операції холодного штампу-

вання в роторних автоматах і автоматичних лініях, які дають змогу здійснювати комплексну автоматизацію виробничих процесів для замкненого циклу виготовлення виробів, тобто — від вихідних матеріалів до готової продукції. У роторній технології операції холодного штампування становлять 70...80%. Сьогодні роторна технологія, як вища форма автоматизації технологічних процесів, є найбільш перспективною у машинобудуванні.

Перехід на роторну технологію з використанням процесів ОМТ сприяє [13] підвищенню продуктивності устаткування в 4—6 разів, знижує трудомісткість виготовлення продукції в 3—4 рази, зменшує виробничі площі в 2,7—3,2 разів, виробничий цикл виготовлення виробів в 10—20 разів, довжину транспортного шляху заготованок у процесі оброблення в 7—12 разів, номенклатуру робочого та вимірювального інструменту в 5—7 разів і витрати ручної праці в 6—15 разів.

Широко застосовуються у машинобудуванні спеціальні високоенергетичні методи штампування: за допомогою еластичного середовища, ротаційне витягування, прокатування трубчастих заготованок, штампування неметалевих матеріалів, штампування з частковим (чи місцевим) нагріванням тощо.

Високоенергетичні методи штампування полягають у короткочасному прикладанні значних зусиль для одночасного деформування матеріалу у процесі виготовлення значних за розмірами та масою заготованок і тяжкодеформовних матеріалів.

Штампування за допомогою еластичного середовища передбачає використання спеціальних властивостей деяких еластичних високоміцних матеріалів з метою замінення ними штампувально-вирубних матриць (чи пуансонів) для виготовлення заготованок з металевих і неметалевих матеріалів.

Ротаційне витягування — це формоутворення здебільшого обертових порожнистих заготованок з листового матеріалу за допомогою витискальних роликів на ротаційних верстатах. У процесі прокатування трубчастих заготованок змінюють товщину стінки та діаметр трубчастих заготованок за допомогою прокатування на оправках у спеціальних прокатних станах з повздовжнім чи поперечним прокатуванням.

Штампування неметалевих матеріалів полягає у виготовленні заготованок різними способами штампування з урахуванням властивостей кожного з оброблюваних матеріалів.

16.2. Технологічні операції холодного штампування

Технологічні операції холодного штампування поділяють на: роз'єднувальні, формоутворювальні та складальні. До роз'єднувальних відносять відрізування, вирубання, пробивання та над-

різування. *Формоутворювальні* — вигинання, витягування, обтискання та формування. У *складальних* операціях окремі частини заготованок з'єднують між собою механічними способами.

Основні вимоги до матеріалів заготованок визначаються звичайно *формоутворювальними* операціями. До цих вимог належать відносне видовження, твердість і межа міцності на розтягування.

Проектування заготованок холодного штампування здебільшого передбачає визначення форми та розмірів розгортки заготованки, ширини стрічки та способу розкrojовання листа. Для операції вигинання розміри вихідної заготованки визначають шляхом розгортання остаточної заготованки на площину. Довжину криволінійних елементів знаходять згідно з геометричними правилами та рекомендаціями спеціальної літератури. Для операції витягування з потоншенням і комбінованого витягування форма та розміри вихідної заготованки залежать від форми та розмірів остаточної заготованки за умови зберігання об'єму матеріалу в процесі штампування та з урахуванням відходів матеріалу [23].

Добір марки матеріалу заготованок, виготовлених холодним штампуванням, вимагає врахування його експлуатаційних властивостей та здатності до ОМТ [27].

Кількість переходів та операцій ТП холодного штампування, їх структура та послідовність виконання визначаються конструкцією заготованки, маркою матеріалу, формою та розмірами вихідної заготованки.

Вирубування та пробивання — найбільш розповсюджені операції, за допомогою яких виготовляють заготованки товщиною 0,5...20 мм і більше.

Вигинання полягає в локалізованому деформуванні матеріалу заготованки, для якого необхідно враховувати межу пружності матеріалу (повернення попередньої форми на 1...8°) та мінімальний внутрішній радіус вигинання.

Витягування — отримання порожнистої заготованки замкненого контура з листа. Витягуванням отримують заготованки з листів товщиною 0,02...30 мм і розмірами 0,01...10 м. Цим способом виготовляють заготованки кузовів автомобілів, автобусів, тракторів, металевий посуд, цистерни, бункери, кожухи, щитки, гільзи, заклепки тощо.

Коефіцієнт витягування визначають як

$$Kb = \frac{h_3}{D_3}, \quad (16.1)$$

де h_3 і D_3 — висота й діаметр отриманої за один перехід витягування заготованки (приймають від 0,5 до 0,8). Для першого

переходу $K=0,5 \dots 0,6$, а для наступних — $0,7 \dots 0,8$ [27]. Діаметр заготованки для витягування

$$D_3 = 1,13 \sqrt{\sum_{i=j}^n F_i}, \quad (16.2)$$

де n — кількість елементарних поверхонь заготованки, F — площа i -го елемента поверхні заготованки, m^2 .

Витягування можна виконувати з потоншенням і без нього. Проміжок між пуансоном і матрицею для штампування без потоншення приймають 1,1...1,3 товщини листа.

Зменшення товщини стінки за один перехід для витягування з потоншенням становить 40...60%.

Витягувальні штампи допускають і складніше витягування за один або більше технологічних переходів. Часто у процесі виготовлення заготованки виконують не одну, а декілька операцій витягування послідовно.

Формуванням називають операцію з частковою зміною форми заготованки.

Прикладами операцій формування є обтискання, розкатування, рельєфне формування і розборткування. *Обтискання* та *розкатування* — це місцеве зменшення чи збільшення поперечного перетину порожнистих заготованок.

Припустимо значення деформування за один перехід становить 20...30%. *Рельєфне формування* — це місцеве розтягування матеріалу, яке надає заготованці необхідної форми (виступи, потовщення, гофри) і збільшує її жорсткість.

Формування розтягуванням (фасонні ковпачки, сільфони) здійснюють у штампах із рідинними чи еластичними пуансонами.

Розборткування — це утворення бортів.

У процесі виконання технологічних операцій і переходів холодного штампування велике значення має використання мастил, які зменшують силу тертя, сприяють процесам формоутворення, підвищують якість заготованок, але вимагають збільшення зусилля притискання вихідної заготованки [10].

На рис. 16.2 зображено кришку трансформатора, виконану витягуванням.

Штампувальне складання застосовують для з'єднання холодним штампуванням двох і більше заготованок в одну. Залежно від форми, розмірів і матеріалу вихідних заготованок штампо-складальні операції виконують на кривошипних або гідравлічних пресах, у штампах для холодного штампування, зварюванням, штампуванням вибухом, електричним розрядом у рідині та магнітними полями. Складання холодним штампуванням здійснюють за допомогою операцій осаджування, заклепування, запресу-

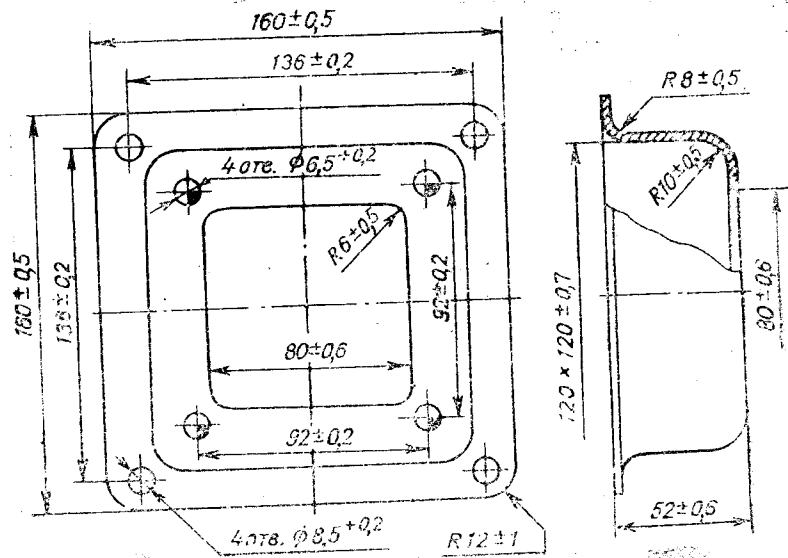


Рис. 16.2. Кришка, виготовлена листовим штампуванням (витагуванням).

вання, вигинання, закручування, роздавання, обтискання, точкового та шовного зварювання, вальцювання тощо.

16.3. Устаткування та спорядження для холодного штампування

Для виконання технологічних операцій холодного штампування застосовують здебільшого кривошипні та гідравлічні преси, холодновисаджувальні автомати (аналоги ГКМ), привідні паралельні, гільйотинні та дискові ножиці, штампи різних конструкцій. Для здійснення додаткового притискання заготовки під час її штампування застосовують штампи подвійної та потрійної дії, які дають змогу за один робочий хід виконувати притискання, штампування та виштовхування готової заготовки з робочої позиції.

Широко застосовують комбіноване штампування, яке збільшує продуктивність устаткування у 3—15 разів. Його виконують на універсальних і багатопозиційних пресах з використанням штампів послідовної та поєднаної дії.

Для послідовного штампування переходи призначають так, щоби відокремлення заготовки від штаби чи стрічки відбу-

валося на останньому з них. Поєднаним штампуванням виготовляють великі заготовки. Вартість одного поєднаного штампа менша за вартість кількох одноопераційних штампів для виконання цих же переходів у процесі послідовного штампування.

Комбіноване штампування використовують у багатосерійному та масовому виробництві. Холодне штампування здійснюють за допомогою штампів з використанням твердоточних вкладів [14].

У дрібносерійному виробництві звичайно застосовують *последментне штампування*, під час якого необхідний контур заготовки штампують послідовно окремими елементами за кожний хід повзуна. Для цього використовують універсальне та спеціальне устаткування (координатно-револьверні преси, вібраційні ножиці, комбіновані прес-ножиці, краєвигинальні преси тощо) разом з програмним керуванням; штампи (універсальні, спеціальні, складані, пластичні, з еластичними матеріалами тощо); універсальні блоки зі змінюваними пакетами тощо.

16.4. Високоенергетичні методи штампування

Виготовлення заготовок великих розмірів (до 10 м) здійснюють високоенергетичними методами формоутворення за допомогою імпульсних навантажень [13], створених дією вибуху, високочастотним електричним розрядом у рідині чи потужними імпульсами магнітного поля. Особливістю цих методів є висока швидкість деформування, короткочасність процесу штампування та значна потужність устаткування. Це дає змогу виготовляти заготовки навіть з важкодеформовних і крихких металів і сплавів.

Штамування за допомогою вибуху здійснюють у товстостінних спеціальних штампах для отримання заготовок з крихких і важкодеформовних матеріалів.

Високовольтні розряди використовують для штампування у рідкому середовищі тонкостінних заготовок.

Магнітно-імпульсне штампування полягає в тому, що тиск на заготовку створюється під дією імпульсного магнітного поля, без участі в ньому твердих, рідких чи газуватих речовин. Це дає змогу отримувати заготовки навіть з полірованих і фарбованих вихідних заготовок без пошкодження їх поверхонь, а також деформувати заготовки в герметично замкнених об'ємах через магнітнопроникні стінки.

Так виконують технологічні операції витагування, вирубування, пробивання отворів, відборткування, розвальцювання, запресування, обтискання та складання. Точність форми та розмірів, висока якість поверхонь, продуктивність і надійність устаткування забезпечують значне застосування цьому способу штампування.

16.5. Листове штампування за допомогою еластичних матеріалів

Еластичний матеріал (гума, поліуретан) у цьому способі штампування виконує функції матриці чи пуансона (рис. 16.3). Гума має низьку зносостійкість і тому застосовується для штампування з невисоким тиском (30... 50 МПа), що достатній для

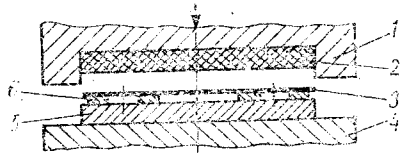


Рис. 16.3. Схема вирубання та пробивання за допомогою еластичних матеріалів:

1 — контейнер; 2 — еластична прокладка; 3 — заготовка; 4 — стіл; 5 — підматрична плита; 6 — матриця (шаблон).

виготовлення заготовок з металів невеликої міцності з товщиною стінки до 2 мм. Поліуретан може витримувати тиск до 1000 МПа і вище, має високу зносо-, масло- та бензостійкість. Це дає змогу виготовляти заготовки з міцних матеріалів, більш складної форми та великих розмірів. Цим способом виконують такі технологічні операції, як витягування, вигинання, пробивання, відрізування, вирубання та надрізування.

Переваги такого способу штампування — низька вартість, простота технологічного спорядження, універсальність і можливість швидкого переналагодження (гнучкість виробництва). Використовують цей спосіб штампування в одиничному та дрібносерійному виробництві.

16.6. Ротаційне витягування

Ротаційне витягування полягає у формозмінюванні плоских чи порожнистих обертових заготовок за допомогою оправки та рухомого навантаження, наприклад витягувального ролика (рис. 16.4). Ротаційним витягуванням виготовляють порожнисті заготовки зі сталюю та змінною товщиною стінки, різні за формою та розмірами. Діаметр і довжина заготовок можуть становити 5 м, а товщина стінки — 40 мм. Ротаційне витягування застосовують як для оброблення пластичних матеріалів, так і для важкодеформовних і навіть туготопких металів і сплавів в одиничному та дрібносерійному виробництві. Основним устаткуванням служать токарні чи спеціальні витискувальні верстати [17].

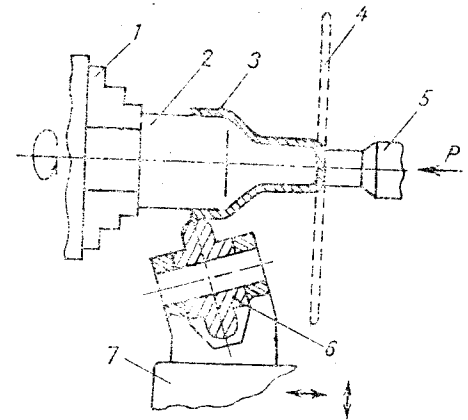


Рис. 16.4. Ротаційне витягування заготовки на токарному верстаті:

1 — патрон верстата; 2 — оправка; 3 — готова заготовка; 4 — вихідна заготовка; 5 — обертальний притиский центр; 6 — витягувальний ролик з держактом; 7 — супорт верстата.

16.7. Холодне прокатування трубчастих заготовок

Гаряче прокатування труб не завжди може задовольнити вимоги до точності розмірів та якості поверхонь заготовок. Крім цього, гарячим прокатуванням не вдається отримати заготовки малих діаметрів. Для цього застосовують холодне прокатування, яке забезпечує ще й деякі специфічні фізичні властивості, наприклад, магнітні. Вихідними заготовками для холодного прокатування служать безшовні гарячокатані та зварювані трубчасті заготовки. Цим способом виготовляють трубки діаметром до 1 м з товщиною стінки 0,1 мм і менше.

Прокатування виконують на вилкових і роликівих станах. Процес холодного прокатування трубчастих заготовок близький до процесу гарячого пілігримового прокатування. Різниця полягає в тому, що холодне прокатування придатне для оброблення нерухомої заготовки. В заготовку вставляють оправку, а робочий рух надають кліті прокатного стану. У процесі прокатування за кожний цикл заготовку разом з оправкою після закінчення робочого ходу подають вперед на один крок і одночасно повертають на 60° довкола її осі. Це дає змогу на станах холодного прокатування виготовляти східчасті заготовки змінного перетину.

Холодне прокатування трубчастих заготовок виконують і на редуційних роликівих станах, на яких зменшення товщини стінки відбувається одночасно з незначним зменшенням її діаметра. Таким способом виготовляють трубки з дуже тонкими стінками.

Тонкостінні трубчасті заготовки великого діаметра отримують за допомогою холодного поперечного прокатування на

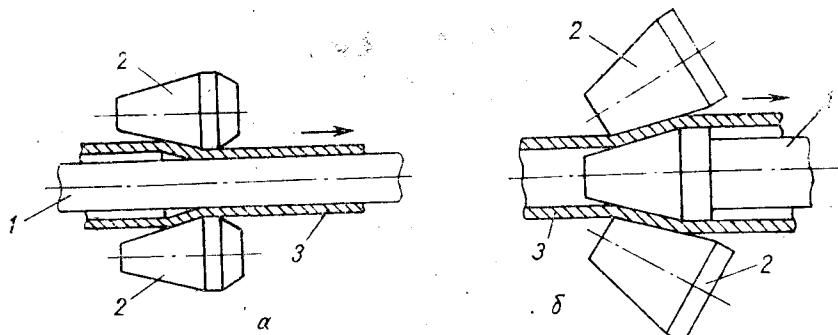


Рис. 16.5. Схеми поперечного прокатування трубчастих заготовок на циліндричній (а) та конічній (б) оправках:

1 — оправка; 2 — обтискні валки; 3 — заготовка.

циліндричній чи конічній оправці спеціальними валками (рис. 16.5). У процесі прокатування зменшується товщина стінки заготовки та відповідно збільшується її довжина (у разі використання циліндричної оправки) чи діаметр (при використанні конічної оправки).

16.8. Розкроювання листового матеріалу

Розкроювання листового матеріалу є важливим етапом розроблення ТП холодного штампування. Від вибору схеми та способу розкроювання листових матеріалів на вихідні заготовки залежить коефіцієнт використання матеріалу та продуктивність штампувального устаткування.

Технологічні операції розкроювання листового матеріалу звичайно виконують у розкрійно-заготівельних цехах і дільницях. Листовий матеріал розрізають на стрічки, штаби, пластини різної форми, виходячи з умов одержання максимального коефіцієнта використання матеріалу та вимог до вихідних заготовок. Для оптимізації розкроювання листового матеріалу в умовах багатоменклатурного, серійного та масового виробництва застосовують електронні обчислювальні машини [5].

Операції розкроювання здійснюють ножицями, на координатно-револьверних пресах, штампах з поелементним штампуванням, кисневих, лазерних і розрізувальних машинах з програмним керуванням.

Випускають лазерні агрегати потужністю від 500 до 1000 Вт зі швидкістю різання до 10 м/хв, які здатні розкроювати матеріали товщиною до 5 мм для сталі та до 30 мм для пластмас [15].

16.9. Правила конструювання заготовок для листового штампування

Механічні та фізичні властивості листового матеріалу мають відповідати не тільки вимогам міцності та жорсткості заготовки, але й вимогам до процесів формозмінювання та характеру пластичного деформування.

Форма та розміри заготовки мають забезпечувати належну жорсткість конструкції за допомогою ребер жорсткості, відбортовування, загинання, закатування, витискання тощо.

Конфігурація вихідних заготовок повинна сприяти ефективному використанню листових матеріалів. Для їх отримання часто використовують штампоскладальні операції.

Отже, перелічимо технологічні вимоги до конструкцій плоских заготовок:

не слід застосовувати складні форми з вузькими та довгими проміжками, в яких ширина є більшою від двох товщин матеріалу, тобто $b > 2s$, де b і s — ширина проміжку та товщина листа, мм;

спряження окремих елементів контура заготовки доцільно виконувати з радіусними заокругленнями;

мінімальні відстані отворів від місць вигинання заготовки визначають за умови, що $a \geq r + 2s$, де a — відстань отвору від місця вигинання, мм; r — внутрішній радіус вигинання, мм;

мінімальні відстані між одночасно пробиваними отворами визначають за умови, що $c > (2-3)s$, де c — відстань між отворами, мм;

радіуси вигинання знаходять за умови, що $r > s$ для пластичних матеріалів і $r > 2s$ для малопластичних матеріалів;

вісь вигинання заготовки слід розташовувати поперек волокон;

найменшу висоту відбортовування визначають за умови, що $h \geq 3s$;

у процесі витягування заготовки радіуси заокруглень біля фланця мають бути більші, ніж радіуси заокруглень біля її дна.

16.10. Застосування холодного штампування

Холодним штампуванням отримують кузови легкових автомобілів, кабіни та рами вантажних автомобілів, тракторів, комбайнів, багато заготовок для деталей та складальних вузлів, систем охолодження, очищення повітря, олії тощо.

Як вихідні матеріали використовують здебільшого листовий, штабовий, трубчастий сортовий та спеціальний прокат.

Великорозмірні заготовки зі застосуванням глибокого витягування доцільно виготовляти тільки в серійному та масовому виробництві, коли обсяг випуску продукції окупує необхідне устаткування та спорядження. Для малих обсягів виробництва великогабаритні заготовки з глибоким витягуванням доцільно поділяти на дрібніші, які потім складаються в складані одніці за допомогою операцій холодного штампування, зварювання, склепування тощо.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Переваги холодного штампування перед гарячим.
2. Способи холодного штампування та їх застосування.
3. Структура ТП об'ємного формування.
4. ТП холодного калібрування та карбування.
5. Холодне листове штампування та його застосування.
6. Класифікація операцій холодного штампування.
7. Способи витягування.
8. Способи холодного формування.
9. Основне устаткування для холодного штампування.
10. Що таке послідовне, поєднане та комбіноване штампування?
11. Що таке поелементне штампування?
12. Високоенергетичні методи штампування.
13. Штампування за допомогою еластичних матеріалів.
14. Ротаційне витягування.
15. Способи прокатування трубчастих заготовок.
16. Штампування з місцевим нагріванням.
17. Що таке штампвальне складання?
18. Способи та основне устаткування для розкроювання листового матеріалу.
19. Основні правила конструювання заготовок з листових матеріалів.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОМТ

17.1. Структура технологічних процесів

Структура й послідовність виконання операцій та переходів ТП ОМТ визначаються способом виготовлення заготовки, її формою та розмірами, а також застосуванням основним устаткуванням і спорядженням. Першим завданням у процесі розроблення ТП виготовлення кованки завжди є створення її конструкції та оформлення робочого креслення. Відповідно до вимог стандартів на виготовлення будь-якого виробу має бути розроблений, відповідно оформлений та затверджений комплект технологічної документації. Окрім цього, згідно з вимогами стандартів ЄСПВ слід розробити та виготовити, а у разі необхідності придбати, належне технологічне устаткування, спорядження (штампи, матриці, пуансони, технологічні допоміжні пристрої, засоби механізації та автоматизації, транспортування, встановлення та знімання заготовок з робочих і транспортних місць тощо), вимірювальні та контрольні засоби.

ТП ОМТ складаються із загальних операцій (можуть бути спільними для різних способів виготовлення кованок) та оригінальних (характерних для кожного окремого способу ОМТ). Для загальних технологічних операцій здебільшого розроблені типові ТП.

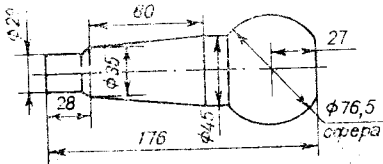
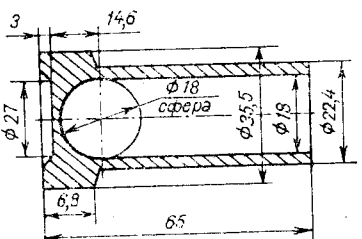
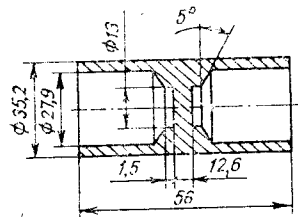
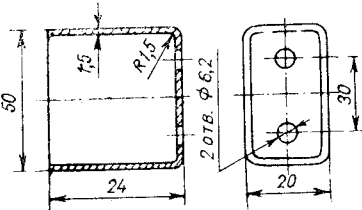
До загальних за призначенням ТП чи операцій відносять виготовлення вихідних заготовок, їх нагрівання, термічне оброблення, очищення, контроль якості, фарбування, пакування, транспортування тощо.

Назви операцій та правила їх описування у технічній документації наведені у відповідних державних стандартах для кожного ТП чи способу ОМТ.

Наприклад, ТП вільного кування кованок на молотах і пресах складається з таких операцій: виготовлення вихідних заготовок, їх нагрівання, кування, термічне оброблення, очищення, контроль якості, виправлення дефектів, фарбування, пакування та транспортування. Операції нагрівання, кування, термічного оброблення, очищення та контролю якості, залежно від складності

Таблиця 17.1

Приклади маршрутної технології виготовлення заготовок ОМТ

Матеріал	Ескіз заготовки	Основні операції виготовлення заготовки
Палець, сталь 40Х		Пряме витискання хвостовика Пряме витискання конуса Висаджування кульової головки
Корпус штовхача, сталь 35		Відрізання вихідної заготовки Калібрування Відпалювання Фосфатування Витискання Відпалювання Фосфатування Протягування Витискання дна і висаджування фланця
Корпус підшипника, сталь ШХ15		Відрізання вихідної заготовки Осаджування Відпалювання Фосфатування Витискання двобічне Обрізання торців
Екран алюмінієвий, сплав АД1		Відрізання вихідної заготовки Галтування Знежирювання Відпалювання Нагрівання Змащування Витискання зворотне Обрізання по висоті Пробивання отворів

форми, маси, розмірів кованки та часу її виготовлення можуть повторюватися декілька разів.

Приклади маршрутних ТП для гарячого та холодного штампування наведено в табл. 17.1.

Кожна операція може складатися з переходів і, залежно від конкретних умов виконання, її можна розглядати як окремих ТП. Наприклад, операції термічного оброблення можуть складатися з відпалювання (нагрівання та охолодження разом з пічкою), нормалізації (нагрівання та охолодження на повітрі), відпускання, гартування, поліпшення (гартування з наступним високотемпературним відпусканням), високотемпературного чи низькотемпературного термомеханічного оброблення тощо. Деякі операції (обрізання облою, пробивання перемичок, виправлення та калібрування) виконують у холодному чи гарячому стані. Процеси очищення полягають в обробленні різанням, хімічному обробленні тощо.

17.2. Проектування технологічних процесів

Для проектування ТП гарячого ОМТ особливе значення має вимога економії енергії. Тому передусім беруть до уваги можливість подавання на термічне оброблення не холодних, а ще гарячих після штампування чи кування кованок; виконання двох і більше переходів за одне нагрівання заготовки; використання теплоти, що виділяється за великих швидкостей деформування матеріалу; здійснення штампувального переходу у напівнагрітому чи навіть в охоложеному стані заготовки.

Для гарячого об'ємного штампування кованок із конструкційних, інструментальних і високолегованих вогнеміцних сталей, титанових і нікелевих сплавів застосовують змащування робочих поверхонь штампувальних інструментів, форм, матриць, пуансонів, штампів тощо. Для змащування придатні водно-графітові мастила, сульфитно-спиртова брага, соляний розчин з додаванням селітри, суспензія рідкого скла та колоїдного графіту, технічні мастила тощо [10]. Робочі поверхні технологічного спорядження, а також поверхні кованки покривають мастилом шляхом занурювання, обкатування у ньому чи нанесення його за допомогою пульверизаторів.

Розроблення ТП штампування кованок з кольорових металів виконують з урахуванням їхніх механічних властивостей в умовах штампування, допустимих ступенів деформування, схильності деяких з них зварюватися з поверхнею штампа, чітко вираженої анізотропії властивостей кованок з деяких металів, обмеженої кількості площин кування, вибухової небезпеки пилу деяких металів, чутливості до швидкості деформування, значення температурних діапазонів штампування тощо.

17.3. Форми та правила оформлення документації

Комплектність технологічної документації, призначення документів та загальні правила їх виконання вказують у стандартах. Види, форми, комплектність і правила виконання документів на ТП та операції вільного кування й штампування регламентовані ГОСТ 3.1403—85. Згідно з вимогами стандарту комплектність документації на розроблювані одиничні, типові чи групові ТП (ОТП, ТТП і ГТП) встановлює розробник. Обов'язковими документами за стандартом визначені: карта ТП — КТП (ГОСТ 3.1102—81), маршрутна карта — МК (ГОСТ 3.1118—82), карта типового (групового) ТП — КТПП та відомість ТП — ВТП (ГОСТ 3.1121—84). КТП виконує функції двох документів: КТП — для розроблення одиничних ТП кування та гарячого штампування та карти технологічної інформації (КТП/КТИ) для розроблення ТТП чи ГТП кування та гарячого штампування у комплекті з картою типового чи групового ТП замість відомості деталей, де наведені дані для кожної з деталей і виконуваних операцій та переходів. МК може виконувати також функцію інших документів.

Комплектність документів на ТП кування та штампування визначають відповідно до умов підприємства-виготовлювача.

Ескіз заготовки та технічні вимоги до неї заносять у карту ескізів чи в нижню частину технологічного документа (КТП, КТИ, МК/КТПП). Правила оформлення документів на ОТП наведені в ГОСТ 3.1119—83, а на ТТП (ГТП) — у ГОСТ 3.1121—84.

Види, форми, правила оформлення та комплектність технологічних документів, використовуваних для одиничних, типових і групових ТП і операцій розкроювання матеріалів на заготованки, регламентовані ГОСТ 3.1402—84.

До інформації, яка подається у технологічних документах для виливків, відносять групу складності виливка, місткість ковша, інструкцію з охорони праці, коефіцієнти використання металу та об'єму опоки, кількість ковшів, клас точності виливка, кількість виливків у формі; масу виливка, деталі, залитої форми, ливникової системи, прибутку, рідкого металу для виливка та для форми; норму витрат шихти на одну тонну виливків, код одиниці величини виливка, одиницю нормування, переважальні товщини стінок виливка тощо.

У технологічній документації для кованих і штампованих заготованок подають кількість одночасно виготовлюваних заготованок, коефіцієнти використання відходів і кованки; кількість деталей, що виготовляються з однієї кованки та з відходів; кількість заготованок, що виготовляються з однієї вихідної заготованки; кількість одночасно оброблюваних деталей, кованок, що виготовляються з однієї заготованки; робітників, які виконують

операцію; коефіцієнти використання матеріалу, поштучний час для багатостатного обслуговування, масу заготовки, обсяг виробничої партії, коди професії робітників та умов праці за класифікатором, розряд роботи, номер робочого місця, ступінь механізації праці, основний, допоміжний, підготовчо-завершальний та поштучний час на виконання операції тощо.

Для технологічних процесів оброблення різанням в операційних картах вказують цех, дільницю та робоче місце, де виконується операція; номер, код і назву операції; код, назву, сортамент і марку основного матеріалу; позначення, назву та масу заготовки, допоміжних і комплектувальних матеріалів; норми витрат, зміст операції та переходів; код і назву основного устаткування, технологічного спорядження; допоміжні, різальні, слюсарні, монтажні, спеціальні, вимірювальні та контрольні інструменти; масу деталі, норму витрат матеріалу, коефіцієнт використання матеріалу, ступінь механізації праці, код професії, розряд роботи, форму і систему оплати праці за класифікатором, кількість виконавців та виготовлюваних одночасно деталей; норми основного, допоміжного, підготовчо-завершального та поштучного часу; режими оброблення, вказівки про використання відходів і з охорони праці тощо.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Структура технологічних процесів ОМТ.
2. Одиничні, типові та групові операції ОМТ.
3. Основні правила розроблення ТП для ОМТ.
4. Основні види документів ТП кування та штампування.
5. Як і ким встановлюється комплектність технологічної документації?
6. Основні види документів для ТП розкроювання матеріалів.
7. Як класифікують ТП за ступенем деталізації описування операцій та переходів?

ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ КОВАЛЬСЬКО-ШТАМПУВАЛЬНИХ ЦЕХІВ І ДІЛЬНИЦЬ

18.1. Класифікація основного устаткування

Класифікацію та маркування основного технологічного устаткування здійснюють згідно з його призначенням і виконуваними функціями за допомогою літеро-цифрових позначень [11]. Види устаткування позначають великими літерами українського чи російського алфавіту: А — автомати; Б — преси брикетувальні та пакетувальні; В — машини кувальні; Г — обладнання гідравлічне; Д — преси гідравлічні для неметалевих матеріалів; И — машини вигинальні та простувальні; К — преси кривошипні; Н — ножиці та холоднолами; П — преси гідравлічні для металу; С — вальці кувальні; Ф — преси гвинтові, важільні та рейкові. Цифри визначають інші технічні параметри. Додаткові літеро-цифрові позначення стосуються системи керування основним устаткуванням і залежать від виду та параметрів складових системи.

18.2. Устаткування для кування та штампування

Для виконання операцій вільного кування застосовують молоти та преси (див. рис. 10.1). Основним параметром молотів є маса падаючих частин, до яких відносять поршень, шток, бабу та верхній бойок. Деформування металу на молотах простої дії забезпечується дією тільки маси вільно падаючих частин, а на молотах подвійної дії — ще й примусовим прискоренням падаючих частин дією стисненого повітря чи водяної пари. Малі ковани виготовляють на пневматичних молотах з масою падаючих частин від 100 до 1000 кг, середні ковани масою до 2000 кг — на пароповітряних молотах з масою падаючих частин від 1000 до 8000 кг, а великі масою понад 2000 кг — на гідравлічних пресах зусиллям від 5 до 150 МН і більше [11, 13].

Для виконання операцій штампування кованок застосовують: *молоти* штампувальні, пневматичні, пароповітряні, листоштампувальні, високошвидкісні, вибухові, фрикційні з дошкою, ланцюгом чи ременем, гідравлічні;

преси гвинтові, електрогвинтові, гідрогвинтові, гарячостампувальні, гідравлічні, пневматичні, електромагнітні, багатоплунжерні, кривошипні (з одним, двома та чотирма кривошипними механізмами, відкриті та закриті, простої та подвійної дії, нахилені та ненахилені), листоштампувальні, координатно-револьверні, листовигинальні, універсально-вигинальні, карбувальні, холодновисаджувальні, обрізувальні, холодноштампувальні багатопозиційні, різенакувальні, для пресування кераміки та металевих порошків, пакетувальні та брикетувальні, автоматичної дії, з програмним керуванням тощо;

машини горизонтально-кувальні, вертикально-кувальні, радіально-кувальні, ротаційні (листо- та профілевигинальні, три- та чотиривалкові, витискувальні та розкатувальні), обтискувальні, зубонакувальні, електровисаджувальні, вигинально-штампувальні (бульдозери), імпульсно-штампувальні (гідравлічні, вибухові, електричні), для комбінованого штампування, з програмним керуванням тощо;

ножиці з паралельними, нахиленими (гільйотинними) та дисковими ножами, кривошипні, вібраційні, штампувальні, пресувальні тощо.

Ковальсько-пресові цехи та дільниці комплектують також виробничими напівавтоматичними та автоматичними лініями, створеними на базі використання високопродуктивних, багатопозиційних, універсальних і спеціальних агрегатів, комбайнів, роторних автоматів, роботів, програмних керувальних систем тощо [40].

Ковальсько-пресове устаткування добирають відповідно до його призначення з урахуванням типу виробництва, форми та розмірів заготовок.

18.3. Добір устаткування для кування та штампування за його головним параметром

Правильний добір основного устаткування дає змогу забезпечити не тільки належну якість заготовок, але й економічну ефективність їх виготовлення, необхідну продуктивність праці, економію витрат на енергію, матеріали, інструмент і технологічне спорядження, поліпшення умов праці тощо. Сучасне устаткування достатньо складне, дороге та громіздке, не завжди вдається замінити його вчасно, як цього вимагають виробничі обставини, особливо в умовах багатонаменклатурного чи гнучкого виробництва. Добір основного устаткування здійснюють звичайно за його основним параметром, яким для молотів є маса падаючих частин, а для пресів — максимальне зусилля. Необхідне значення цього параметра знаходять залежно від форми, розмірів,

маси та марки матеріалу заготовки, а також від типу використуваного устаткування [13, 21, 26]. Визначаючи цей параметр, орієнтуються на найбільше зусилля, яке прикладають у процесі виготовлення заготовок. Головний параметр визначають за допомогою номограм чи таблиць, наведених у довідковій літературі, чи шляхом розрахунків.

Для вільного кування, наприклад, масу падаючих частин знаходять [26] за формулою

$$G = 1,5 \cdot 10^5 p V e, \quad (18.1)$$

де G — маса падаючих частин, кг; p — потрібний тиск для деформування матеріалу, МПа; V — об'єм деформованого матеріалу, м³; e — ступінь деформування для останнього удару молота. Для великих кованок $e = 0,025$, а для малих $e = 0,060$. Необхідний тиск для деформування визначають за формулами:

для осаджування

$$p = \sigma_n (1 + 0,17 D/H), \quad (18.2)$$

для протягування

$$p = \sigma_n \eta (1 + 0,17 L/H), \quad (18.3)$$

для прошивання

$$p = \sigma_n (1 + 0,17 d/h + 1,1 \ln D/d), \quad (18.4)$$

де σ_n — межа плинності металу при температурі деформування, МПа; D — середній діаметр (розмір) заготовки після деформування, мм; H — висота заготовки після деформування, мм; L — значення робочого подавання в процесі протягування, мм; η — коефіцієнт, що враховує форму бійків (для плоских бійків $\eta = 1$, для відрізних $\eta = 1,25$); d — діаметр прошивня, мм; h — товщина залишку, мм.

Потрібне для вільного кування зусилля преса визначають як

$$P = \Psi p F, \quad (18.5)$$

де P — зусилля преса, МН; Ψ — коефіцієнт, що враховує масу кованки (для малих кованок $\Psi = 1,0$; для великих $\Psi = 0,4$); F — площа поперечного перетину заготовки в зоні деформування, м².

Приблизні дані для визначення маси падаючих частин молотів і зусилля кувальних гідравлічних пресів залежно від розмірів і маси кованок для виготовлення їх вільним куванням наведені в табл. 18.1 і 18.2.

Для процесу штампування кованок масу падаючих частин молота визначають за формулою, що враховує виконувану роботу деформування металу в остаточному ривчаку [13]. Для га-

Таблиця 18.1

Приблизні дані для визначення маси падаючих частин молотів

Тип молота	Маса падаючих частин, кг	Маса кованки, кг			Діаметр або сторона квадрата у найбільшій перетині, мм
		фасонної		гладкої	
		середня	найбільша		
Пневматичний	75	0,3	1	8	45
	150	1,5	4	15	60
	250	2,5	8	35	75
	400	6,0	18	60	100
	550	9,0	28	110	120
	750	12,0	40	140	135
Пароповітряний подвійної дії	1000	20	70	250	160
	2000	60	180	500	225
	3150	100	320	750	275
	5000	200	700	1500	350
	8000	350	1300	2500	400

рячого деформування масу падаючих частин молота визначають як

$$G_{п.ч} = K_o F_k \cdot 10^4, \quad (18.7)$$

де $G_{п.ч}$ — маса падаючих частин молота, кг; F_k — площа проекції кованки на площину рознімання штампа, м²; K_o — коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості молота; для молотів простої дії $K_o = 10$, а для молотів подвійної дії $K_o = 5$.

Необхідне зусилля для гарячого штампування на КГШП можна приблизно визначити за формулою

$$P = 100 K_c F_k, \quad (18.7)$$

де P — зусилля штампування, МП; K_c — коефіцієнт, що враховує складність форми кованки; призначається в межах 6,4... 7,3; менші значення приймають для простих за формою кованок.

Таблиця 18.2

Приблизні дані для визначення зусилля кувальних гідравлічних пресів

Зусилля преса, МН	Маса кованки, тонн	
	середня	найбільша
5	0,65	2
8	3	5,5
12	5,5	12
20	14	28
31,5	33	58
50	62	98

Площу проекції кованки на площину рознімання штампа, визначають з урахуванням облойної канавки.

Для закритого штампування масу падаючих частин молотів і зусилля пресів зменшують на 20...25%, що зумовлено відсутністю облойних канавок.

Необхідне зусилля для КГШП залежно від шляху переміщення повзуна (див. рис. 11.9, а) визначають як

$$P = \frac{2 P_n R}{4 - \sqrt{2 R h_a - h_a^2}}, \quad (18.8)$$

де P — припустиме зусилля преса для значення недоходження повзуна h_a (м) від кінцевого нижнього положення, Н; P_n — номінальне зусилля преса, Н; R — радіус кривошипа, м.

Зусилля штампування на гвинтовому пресі приблизно визначають як

$$P = 10 \sigma_B F_K, \quad (18.9)$$

де P — зусилля штампування, МН; σ_B — межа міцності штампового металу, МПа.

Зусилля штампування на гідравлічному пресі запишемо у вигляді

$$P = K_1 K_2 p F_K, \quad (18.10)$$

де K_1 і K_2 — коефіцієнти, що враховують відповідно умови штампування та об'єм нагрітого металу; для кованок простої форми приймають $K_1 = 1$, а для кованок складної форми $K_1 = 2$; для кованок з об'ємом до 25 см³ $K_2 = 1$, а для кованок з об'ємом понад 25000 см³ $K_2 = 0,4$; p — питоме зусилля деформування металу при температурі штампування, МПа.

Зусилля висаджування на ГКМ

$$P = K_c \sigma_B F_K, \quad (18.11)$$

де K_c — коефіцієнт, що враховує складність форми кованки, який приймають в межах 2...8.

18.4. Нагрівальні печі

Нагрівальні печі в ковальсько-штампувальному виробництві класифікують за режимом нагрівання на камерні та методичні, за способом завантаження та вивантаження заготованок на періодичні та безперервні, за джерелами отримання тепла вони є

електричні та полум'яні, за способом використання вихідних газів — рекуперативні та регенеративні, за видом палива — газові, рідинні та твердопаливні.

Потужність, необхідну для нагрівання заготованок, визначають за формулою

$$N = \frac{C(T_2 - T_1) G_3}{\tau_0}, \quad (18.12)$$

де N — корисна потужність печі, кВт; C — середня питома теплоємність в інтервалі температур T_1 і T_2 , кДж/кг °К; T_1 і T_2 — початкова та кінцева температура заготованок, °К; G_3 — маса заготованок, кг; τ_0 — час, необхідний для нагрівання заготованок, с.

У ковальських цехах для нагрівання заготованок залежно від маси та серійності їх виготовлення застосовують печі періодичної дії, одно-, двокамерні, щілинні, з висувним дном (з одним та двома візками), методичні (перекочувальні з нахиленим дном і з штовхачами), шахтові тощо. У штампувальних цехах використовують печі камерні (щілинні, вічкові та з захисною атмосферою), напівметодичні, методичні, карусельні (з обертовим подом або корпусом), конвеєрні (з внутрішнім і зовнішнім розташуванням конвеєра), спеціальні (для швидкісного нагрівання), індукційні, електроконтактні, електрорезистивні, а також рідинноскляні та соляні ванни.

Для безокислювального нагрівання застосовують нагрівання в атмосфері неповного згоряння палива (за недостатньої кількості кисню). Для підвищення температури коефіцієнта корисної дії печі паливо остаточно спалюють у верхніх її шарах шляхом подання туди додаткового кисню.

У процесі нагрівання металу в печах тепло передається випромінюванням, конвекцією та теплопровідністю. Конвекцією передається лише від 3 до 8% тепла.

Теплопровідність забезпечує вирівнювання температури в тілі заготованки. Зараз у кузнях переважають газові полум'яні печі. Найліпші умови для нагрівання заготованок створюють електричні нагрівачі (контактні, резистивні, індукційні, електролітні).

Перевагами електронагрівання є економія металу, що зумовлена зменшенням його вигорання в умовах відсутності надлишку кисню; більша стійкість штампів внаслідок зменшення кількості циндри, що спричинює абразивне їх зношування; вища продуктивність праці, яка забезпечується можливістю швидкого нагрівання заготованок; кращі умови праці; вища якість заготованок, що пояснюється рівномірністю нагрівання та можливістю краще керувати температурним режимом; відсутність циндри та необхідності очищення кованок від неї.

Недоліком електронагрівання є порівняно вища його вартість. Добирають спосіб електронагрівання згідно з рекомендаціями довідкової літератури з урахуванням експлуатаційних характеристик електроустаткування. Наприклад, високопродуктивне індукційне нагрівання доцільне для нагрівання круглих, квадратних і штабових заготовок, а використання його для нагрівання фасонних заготовок вимагає складного та дорогого спорядження й устаткування.

Для вимірювання та контролю температури в процесі гарячого ОМТ широко застосовують стаціонарні й переносні контрольні-вимірювальні прилади та цілі системи. Як первинні перетворювачі температури в них використовуються термометри термоелектричні та перетворювачі теплового випромінювання. За принципом дії їх поділяють на оптичні, радіаційні, фотоелектричні, кольорові тощо. Добір засобів вимірювання температури здійснюють за їх функціональним призначенням та залежно від рівня автоматизації виробничих процесів і способу керування ними.

18.5. Устаткування для очищення кованок

Для виконання операцій очищення кованок застосовують шротоструминне оброблення в спеціальних барабанах, галтування в обертових барабанах з абразивними та металевими елементами, витравлювання в кислотних ваннах тощо.

Очищують кованки великих розмірів спеціальними очищувальними агрегатами зі сталевими щітками, абразивними кругами тощо.

18.6. Транспортно-завантажувальне устаткування

Для транспортування заготовок у процесі їх оброблення, завантажування та виймання з технологічного устаткування застосовують бункерні, орієнтувальні, видавальні, транспортувальні та завантажувальні пристрої; захватні механізми, відсікачі, виштовхувачі, склізи, стелажі, магазини; клішові, шибєрні, грейферні та револьверні механізми; механічні руки, маніпулятори, роботи; рейкові та підвісні кантувальники; намотувальні, розмотувальні та виправні пристрої; штабо- та листоскладальні машини; засоби транспортування, зняття та встановлення технологічного устаткування, спорядження та інструментів; обертові крани, підвісні конвеєри, роботи, клинозабивальні машини тощо.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Спосіб класифікації та маркування основного технологічного устаткування.
2. Устаткування для кування кованок.
3. Устаткування для штампування кованок.
4. Основні правила добору ковальського устаткування.
5. Які Ви знаєте головні параметри ковальського устаткування?
6. Як визначити значення головного параметра молота та преса?
7. Класифікація нагрівальних печей.
8. Як Ви знаєте засоби вимірювання та контролю температури кованок?
9. Устаткування для очищення кованок.
10. Транспортно-завантажувальне устаткування ковальських виробництв.
11. Устаткування для розділювання сортового та спеціального прокату.

ЗАГОТОВАНКИ З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ

19.1. Загальна характеристика заготованок

Важливим завданням у машинобудуванні є скорочення питомої ваги механічного оброблення в процесах виготовлення виробів та підвищення коефіцієнта використання металів. Одним з перспективних способів, що дає змогу розв'язувати це завдання, є виготовлення заготованок і деталей, які не потребують подальшого оброблення [24, 39], з порошкових матеріалів [25].

Заготованки виготовляють з порошків різних металів і неметалевих матеріалів. Під час виготовлення заготованки одночасно може виготовлятися новий конструкційний матеріал зі заданими властивостями. Таким способом отримують конструкційні матеріали, що здатні замінити звичайні вуглецеві та леговані сталі, чавуни та кольорові метали, а також матеріали зі спеціальними властивостями (зносостійкі, шпаристі, корозійностійкі, фільтрувальні, антифрикційні та фрикційні, композитні, магнітні та немагнітні, теплопровідні та теплонепровідні, електропровідні та електронепровідні тощо). Фізико-механічні властивості матеріалів, виготовлених з порошків, наведені в довідковій та спеціальній літературі [24, 25, 39].

Як свідчить практика [25], техніко-економічна доцільність виготовлення заготованок із порошків зростає зі збільшенням серійності їх випуску. Порошкові заготованки забезпечують високий коефіцієнт використання матеріалу, що становить іноді 90...95%. До переваг цього способу виготовлення заготованок належать висока точність форми та розмірів заготованок, якість поверхні, можливість виготовлення композитних матеріалів, які не отримують іншими способами, матеріалів з великою різницею температури їх топлення, матеріалів зі заданими властивостями, порівняно нижчі потреби у кваліфікованій робочій силі та виробничих площах, придатність до автоматизації виробництва тощо.

Недоліками порошкової металургії є відносна обмеженість форм і розмірів виготовлюваних заготованок, а також порівняно висока вартість порошкових матеріалів.

Порошкові заготованки застосовують у серійному та масовому виробництві.

19.2. Технологічні процеси виготовлення заготованок

ТП виготовлення порошкових заготованок складається здебільшого з таких основних операцій: виготовлення порошків, приготування порошкових сумішей, формування, спікання, очищення та контроль якості заготованок.

Заготованки виготовляють з порошків різних матеріалів, отриманих механічними та хімічними методами з розмірами окремих частинок 0,5...500 мкм.

До механічних методів отримання порошків відносяться: розпорошування рідкого металу струменем води чи газу під тиском 50...100 МПа, розмелювання стружки та інших відходів металлооброблення у вихрових чи кульових млинах, роздрібнення твердих і крихких матеріалів (карбідів, оксидів, кераміки тощо) у вібраційних млинах.

Хімічні методи отримання порошків — це відновлення металів з оксидів чи солей вуглецем, воднем або природним газом та дисоціація карбонілів, які забезпечують високу чистоту порошків.

Механічними методами отримують порошки з металів, їхніх сплавів і неметалів, а хімічними виготовляють порошки тільки чистих металів. Приготування порошкових сумішей — це відпалювання, просіювання, змішування та введення наповнювачів. Відпалювання порошку сприяє відновленню оксидів, видаленню домішок, знімає наклепування, що поліпшує їх здатність до пресування. Відпалювання застосовують для порошків, отриманих механічними методами.

Порошки з розмірами понад 50 мкм розділяють за допомогою наборів сит, а дрібніші — повітряною сепарацією. До порошків часто додають різні наповнювачі, що полегшують процеси пресування, екструзування (витискування) та механічне оброблення заготованок.

Процес формування заготованок полягає в ущільненні порошкової суміші під дією тиску з метою отримання заготованки заданої форми та розмірів. Заготованки формують шляхом пресування, екструзування, штампування та прокатування.

Пресування звичайно виконують у холодних чи гарячих прес-формах під тиском 0,1...2 ГПа. Великі заготованки отримують гідростатичним пресуванням. Однобічне пресування здійснюють у матриці одним пуансоном, двобічне — двома пуансонами, що рухаються назустріч один одному. Двостороннє пресування забезпечує кращу однорідність заготованок, вищу міцність і щільність матеріалу, вимагає менших зусиль і дає змогу отримувати заготованки більших розмірів й складнішої форми.

Гаряче пресування об'єднує дві операції — формування та спікання заготованки. Цей процес відбувається в графітових прес-

формах з індукційним чи електроконтактним нагріванням. Внаслідок нагрівання робочий тиск значно менший. Гаряче пресування забезпечує вищу якість заготованок, однак відзначається меншою продуктивністю та швидшим зношуванням прес-форм. Гарячим пресуванням формують здебільшого заготованки з жаростійких і високолегованих сталей, твердих сплавів, туготопких металів тощо.

Гідростатичне пресування полягає в обтискуванні суміші порошків у спеціальних еластичних (наприклад, гумових) оболонках за допомогою рідини в гідростаті під високим тиском (до 2 ГПа). Цим методом отримують заготованки значної довжини (циліндри, поршні) з рівномірною щільністю.

Екструзуванням (витискуванням чи пресуванням матеріалу через отвір матриці) виготовляють прутки та труби різного перетину.

Прокатуванням порошкової шихти між валками формують стрічки, штаби, листи товщиною 0,02...3 мм і шириною до 300 мм з порошків заліза, нікелю, нержавіючої сталі, титану тощо.

Спінання виконують звичайно в електричних печах з нейтральним чи захисним середовищем протягом 30...90 хв при температурі, що дорівнює двом третинам температури топлення основного компонента.

Штампування порошкових заготованок здійснюють двома способами: пресуванням у спеціальних формах (штампах) з наступним спінанням чи без нього та штампуванням після попереднього пресування заготовки. Штампування здебільшого виконують на швидкісних пресах чи молотах у закритих, іноді відкритих штампах. Ця операція не вимагає заготівельних штампувальних рівчаків, тому стійкість цих штамів і продуктивність устаткування високі. Пористі заготовки деформуються меншими зусиллями, а значні зусилля виникають тільки в короткі проміжки часу в кінці процесу штампування.

Основним устаткуванням є кривошипні та гідравлічні преси зусиллям 0,01...10 МН і більше, резистивні, індукційні та вакуумні електропечі.

Для отримання заготованок високої точності спечені заготовки піддають *калібруванню* — додатковому пресуванню в сталевих прес-формах чи протискуванню прутка та дроту через отвір у матриці. Спечені заготовки за необхідністю обробляють термічно чи термохімічно, а шпиристі інколи просочують розтопленним металом.

19.3. Конструювання заготованок з порошкових матеріалів

Розробляючи конструкцію заготовки з порошкових матеріалів, враховують конструктивні вимоги, експлуатаційну якість матеріалу та вимоги щодо забезпечення технологічності цієї конструкції. Якщо конструктивно-експлуатаційні вимоги визначаються функціональним призначенням деталі, то технологічність її конструкції залежить від досягнення заданої якості деталі за умови техніко-економічної доцільності її виготовлення, включно з виготовленням заготовки. Оскільки заготовки з порошків практично не підлягають подальшому обробленню, то технологічність деталі чи готового виробу визначається їхньою технологічністю.

Основні вимоги забезпечення технологічності конструкції заготовки висувають до складності її форми, розмірів і використання матеріалів. Ускладнення форми заготовки та її значні розміри часто обмежують можливість досягнення рівномірної щільності матеріалу, вимагають складного та дорогого технологічного спорядження, створюють можливість жолоблення заготованок.

Для виготовлення складних заготованок використовують різні матриці, декілька пуансонів. Це вимагає відповідного ускладнення основного устаткування та спричиняє подорожчання заготованок.

Часто, особливо в умовах серійного та масового виробництва, для забезпечення технологічності чи техніко-економічної її доцільності, змінюють конструктивну форму, виконують заготованку складаною, деколи навіть змінюють конфігурацію інших деталей, які поєднуються з порошковою (рис. 19.1).

Особливу увагу в процесі конструювання заготованок з порошкових матеріалів приділяють спрощенню їх форм, забезпеченню рівномірної щільності матеріалу та усуненню можливості

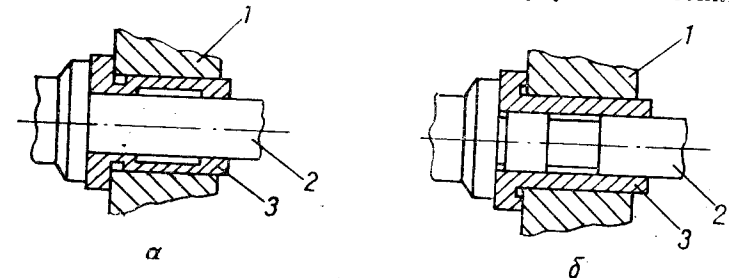


Рис. 19.1. Нетехнологічні (а) та технологічні (б) конструкції порошкових заготованок:
1 — корпус; 2 — вал; 3 — втулка з порошкового матеріалу.

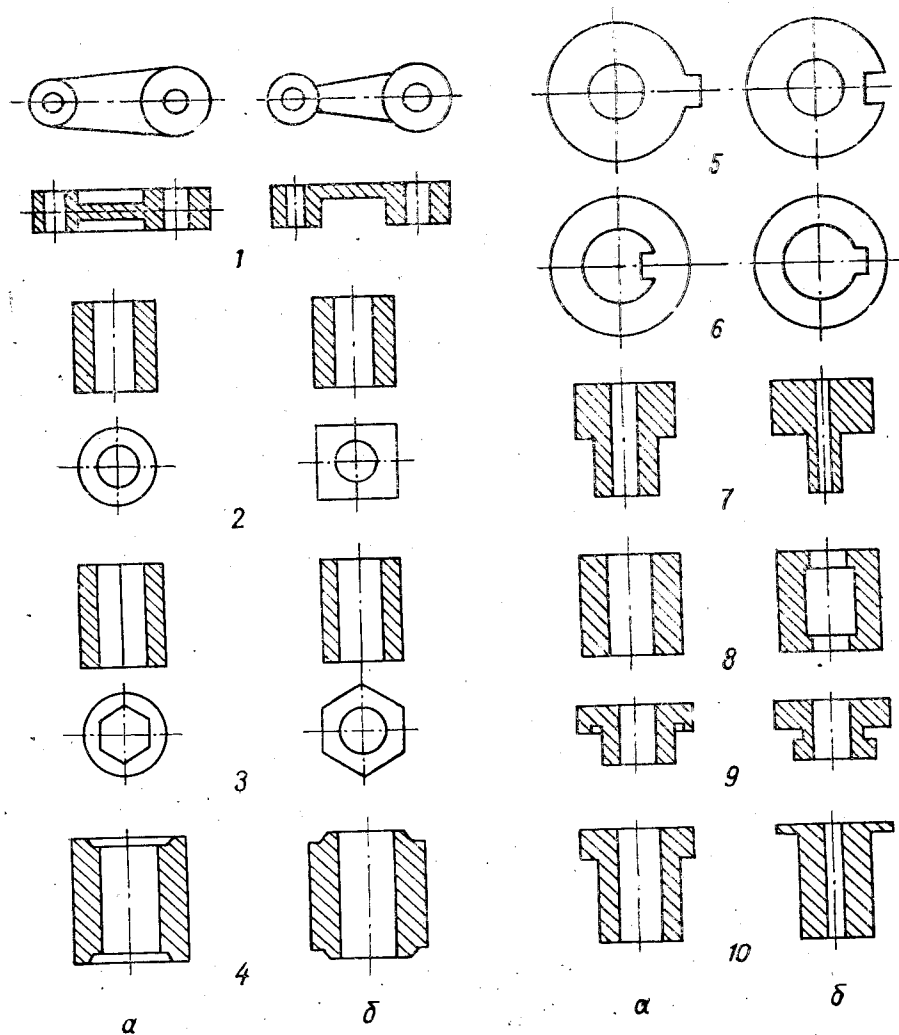


Рис. 19.2. Конструкції порошкових заготовок:
а — технологічні; б — нетехнологічні.

їх жолоблення під час спікання. Для цього зменшують різницю товщин стінок, кількість ребер, виступів, западин, отворів тощо (рис. 19.2). Товщину стінок, діаметри виконуваних отворів, радіуси заокруглень вибирають згідно з довідковою та спеціальною літературою [24] відповідно до форми, розмірів та матеріалу заготовки. Заокруглені кути сприяють пересуванню порошко-

вих матеріалів у порожнині прес-форми, зменшують її зношування та поліпшують міцність заготовки. Всі поверхні заготовок мають мати правильну та просту геометричну форму (площину, циліндр, конус), бути розташованими паралельно чи перпендикулярно одна до одної. Це дає змогу здешевити виготовлення прес-форм.

Для полегшення виймання заготовок з прес-форм усі поверхні, перпендикулярні до її площини рознімання, виконують з нахилами, значення яких залежать від розмірів поверхонь і матеріалів заготовок.

Для усунення можливості жолоблення велике значення має товщина стінок, симетричність форми, розміри поверхонь, наявність виступів, пазів тощо.

Точність розмірів і якість поверхонь заготовок залежать від точності розмірів та якості поверхонь прес-форми, матеріалу заготовки та режимів технологічного процесу її виготовлення. Значно впливають на якість заготовок здатність матеріалів до зміни розмірів у процесі пресування, спікання та експлуатації, дисперсність порошків, вміст твердих частинок, межі пружності матеріалів тощо.

Точність геометричної форми підвищує додаткове штампування (карбування) заготовок після їх спікання. Точність розмірів заготовок залежно від складності форми, розмірів і матеріалів заготовок, дібраного способу їх виготовлення може перебувати в межах 6...14 квалітетів, а шорсткість поверхонь 0,025...10 мкм за параметром Ra. Для розмірів поверхонь порошкових заготовок залежно від призначення поверхні встановлюють основні відхилення h, H чи j_s.

19.4. Оформлення робочих креслень і технічних вимог на виготовлення заготовок

Робочі креслення та документи на ТП виготовлення заготовок виконують відповідно до вимог стандартів ЄСКД і ЄСТД. На робочому кресленні має бути мінімальна та достатня кількість видів, проєкцій та перетинів заготовки, в яких визначена її конструкція, зображена форма, розміри, взаємне розташування поверхонь, їх шорсткість тощо. Всі технічні вимоги, що не можуть бути зображені графічно, записують текстом на полі робочого креслення чи (у разі їх значного обсягу) у технічних умовах, оформлених окремим документом. Технічні вимоги до різних заготовок можуть оформлятися як стандарти.

Матеріали, з яких виготовляють заготовки, у разі значного обсягу їх позначення, можуть бути вказані як на полі робочого креслення, так і в окремому документі (технічних вимогах, стандартах, інструкціях на виготовлення тощо).

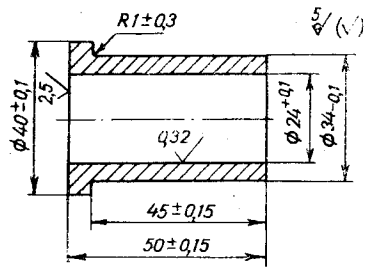


Рис. 19.3. Втулка, виготовлена пресуванням з титанового порошку.

Основними технічними вимогами, що записуються в робочі креслення для порошкових заготовок, є хімічний склад, умовне позначення та ТП виготовлення порошкової суміші; види, форма, розміри та кількість допустимих дефектів; режими термічного оброблення; технологічні нахили та радіуси заокруглень; способи та засоби контролю якості; місця взяття проб матеріалу для визначення його якості; місце маркування та його зміст.

Креслення втулки, виготовленої з титанового порошку, зображено на рис. 19.3.

Види, форми, комплектність і правила оформлення документів на технологічні процеси виготовлення заготовок методами порошкової металургії регламентовані ГОСТ 3.1412—87.

19.5. Застосування та порядок переведення деталей на заготовки з порошків

З порошків виготовляють деталі різного призначення. Це деталі, що працюють у вузлах тертя (втулки, кільця, вклади, накладки, шайби, підкладки), конструкційні (кронштейни, маточини, фланці, важелі, шатуни, поршні, гільзи), кінематичні (шківни, зубчасті колеса, зірочки, храповики, кулачки), спеціальні (магніти, фільтри, ізолятори, пластини різальних та вимірювальних інструментів) тощо. Заміна кованок і виливків на порошкові заготовки дає змогу значно підвищити довговічність деталей та знизити їх вартість. Наприклад, поршневі кільця з порошків удвічі дешевші та в 1,5 раза довговічніші за звичайні металеві. Визначаючи деталі, що їх можна виготовляти з порошків, аналізують можливість отримання необхідних експлуатаційних параметрів їх якості та технологічність їх конструкції щодо вимог порошкової металургії.

Заготовку добирають на основі техніко-економічного аналізу альтернативних варіантів з урахуванням заданих умов виробництва. Добираючи порошкову заготовку, спочатку вивчають конструктивні особливості та технічні вимоги, що ставляться до деталей. Особливу увагу приділяють деталям, що швидко зно-

шуються, відзначаються великою трудомісткістю, виготовляються з дорогих і дефіцитних матеріалів.

Відібравши деталі, які доцільно виготовляти з порошків, спочатку визначають необхідний для заготовки матеріал. Потім розробляють конструкцію деталі та заготовки з урахуванням можливостей спрощення її форми та зменшення маси.

У процесі розроблення конструкції заготовки визначають структуру ТП її виготовлення, спосіб розташування її у прес-формі, необхідність калібрування, термічного та механічного оброблень, належну потужність і тип основного технологічного устаткування.

За конструктивно-технологічною складністю порошкові заготовки поділяють на сім груп для кольорових металів і п'ять груп для чорних металів [24]. Для виготовлення порошкових заготовок розроблено та стандартизовано ряд технологічних процесів, більшість з яких знайшла широке застосування.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які переваги порівняно з виливками та кованками мають заготовки з порошків?
2. Перелічіть недоліки порошкових заготовок.
3. Які основні операції виконують у процесі виготовлення заготовок з порошків?
4. Які Ви знаєте способи отримання металевих порошків?
5. Що таке процес формування заготовок?
6. Поясніть зміст операцій пресування, екструдуювання, прокатування та штампування порошкових заготовок.
7. Яке термічне оброблення застосовується в ТП виготовлення порошкових заготовок?
8. Основні правила та рекомендації для забезпечення технологічності конструкції порошкових заготовок.
9. Від яких факторів залежить якість порошкових заготовок?
10. Основні правила виконання робочих креслень для порошкових заготовок.
11. Технічні вимоги до заготовок з порошків.
12. Наведіть приклади застосування порошкових заготовок.

ЗАГОТОВАНКИ З ПЛАСТМАС І ГУМИ

20.1. Загальна характеристика заготованок

Заготованки з пластмас і гуми значно розповсюджені завдяки своїм фізичним властивостям: їх можна виготовляти багатьма способами, вони відзначаються також доброю оброблюваністю та порівняно невисокою вартістю.

Пластмаси — це композиційні матеріали, що виготовляються на основі натуральних і синтетичних полімерів (смол) у суміші з наповнювачами (дерев'яною чи кварцовою мукою, графітом, азбестовим, паперовим, бавовняним і скляним волокном, тканинами, слюдою, дерев'яним шпоном), пластифікаторами (гліцерином, касторовою та парафіновою олією), стабілізаторами (сажею, фенолом), барвниками та мастилами. Для виготовлення шпаристих і пінуватих пластмас до сумішей додають газоутворювачі. Залежно від поведінки пластмас у процесі нагрівання їх поділяють на термопластичні та терморективні.

Термопластичні пластмаси (термопласти) під час кожного нагрівання переходять у в'язкоплинний стан, а в процесі охолодження тверднуть. До термопластів належать: полістирол, органічне скло, капрон, вініпласт, поліпропілен тощо.

Терморективні пластмаси (реактопласти) при нагріванні спочатку м'якнуть, а потім за визначеної температури переходять у твердий, нетопкий та нерозчинний стан і повторно не переробляються. До реактопластів відносяться пластмаси на основі поліефірних, фенолоформальдегідних та інших смол.

Гума — це продукт перероблення каучуків (натуральних і синтетичних) в суміші з вулканізаційними речовинами (сіркою, свинцем, бензолом, цинком, окислами магнію), наповнювачами (сажею, окислами кремнію та титану, крейдою, тальком, каоліном, тканинами), барвниками, пластифікаторами та речовинами, що сповільнюють старіння.

Гума відрізняється дуже високою еластичністю та пружністю, здатністю багаторазово вигинатися, поглинати вібрації, гідро- та газонепроникністю, стійкістю до дії палива та мастил тощо.

Перевагами пластмасових і гумових заготованок є значний коефіцієнт використання матеріалу, що становить 0,95...0,98;

висока стійкість до агресивних середовищ, добрі звуко-, електро- та теплоізоляційні властивості, широкий діапазон твердості, прозорості, малий коефіцієнт тертя, мала питома маса, добра оброблюваність різанням, придатність до виготовлення складних за формою заготованок, армування їх металевими вкладками тощо.

До недоліків заготованок, виготовлених з пластмас і гуми, відносяться невисока міцність, значна повзучість (особливо для термопластів), низькі тепло- та морозостійкість, теплопровідність, здатність до старіння внаслідок дії світла, тепла та води, обмеження в розмірах заготованок, що зумовлено розмірами прес-форм.

20.2. Технологічні процеси виготовлення заготованок

До основних способів перероблення пластмас у в'язкоплинному стані відносяться гаряче пресування, лиття під тиском і витискування.

Заготованки з рідких полімерів отримують контактним формуванням, вихровим напиленням, відцентровим і звичайним литтям.

Перероблення пластмас у вискоеластичному стані виконують пневматичним чи вакуумним формуванням і штампуванням.

Для виготовлення заготованок з пластмас у твердому стані застосовують розділювальне штампування, оброблення різанням, зварювання та склеювання.

Заготованки з гуми виготовляють здебільшого двома способами: формуванням з наступною вулканізацією гумової суміші та вирізуванням заготованок з гумових напівфабрикатів (листів, шнурів, стрічок, прогумованих тканин тощо). Для кожного із застосовуваних способів розроблені структура та режими ТП, які наведені в довідковій та спеціальній літературі [25, 31, 32]. Розглянемо перелічені способи виготовлення заготованок.

Гаряче пресування застосовують для виготовлення заготованок із терморективних пластмас з порошковими чи волокнистими наповнювачами. Вихідні матеріали таких пластмас мають вигляд гранул чи таблеток. Нагрівання прес-форми потрібне для переведення пластмаси у в'язкоплинний стан і подальшого її тверднення (полімеризації). Гаряче пресування може бути прямим і литтєвим.

Пряме пресування здійснюють у закритих підігріваних прес-формах на гідропресах (рис. 20.1, а). Пластмасовий матеріал засипають у матрицю та стискають пуансоном. Після пресування та тверднення прес-форма відкривається, а готова заготованка виймається за допомогою виштовхувача. Пресування виконують також у відкритих прес-формах.

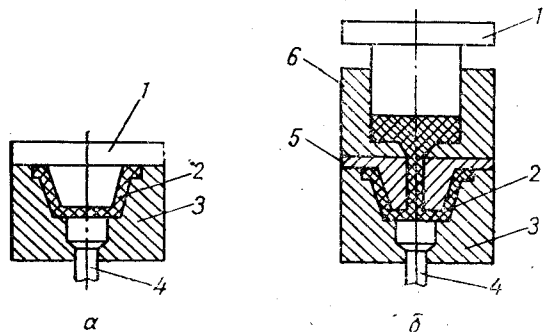


Рис. 20.1. Схема прямого (а) та литтєвого (б) пресування заготовок з пластмас:

1 — пуансон; 2 — заготовка; 3 — матриця; 4 — виштовхувач; 5 — додатковий пуансон; 6 — підігрівна камера.

У процесі *литтєвого пресування* (рис. 20.1, б) пластмасу засипають у завантажувальну камеру, з якої після нагрівання під тиском пуансона вона перетікає через проміжний пуансон у матрицю прес-форми. Після витримання та тверднення готова заготовка виймається з відкритої прес-форми виштовхувачем. Литтєве пресування дає змогу отримувати складні за формою заготовки, з глибокими отворами та різью, а також армовані металевими вкладками. Гаряче пресування виконують при температурі 140...190°C, тиску 50...70 МПа на кожний міліметр товщини стінки заготовки та витриманні 30...60 с.

Пресування листів і плит здійснюють на багаторусних гідравлічних пресах між плитами, що підігріваються паром. Вихідними є пакети листового матеріалу (паперу, тканини, шпону), просякненого фенолформальдегідною смолою. Так отримують гетинакс, текстоліт, азботекстоліт, дерев'яно-шаруватий пластик, що служать заготовками для виготовлення деталей за допомогою оброблення різанням.

Лиття під тиском виконують на спеціальних автоматичних литтєвих машинах і застосовують для виготовлення заготовок з термопластів (рис. 20.2). Принцип дії машини зрозумілий з наведеного рисунка. Лиття під тиском відрізняється високою продуктивністю. Процес виконують при температурі 150...300°C і тиску 10...250 МПа. Так отримують заготовки складної форми, різної товщини стінок, з глибокими отворами та різью, ребрами жорсткості, масою від кількох грамів до 1 кг, з точними розмірами (6...8 квалітетів точності) та чистими поверхнями (0,16...0,32 мкм за параметром Ra). Прес-форми роблять одно- та багатомісними.

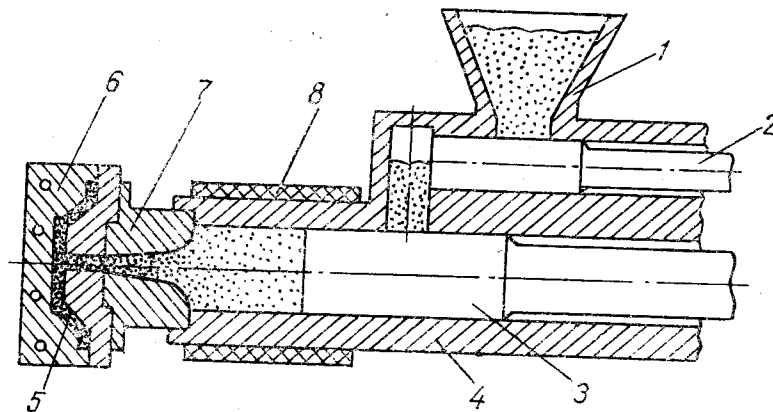


Рис. 20.2. Схема лиття пластмас під тиском:

1 — бункер; 2 — дозатор; 3 — поршень; 4 — циліндр; 5 — заготовка; 6 — форма; 7 — сопло; 8 — електронагрівач.

Витискування (екструзія) застосовують для виготовлення труб, прутків, профілів різного перетину, стрічок, плівок, нанесення ізоляції на дроти тощо. Процес здійснюють на спеціальних машинах — екструдерах (рис. 20.3). Матеріалом для виготовлення служить гранульований чи порошковий термопласт. Для формування листа та стрічки застосовують головки з проміжками, а листи та стрічки додатково пропускають через валки прасувального та витягувального пристрою й навивають у рулони. У процесі виготовлення плівки екструдована труба надувається стисненим повітрям у спеціальному рукаві. Після обтискання валками її навивають як подвійну плоску стрічку на ба-

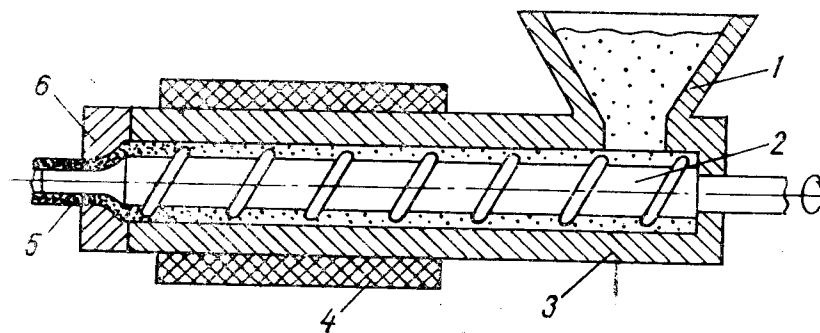


Рис. 20.3. Схема безперервного витискання пластмас:

1 — бункер; 2 — шнек; 3 — циліндр; 4 — електронагрівач; 5 — трубчаста заготовка; 6 — матриця.

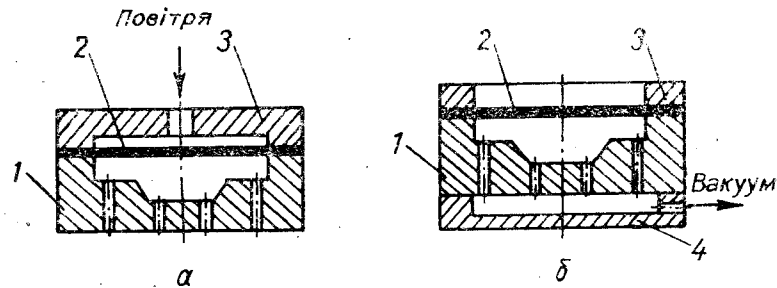


Рис. 20.4. Схема пневматичного (а) та вакуумного (б) формування заготовок з листових пластмас:

1 — матриця; 2 — вихідна заготовка; 3 — притискне кільце; 4 — кришка.

рабани. Ширина листів і плівок (подвійних) до 1,6 м, а мінімальна товщина плівки до 0,040 мм.

Пневматичне формування — це процес виготовлення значних за розмірами заготовок з листових термопластів (рис. 20.4). Листову вихідну заготовку нагрівають і притискають між матрицею та колектором, а потім у колектор подають стиснене повітря, що формує заготовку за формою та розмірами порожнини матриці. Так виготовляють порожнисті заготовки (баки, пляшки, корита, контейнери, кришки тощо).

Вакуумне формування виконують подібно до пневматичного за допомогою атмосферного тиску та розрідженого повітря в порожнині між заготовкою та поверхнею матриці. Цей спосіб застосовують для виготовлення простих за формою, невеликих за розмірами та неглибоких заготовок з листового матеріалу товщиною до 2 мм. Для виготовлення заготовок складної форми вдаються до комбінованого пневматично-вакуумного формування.

Штапування — це процес формування з нагрітих листових термопластів у формах-штампах (рис. 20.5) за допомогою матриці та пуансона. Штапування термопластів застосовують для виготовлення неглибоких заготовок типу прозорих шкелець для освітлювальних приладів, дашків тощо.

Пластмаси за своїми властивостями та поведінкою в процесі деформування часто суттєво відрізняються від металів. Це пояснюється їх анізотропією, неоднорідністю, шаруватістю та напруженістю. За відмінностями поведінки під навантаженням пластмаси умовно поділяють на крихкі та пластичні. До крихких належать такі шаруваті волокнисті пластики та анізотропні склопластики, як слюда, ебоніт, органічне скло, полістирол, текстоліт тощо.

До пластичних матеріалів відносять такі термопластики на основі паперу, як фібра, капрон, латероїд і матеріали на основі каучуку й гуми — електроніт, пароніт тощо.

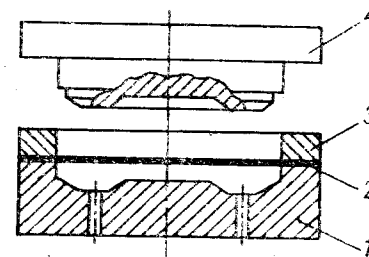


Рис. 20.5. Схема штапування заготовок з листових пластмас:

1 — матриця; 2 — вихідна заготовка; 3 — притискне кільце; 4 — пуансон.

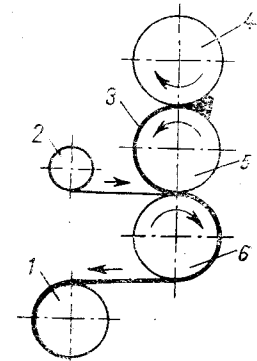


Рис. 20.6. Отримання прогумованої тканини каландруванням:

1 — приймальний барабан; 2 — барабан з тканиною; 3 — сира гумова суміш; 4, 5 — підігрівні валки; 6 — охолодний валок.

Крихкість і пластичність багатьох з них залежать від умов деформування, особливо від температури, швидкості деформування та часу перебування під навантаженням [38]. ТП штапування кожного з матеріалів вибирають з урахуванням його властивостей.

Контактне формування — це спосіб виготовлення заготовок з рідких полімерів, що тверднуть після додавання до них затвердників. Основою для таких полімерів є поліефірні та епоксидні смоли, що добре поєднуються зі скловолокном і склотканиною. Формування виконують за допомогою металевих, дерев'яних, гіпсових, цементних форм. На робочі поверхні форми спочатку наносять розділювальний шар (нітролак, полівініловий спирт), потім шар зв'язувального матеріалу (смоли). Після витримання на цей шар кладуть шар склотканини чи скловати та прасують гумовим валком. Цей процес повторюють кілька разів залежно від того, яку товщину стінки треба отримати. Після витримання (10...12 год) заготовка твердне, її можна виймати з форми. Так виготовляють різні за габаритами деталі — корпуси човнів, суден, автомобільні крила, кузови тощо.

Вихрове напилування — цей процес відрізняється від перелічених тим, що всі складові речовини подаються на поверхню форми у подрібненому чи рідкому стані за допомогою шланга чи пульверизатора та перемішуються частково на поверхні форми, а частково ще й у повітрі перед нею.

Намотуванням просмоленого скловолокна, склострічки чи склотканини на токарних чи спеціальних верстатах отримують трубчасті заготовки. Після зняття з верстатів їх обробляють термічно.

Відцентровим литтям скловолокнистого наповнювача, змішаного зі смолою в обертових формах, отримують порожнисті заготовки з товщиною стінки до 15 мм, діаметром до 1000 мм і довжиною до 3000 мм і більше. Термооброблення цих заготовок здебільшого виконують у формах.

Литтям без тиску отримують заготовки технологічного спорядження (матриці, пуансони, шаблони тощо) шляхом заливання смол у холодні чи гарячі форми залежно від температури твердження матеріалу.

Розділювальне штампування — процес, що складається з операцій вирубування, пробивання, обрізання та зачищення заготовок. Ці операції виконують на устаткуванні та за допомогою технологічного спорядження, що використовується для розділювального штампування металів.

Оброблення різанням здійснюють звичайно на верстатах для оброблення металів чи дерева. Пластмаси добре обробляються різанням. Однак через особливості фізико-механічних властивостей ставляться додаткові вимоги до режимів різання та конструкції інструментів [25, 31, 32].

Зварювання та склеювання пластмас застосовують звичайно в процесі виготовлення складних заготовок. Зварюють і склеюють пластмасові заготовки між собою, а також з іншими матеріалами. Для зварювання використовують теплоносій (нагрітий газ чи інструмент) і нагрівання ультразвуком, тертям, СВЧ тощо. Режими зварювання та склеювання наведені у довідковій та спеціальній літературі [24, 31, 32].

ТП виготовлення заготовок з гуми складаються з операцій приготування сирової гумової суміші, отримання з неї заготовок та їх вулканізації. Сирову гумову суміш готують шляхом подрібнення, нагрівання та вальцювання каучуку, перемішування його з наповнювачами, вулканізаційними речовинами та прискорювачами процесу вулканізації.

Заготовки з гуми отримують за допомогою операцій каландрування, витискування, пресування та лиття під тиском.

Каландруванням виготовляють листову гуму та прогумовану тканину на каландрувальних станах (рис. 20.6), що за своїми конструкціями подібні до листопркатних станів для металів. Верхній та середній валки каландра нагрівають до температури 50...90°С, а нижній охолоджують до 15°С.

Витискування виконують за допомогою нагрітого циліндра та матриці аналогічно процесові екструдкування пластмас (див. рис. 20.3).

Пресування здійснюють у підігріваних прес-формах з тиском 2...10 МПа. Пресуванням з сирової гуми чи прогумованої тканини виготовляють клинуваті ремені, манжети, муфти, діафрагми тощо.

Лиття під тиском гуми аналогічне литтю пластмас.

Вулканізація — це процес термічного оброблення під тиском заготовок із сирової гуми для отримання заданих фізико-механічних властивостей. Вулканізацію виконують в автоклавах і котлах при температурі 130...150°С і тиску 0,1...0,4 МПа.

20.3. Конструювання заготовок з пластмас і гуми

Під час конструювання заготовок з пластмас і гуми враховують технічні вимоги до їх конструктивних форм і експлуатаційних характеристик, фізико-механічні властивості матеріалів та особливості способів їх виготовлення.

Завдяки значному розмаїттю пластмас заготовки можуть виготовлятися різними способами, тому слід брати до уваги правила та рекомендації для забезпечення технологічності їх конструкцій. Здебільшого вони викладені у відповідних розділах для конструювання заготовок, виконаних аналогічно з металів і стопів (литтям, штампуванням, пресуванням, формуванням тощо) з урахуванням особливостей пластмас і гуми. Конструюючи гумові заготовки, враховують можливість значної еластичності та пружності гуми, що дає змогу спрощувати конструкції пресформ та штампів.

Значне місце в конструюванні заготовок займає їх армування металевими деталями (штифтами, втулками, контактами, шпелюстками, дротиками тощо), що зображено на рис. 20.7. Для закріплення арматури в заготовках застосовують фігурні виточування, накатування поверхонь, отвори, пази, загинання, розплющування тощо. Арматура не повинна розташовуватись близько до країв чи поверхонь заготовки, перетин арматури має бути значно меншим за перетин тіла заготовки тощо.

Армування пластмас дало змогу збільшити кількість різноманітних за формою та розмірами електроізоляційних деталей (колонки, розетки, вилки, штепселі, планки, плати, каркаси, котушки, корпуси, кришки тощо). Рідше застосовується армування гумових заготовок, найбільш розповсюджені ущільнювачі, муфти, демпфери, упори тощо. На рис. 20.8 зображені деякі конструкції ущільнювачів, що армовані штампованими з листових сталей кільцями та втулками. Такі ущільнювачі запобігають виходу мастильних рідин з внутрішніх порожнин через отвори для обертальних валів діаметром від 2 до 200 мм і більше.

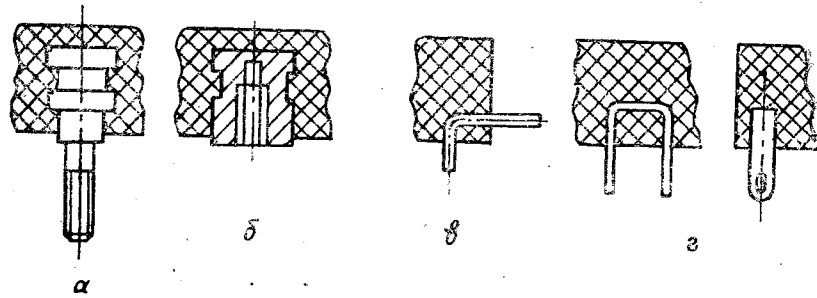


Рис. 20.7. Армування пластмасових заготовок: а — штирями; б — буксами; в — дротиками; г — пелюстками.

Значну увагу в процесі конструювання пластмасових та гумових заготовок приділяють добору марки матеріалу, беручи до уваги не тільки його фізико-механічні й технологічні властивості, а й шкідливість їх для здоров'я людей. Деякі матеріали в нормальних умовах не шкідливі для здоров'я людей, та при підвищених температурах у процесі їх виготовлення виділяють шкідливі випари. Більшість пластмас і гума горять при низьких температурах, що створює підвищену пожежонебезпеку.

Точність розмірів заготовок з пластмас і гуми залежить також від стабільності фізико-механічних характеристик використовуваних матеріалів, як під час виготовлення заготовок, так і під час їх експлуатації. Розміри заготовок, отриманих в одній частині прес-форми, залежно від властивостей матеріалу та якості прес-форми можуть перебувати в межах 6...15 квалітетів точності. Характеристики матеріалів, що суттєво впливають на якість виготовлених заготовок, наведені в довідковій та спеціальній літературі [31, 32].

Допуски та пасовання для гладких деталей з пластмас розмірами від 1 до 500 мм регламентовані державними стандартами. Порівняно з металами пластмаси та гуми змінюють розміри залежно від температури та часу.

Шорсткість поверхонь пластмасових і гумових заготовок залежить від марки матеріалу, режимів виготовлення та якості поверхонь форм, тому шорсткість поверхонь пластмасових і гумових заготовок може становити 0,125 мкм за параметром Ra.

Поверхні, точність яких у процесі виготовлення заготовки забезпечити неможливо чи нецільно, обробляють різальними інструментами, для чого у конструкціях заготовок передбачають відповідні припуски на механічне оброблення. Параметри шорсткості механічно оброблених поверхонь значно нижчі і можуть становити 5...10 мкм.

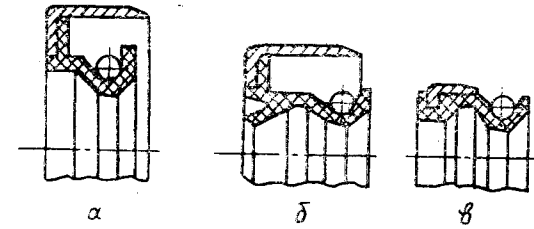


Рис. 20.8. Конструкції армованих гумових ущільнювачів для великих (а), середніх (б) і малих (в) розмірів.

Наведемо загальні рекомендації для конструювання заготовок з пластмас і гуми:

1. Щоб усунути можливість жолоблення заготовок, потрібно забезпечити рівномірність товщини стінок та мінімізацію їх товщини.
2. У заготовках, що виготовляються пресуванням і литтям, слід передбачати галтелі радіусами від 0,5 до 4 мм.
3. З метою зменшення маси заготовок у їх конструкціях передбачають коробчасті форми, ребра, виїмки, западини, отвори тощо.
4. Доцільно спрощувати форму заготовок, уникати складних геометричних поверхонь, гострих кутів, бічних виступів і западин, передбачати технологічні нахили, плавні потовщення стінок тощо.
5. Слід керуватися рекомендаціями довідкової літератури щодо встановлення для кожного зі способів виготовлення та матеріалів мінімальних розмірів товщин стінок, діаметрів отворів, різей тощо.
6. Металеву арматуру в заготовках розташовують рівномірно до її перетини та паралельно до напрямку пресування.
7. Опорні поверхні виконують як невеликі за розмірами виступи, бурти, бобульки тощо.
8. Щоб спростити виготовлення прес-форм, написи та рисунки на поверхнях заготовок роблять випуклими.

20.4. Оформлення робочих креслень на пластмасові та гумові заготовки

Робочі креслення виконують згідно з вимогами стандартів ЄСКД. На кресленні слід зобразити мінімальну та достатню кількість видів, проєкцій та перетинів заготовки, в яких визначено її форму, розміри, взаємне розташування поверхонь, їх

шорсткість тощо. Всі технічні вимоги, що не можуть бути зображені графічно, записують на полі робочого креслення текстом. За значного обсягу їх записують у технічних умовах, оформлених окремим документом. Технічні вимоги, що ставляться до різних заготовок, можуть оформлятися як стандарти. Для заготовок, армованих металевими вкладами, робоче креслення виконують за вимогами виконання складальних креслень. У них подаються специфікація деталей, якими армується заготовка, та технічні вимоги для виготовлення пластмасової заготовки (форма, розміри, шорсткість поверхонь, покриття тощо).

Точність форми, розмірів і якість поверхонь пластмасових і гумових заготовок здебільшого визначаються інструментом (формами, штампами), за допомогою яких вони виготовляються. Тому у кресленнях заготовок часто вказують вимоги до якості поверхонь і точності розмірів інструментів, а не заготовок.

До основних технічних вимог, перелічених у кресленнях заготовок, відносяться: хімічний склад, стан постачання, умовне позначення та ТП виготовлення сирової суміші; види, форма, розміри та кількість припустимих дефектів заготовок і способи їх усунення; технологічні нахили та радіуси заокруглень; види та режими термічного оброблення; способи та засоби контролю якості заготовок; місце маркування та його зміст.

20.5. Застосування заготовок з пластмас і гуми

Пластмасові та гумові заготовки широко застосовують у промисловості. Особливо велика літома вага цих заготовок у транспортному, хімічному та електронному машинобудуванні, побутовій та декоративній техніці, приладобудуванні та обчислювальній техніці тощо.

З пластмас і гуми виготовляють конструктивні деталі машин і механізмів (кронштейни, корпуси, важелі, кришки, фланці, щитки, облицювальні деталі, ручки, гачки, фіксатори тощо), деталі кінематичних механізмів (храповики, собачки, зірочки, шківни, зубчасті колеса, рейки та сектори, тяги, кривошпини, шатуни, привідні ремені, лопаті вентиляторів), теплоізоляційні та електроізоляційні деталі (колотки, прокладки, кришки, вклади, втулки, шайби), деталі гідро- та пневмосистем (трубопроводи, корпуси та ротори кранів, кришки, муфти, коліна, гайки, сифони, корпуси та кришки редукторів і лічильників, пляшки, каністри, баки, олійниці тощо), деталі для ущільнень (ущільнювачі, прокладки, манжети, діафрагми тощо), деталі для транспортних машин (покришки, камери, шини, вентилі, рукави, шланги) транс-

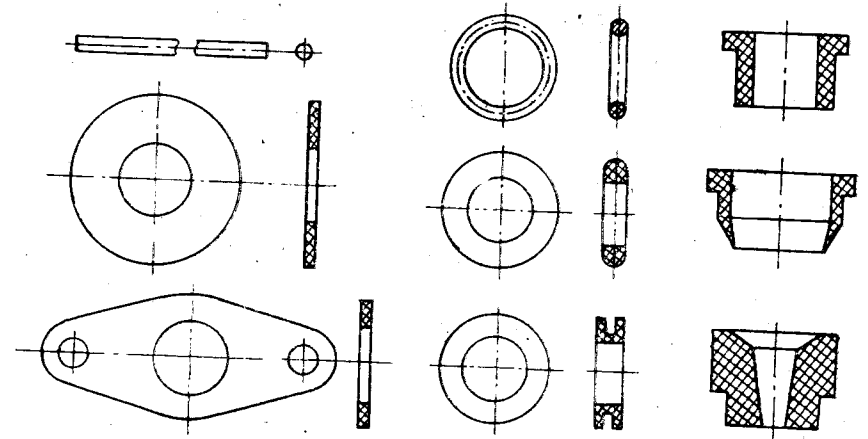


Рис. 20.9. Конфігурація гумових заготовок.

портні стрічки, вальниці, втулки, керма, рукояті, крила, бампери, щитки приладів), деталі для будівельних конструкцій тощо.

Серед пластмасових матеріалів, що широко застосовуються у машинобудуванні та побуті, — удароміцний полістирол, поліетилен низького тиску, блочний поліамід, пресматеріал АГ-4, гума суміш № 38, фторопласт-4 тощо.

З удароміцного полістиролу виготовляють деталі для холодильників, соковарок, кухонних комбайнів, радіо- та електроприладів, іншої побутової апаратури тощо. З поліетилену низького тиску та блочного поліаміду роблять штуцери, наконечники, напорні труби, з'єднувальні деталі, бутлі, каністри та інші деталі для машин та приладів. З преспорошків формують деталі для електро- та радіотехніки, вимірювальних і комутаційних приладів, ЕОМ тощо.

З гуми виготовляють прокладки, втулки, наконечники, діафрагми, ущільнювачі, манжети, клапани, заглушувачі, труби, роликки, патрубки, амортизатори, шнури, покришки та камери для колісного транспорту, деталі побутового призначення тощо. На рис. 20.9 зображені деякі деталі, виготовлені з гуми.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке пластмаса?
2. Що таке гума?
3. Переваги пластмасових і гумових заготовок.
4. Недоліки пластмасових і гумових заготовок.
5. Які Ви знаєте ТП виготовлення заготовок з пластмас і гуми?

6. Які заготовки виготовляють пресуванням та з яких матеріалів?
7. Опишіть процес лиття під тиском.
8. Що таке пневматичне та вакуумне формування?
9. Штампування пластмасових і гумових заготовок.
10. Що таке вихрове напилювання?
11. Зварювання та склеювання пластмасових і гумових заготовок.
12. Що таке каландрування?
13. Що таке вулканізація?
14. Особливості конструювання заготовок з пластмас і гуми.
15. Технічні вимоги до пластмасових і гумових заготовок.
16. Приклади застосування пластмасових і гумових заготовок.

СКЛАДАНІ ЗАГОТОВАНКИ

21.1. Класифікація та використання складаних заготовок

До складаних належать заготовки, що складаються з двох і більше частин, з'єднаних між собою зварюванням, лютуванням, склеюванням, запресовуванням, згвинчуванням, заклепуванням, обтискуванням, розбортовуванням тощо. Із складаних заготовок сьогодні виготовляють кузови, корпуси, каркаси, рами, шасі, лонжерони, кронштейни, диски коліс, панелі автомобілів, автобусів і тракторів; відповідальні деталі машин, верстатів, станів та іншого машинобудівного устаткування; ферми, опори, риштування, будівельні конструкції тощо. Складані заготовки здебільшого застосовують у випадках, коли виготовлення суцільної заготовки в заданих умовах неможливе чи недоцільне або до якості окремих частин заготовки ставляться різні вимоги. Виготовлення складаної заготовки дає змогу збільшити серійність виробництва, отримати економію матеріалів чи енергії, підвищити продуктивність праці.

Складані заготовки класифікують за технологічними процесами з'єднання їх частин (зварювані, склеювані, згвинчувані, злютовані тощо), за способом отримання складових частин (ковано-ковані, прокатно-ковані, прокатно-литі, ковано-литі тощо), за матеріалом складових частин заготовок (сталеві, чавунні, бронзові тощо), за функціональним призначенням (кузови, шасі, ферми, каркаси, резервуари тощо).

Ті чи інші складані заготовки отримали розповсюдження в машинобудуванні в міру виникнення потреби в них та розроблення технологічних процесів їх виготовлення. До ТП виготовлення складаних заготовок відносяться як ТП формування їх складових частин, так і ТП з'єднання їх між собою та виготовлення з'єднувальних елементів (клеї, зварювальні електроди, люті, заклепки тощо).

На сучасному етапі розвитку машинобудування широко застосовують заготовки зварювані, згвинчувані, склеювані та такі, окремі частини яких з'єднують за допомогою технологічних операцій холодного штампування (обтискання, розбортовування, загинання тощо).

ТП зварювання та згвинчування у машинобудуванні стали основними для побудови та складання заготовок, вузлів, агрегатів, механізмів і машин.

ТП склепування та зварювання широко застосовують у авіабудуванні, виготовленні мостових, будівельних конструкцій та резервуарів для рідин і газів. ТП холодного штампування розповсюджені в авто- та тракторобудуванні, в легкій та харчовій промисловості, а ТП склеювання — в легкій та паперовій промисловості.

Процес зварювання заготовок незамінний для виготовлення великих валків прокатних станів зі зносостійким нагрітим поверхневим шаром, відповідальних деталей землерийних, буровальних, дорожніх, дробильних, розмелювальних машин, ковально-пресового устаткування тощо.

21.2. Зварювані заготовки. Загальні положення

Зварювані заготовки широко розповсюджені у машинобудуванні, що пояснюється значними перевагами зварювання порівняно з іншими способами з'єднання заготовок. Економія матеріалів, зниження вартості виробів, висока продуктивність устаткування та якість виробів — далеко не всі переваги, які забезпечує використання зварювання у машинобудівному виробництві. Застосування зварюваних заготовок дає змогу спростити конструкцію вихідних заготовок, зменшити товщину стінок і масу заготовок, використовувати різні профілі сортового та спеціального прокату.

Порівняно з виливками та кованками зварювані заготовки сприяють економії металів (40...60%), економії капітальних витрат виробництва, зменшують трудомісткість виготовлення та вартість заготовок, скорочують терміни їх виготовлення.

Сьогодні практично всі метали та їх сплави, багато неметалевих матеріалів успішно зварюються. За допомогою зварювання отримують надійні та якісні з'єднання як однорідних, так і різнорідних матеріалів, а також з'єднання металів з неметалами.

Зварювані заготовки успішно застосовують у всіх типах виробництва від одиничного до масового. Перехід до виробництва складаних, а надто зварюваних заготовок, дає змогу підвищити рівень уніфікації та технологічності їх конструкцій, якості, продуктивності праці та знизити вартість і матеріаломісткість машин.

Зварюванням виготовляють заготовки, які неможливо виготовити іншими способами. До таких належать великогабаритні резервуари, цистерни та трубопроводи; фермові та мостові конст-

рукції для будівельних машин, електричних опор, рам і підвищувачів транспортних засобів; корпуси й каркаси для літако-, судно- та ракетобудування; заготовки великогабаритних деталей для важкого машинобудування тощо.

Значний економічний ефект дають зварювані заготовки за рахунок використання для невідповідальних їх частин недефіцитних і дешевих матеріалів, заміни металів неметалами тощо.

До недоліків зварюваних заготовок можна віднести наявність у них внутрішніх напружень, що часто зумовлюють їх жодження, втрату точності форми та розмірів поверхонь; складні за формою заготовки порівняно з виливками мають більшу трудомісткість виготовлення та нижчу продуктивність праці; не всі матеріали відзначаються достатньою зварюваністю.

Під зварюваністю розуміють здатність матеріалів у результаті зварювання створювати надійне їх з'єднання. Зварюваність залежить від властивостей з'єднуваних матеріалів, а також від способу та режимів ТП зварювання. Добра зварюваність забезпечує з'єднання матеріалів, що є рівномірним з ними, не викликає тріщин і погіршення їх властивостей.

Дані про зварюваність окремих матеріалів наводяться в спеціальній літературі, можуть бути результатом виконання дослідницько-експериментальних робіт.

Технологічність зварюваних заготовок забезпечується раціональним добром матеріалів їх складових частин, способів їх отримання, конструкцією зварюваних елементів і режимом ТП зварювання. Добираючи матеріали для складових частин зварюваної заготовки, враховують крім їх експлуатаційних властивостей ще й їх зварюваність.

21.3. ТП виготовлення зварюваних заготовок та основне устаткування

Структура ТП виготовлення зварюваних заготовок складається з ТП виготовлення їх складових частин, ТП зварювання та термічного оброблення.

Термічне оброблення зварюваних заготовок здебільшого виконують з метою поліпшення властивостей металу шва та пришовної зони, а також для усунення внутрішніх напружень після зварювання. Режими термічного оброблення визначаються хімічним складом і фізико-механічними властивостями матеріалу, встановлюються на основі дослідно-експериментальних робіт і наведені в спеціальній та довідковій літературі. Термічне оброблення сталевих заготовок здійснюють здебільшого їх відпусканням.

Зварювання матеріалів полягає у з'єднанні окремих частин заготовки за рахунок міжмолекулярних і міжатомних сил зчеплення, що виникають як результат нагрівання зварюваних матеріалів до рідкого чи пластичного стану та прикладання механічного зусилля стискування.

Зварювання класифікують за станом металу в процесі зварювання (розтопленням і тисненням) та за видом використовуваної енергії (електричне, хімічне, променеве та механічне). Електричне зварювання за використовуваним способом поділяють на дугове, контактне, електрошлакове, індукційне, плазмове тощо. Хімічне зварювання — газове та термічне, а механічне — ковальське, тисненням, вибухом, тертям та ультразвуком.

Промислові зварювання поділяють на електронне, лазерне, геліє та сонячне. Суть ТП зварювання, його застосування, режими зварювання та техніка виконання зварних швів наведені в спеціальній літературі [14, 25, 31, 32].

Найбільше розповсюджені в машинобудуванні для виготовлення заготовок зварювання електродугове, електроконтактне, електрошлакове, електроннопроменеве, газове, дифузійне та зварювання тертям.

Дугове зварювання (ручне та автоматичне) дає змогу зварювати заготовки під шаром флюсу, в середовищі захисних газів (аргону, гелію, вуглекислого газу) чи самозахисним зварювальним дротом. Ручним зварюванням зварюють заготовки товщиною 4...8 мм, автоматичним — до 14 мм. Продуктивність автоматичного зварювання у 6—8 разів більша від ручного.

Для виконання дугового зварювання використовують сталі та змінний струми. Для зварювання сталим струмом основним устаткуванням є зварювальні генератори з двигунами та випрямлячі, а для зварювання змінним струмом — зварювальні трансформатори. Усі зварювальні машини обладнані регуляторами струму. Режими зварювання залежать від діаметра електрода, значення зварювального струму та довжини дуги. Для виконання автоматичного зварювання застосовують зварювальні трактори, напівавтомати та автомати. Зварювання виконують розтопними і нерозтопними електродами. У разі зварювання нерозтопними електродами дуга горить між електродом (вуглецевим чи вольфрамовим) і зварюваними матеріалами, а в зону полум'я дуги подається розтопний пруток, виготовлений з матеріалу близького за хімічним складом до зварюваного.

Для ручного зварювання застосовують електроди з тонким чи товстим покриттям, для автоматичного — дріт без покриття. Розтопні електроди залежно від їх призначення виготовляють з різних матеріалів: сталі, чавуну, міді, латуні, бронзи, алюмінію та твердих сплавів. Для зварювання вуглецевої сталі застосовують електроди діаметром 1,6...12 мм та довжиною 350...450 мм

з м'якої сталі, що містить 0,08...0,12% вуглецю. Вміст фосфору та сірки допускається менше ніж 0,04%. Для зварювання легованої сталі виготовляють електроди з низьколегованого сталевого дроту, що містить до 0,22% вуглецю.

Електроди за марками матеріалів поділяють на три групи: вуглецеві (Св. 08; Св. 10ГС), леговані (Св. 18ХМ9; Св. 10Х5М; Св. 20ХГС) та високолеговані (Св. 07Х18Н9Т; Св. 07Х25Н20). Діаметр електрода вибирають залежно від товщини зварюваного металу та типу зварного шва. Наприклад, для ручного зварювання листових матеріалів товщиною 0,5...1 мм беруть електроди діаметром 1,5 мм, товщиною 1...2 мм — діаметром електрода 2...2,5 мм, товщиною 2,5...5 мм — діаметром електрода 2,5...4 мм, товщиною 4...10 мм — діаметром електрода 4...6 мм.

Значення зварювального струму залежить від товщини зварюваного матеріалу, швидкості зварювання, розташування шва у просторі, товщини та виду покриття електрода, його діаметра. Наближено значення зварювального струму визначають за формулою

$$I_{зв} = K_{зв} d_e, \quad (21.1)$$

де $I_{зв}$ — зварювальний струм, А; $K_{зв}$ — коефіцієнт, що враховує вплив різних факторів і перебуває в межах 40...60; d_e — діаметр електрода, мм.

На якість шва суттєво впливає довжина дуги; чим коротша дуга, тим вища якість шва. Довжину дуги часто знаходять за формулою

$$l_d = 0,5 (d_e + 2), \quad (21.2)$$

де l_d — довжина дуги, мм.

Для створення середовища захисних газів в зону зварювання спеціальним соплом подають захисний газ (наприклад, аргон). Аргонно-дуговим зварюванням з'єднують вироби з вуглецевої та легованої сталей, стопи алюмінію, магнію та титану. Швидкість процесу зварювання зварювальними автоматами становить 20 мм/с.

Електричне контактне зварювання — один з високопродуктивних способів зварювання. Воно легко механізується та автоматизується. Його особливістю є використання короткочасних імпульсів зварювального струму великої сили. Такий режим зварювання підвищує продуктивність праці, сприяє економії електроенергії, зменшує можливість окислення заготовок, зону термічного впливу, дає змогу керувати процесом тепловиділення та тепловідведення.

Машина для контактного зварювання складається зі знизувального трансформатора, механізмів закріплення заготовок,

створення необхідних зусиль стискання та переміщення заготовок і пульта керування. Розрізняють зварювання стикове, точкове, шовне та імпульсне. Застосовують зварювання опором, для якого місця стиків зачищають, стискають зварювані поверхні та подають струм, а також зварювання з місцевим розтопленням, для якого не потрібно зачищати зварювані поверхні. Цей спосіб разом з попереднім нагріванням заготовок застосовують для зварювання сталей, що схильні до загартування (інструментальні сталі).

Кольорові метали та їх стопи з'єднують за допомогою зварювання з опором.

Точкове зварювання буває одно- та двобічне, одно- та багатоточкове. Машина для багатоточкового зварювання одночасно зварюють до 50 точок, дають змогу розташовувати точки зварювання за довільним рельєфом заготовки та регулювати як значення струму, так і силу стискання.

Щовне зварювання забезпечує герметичність безперервних швів, швидкість зварювання становить 10...60 мм/с.

Імпульсне (конденсаторне) зварювання дає змогу з'єднувати заготовки з різною масою та товщиною, відрізняється значною економією енергії.

Стиковим зварюванням з'єднують сталевий, алюмінієвий та титановий прокат з перерізом до 10000 мм², точковим і шовним — листові заготовки, швелери, кутки, прутки однакової та різної товщини від 0,01 до 30 мм.

Електрошлаковим зварюванням з'єднують товстостінні та масивні конструкції (вали прокатних станів, двигунів внутрішнього згоряння). Цей спосіб дає змогу зварювати заготовки практично будь-якої товщини. Вертикальне розташування шва полегшує вихід газів і частинок шлаку на поверхню, що забезпечує високу якість шва. Зварювання виконують без додаткового механічного оброблення зварюваних елементів, витрати електричної енергії удвічі менші, ніж для зварювання під шаром флюсу, менші витрати й самого флюсу.

Електронно-променевим зварюванням виконують зварні з'єднання на готових деталях без суттєвих деформувань, для заготовок з тугоплавких металів (молібдену, танталу, вольфраму тощо) та хімічноактивних металів (цирконію, берилію тощо), що сильно реагують з киснем, азотом і окислами вуглецю.

Газове зварювання забезпечує більш рівномірне нагрівання місць зварювання, ніж дугове, тому його застосовують для виготовлення тонкостінних заготовок з маловуглецевих і низьколегованих сталей, кольорових металів та їх стопів, виправлення дефектів чавунних і сталевих виливків. Для спалювання придатні ацетилен, природний газ, водень, пара бензину та нафти.

Основним устаткуванням є газові балони та генератори, ре-

дуктори та пальники. Як присаджувальний матеріал використовують дрот і прутки з матеріалів, хімічний склад яких близький до складу зварюваних матеріалів. Широко застосовують захисні флюси. Діаметр присаджувального дроту вибирають залежно від товщини зварюваного матеріалу за формулою

$$d_d = 0,5s + 1, \quad (21.3)$$

де d_d — діаметр присаджувального дроту, мм; s — товщина зварюваного матеріалу, мм.

Дифузійним зварюванням з'єднують різні матеріали, а також тугоплавкі метали та неметалеві матеріали з металами, зварюють заготовки різної товщини та маси. Процес дифузійного зварювання виконують у вакуумних камерах. Нагрівають заготовки струмами високої частоти. Якість зварних швів дуже висока.

Тертьове зварювання порівняно з контактним дає змогу в 2—4 рази зменшити припуски, значно зекономити дефіцитні матеріали. Застосовують його для виготовлення різальних і контрольних-вимірних інструментів, технологічного спорядження тощо.

Значне розмаїття способів зварювання заготовок вимагає техніко-економічного обґрунтування їх добору.

21.4. Технологічність конструкцій зварюваних заготовок

Технологічність зварюваних заготовок забезпечується технологічністю конструкцій складових частин заготовок та ефективністю процесу їх зварювання. Технологічність конструкцій складових частин (прокат, виливки, ковани тощо) розглянуто у відповідних главах. Частина заготовки завжди технологічна від цілої заготовки.

Технологічність процесу зварювання залежить від зварюваності матеріалів, конструкції зварюваних елементів, способу зварювання, виду зварного шва та режимів ТП.

Матеріали складових частин заготовки вибирають залежно від експлуатаційних вимог до готової деталі та технологічних вимог щодо їх зварюваності. Ці вимоги часто не узгоджуються між собою. Для поліпшення зварюваності застосовують термічне оброблення як складових частин заготовки до зварювання так і звареної заготовки. Це поліпшує якість матеріалу зварного шва та пришовної зони.

Зварюваність матеріалів залежить від їхнього хімічного складу та фізичних властивостей. Добре зварюються вуглецеві

конструкційні сталі, що мають у своєму складі менше ніж 0,25% вуглецю, задовільно — сталі зі вмістом вуглецю до 0,55%. Сталі зі вмістом вуглецю понад 0,35% для достатньої зварюваності потребують додаткового термічного оброблення. В процесі зварювання легованих сталей вигоряють легувальні елементи. Тому рекомендується зварювати їх у середовищі захисних газів під спеціальними флюсами та виконувати додаткове їх термічне оброблення після зварювання. Чавун, що зварюється погано через значний вміст вуглецю та низьку пластичність, зварюють з попереднім підігріванням чи без нього дуговим зварюванням з використанням спеціальних покриттів для зварювальних стержнів (чавунних, сталевих і мідних).

Зварюваність алюмінію, магнію та їх сплавів поліпшують за допомогою спеціальних електродів і флюсів, додаткового оброблення місць зварювання, попереднього підігрівання та збільшення електричного зварювального струму.

Титан та його сплави добре зварюються в процесі аргонно-дугового та електрошлакового зварювання з використанням спеціальних флюсів.

Електроконтактне зварювання вимагає додаткового очищення зварюваних поверхонь. Мідь та її сплави для зварювання вимагають більшої кількості тепла, вищих швидкостей зварювання та спеціальних флюсів.

ТП зварювання повинен забезпечити мінімальні внутрішні напруження та спотворення форми заготовок. Для цього розроблені рекомендації щодо попереднього підігрівання заготовок, використання двобічних та симетричних швів, узгодження розмірів зварного шва та елементів конструкції, добору значення зварювального струму, ділення великих швів на частини та визначення раціонального порядку їх виконання, попереднього деформування зварюваних частин заготовки, використання спеціальних пристроїв, забезпечення надійної фіксації взаємного розташування та закріплення складових частин заготовки тощо. Рекомендації щодо забезпечення технологічності заготовок для кожного із способів зварювання подані в спеціальній та довідковій літературі [14, 25, 36].

Кількісну та якісну оцінку технологічності конструкцій зварюваних заготовок здійснюють за показниками, наведеними у третій главі. Конструкцію зварюваної заготовки добирають на основі техніко-економічного обґрунтування можливих альтернативних варіантів.

21.5. Конструювання зварюваних заготовок

Конструювання зварюваних заготовок виконують на основі аналізу креслення та технічних вимог до готової деталі. Спочатку оцінюють можливість виконання заготовки зварюванням, добирають спосіб зварювання та вид зварного шва, потім розробляють конструкції складових частин і зварюваної заготовки.

У процесі конструювання розробляють елементи конструкції зварного шва, що мають відповідати вимогам дібраного способу зварювання, добирають матеріали вихідних заготовок.

Особливу увагу приділяють конструкції та розмірам стикових елементів, що значною мірою впливають на якість та ефективність зварюваної заготовки.

Спосіб зварювання та вид зварного шва добирають залежно від матеріалів складових частин заготовки, їх конфігурації та розмірів, зварюваності матеріалів, експлуатаційних вимог до якості заготовки (міцності, точності форми та розмірів, герметичності, якості поверхонь, стану поверхневих шарів тощо) та необхідної продуктивності праці.

Рекомендації щодо застосування різних способів зварювання з огляду на вказані вимоги наведені в спеціальній та довідковій літературі [14, 25, 31, 32, 36]. Наприклад, для виконання довгих зварних швів придатне дугове зварювання, товстостінні елементи з'єднують електрошлаковим, а листові та стрічкові заготовки — контактним зварюванням. Кольорові стопи та леговані сталі зварюють, захищаючи зону зварювання від окислювання дуговим, електронно-променевим чи дифузійним зварюванням. Рекомендованими видами з'єднань для дугового зварювання є стикові, кутові, таврові, внапусток (рис. 21.1). Зварні з'єднання, залежно від товщини зварюваних матеріалів, виконують без скосів країв (С2, С4, У4, Т1), з однобічним (С15, У6, Т6), двобічним (С21, У9, Т9), симетричним чи несиметричним скосом країв. Криволінійну форму скосів приймають для значних товщин зварюваних заготовок. Товщину зварюваних елементів визначають з умови рівної міцності основних перетинів заготовки та зварного шва.

У процесі конструювання зварюваної заготовки зварні шви та пришовна зона повинні забезпечити задану якість заготовки; кількість зварюваних з'єднань та їх довжина мають бути мінімальними; конструкція та взаємне розташування з'єднаних елементів повинні забезпечувати вільний доступ зварювального інструмента в зону зварювання; з'єднані елементи мають бути рівностінними, симетричними та з плавними переходами геометричних форм конструкції (рис. 21.2); конфігурація зварюваних країв має забезпечувати якісне проварювання шва на всю товщину; зварювані частини заготовки мають забезпечувати надійну їх відносну фіксацію в процесі зварювання; кількість швів

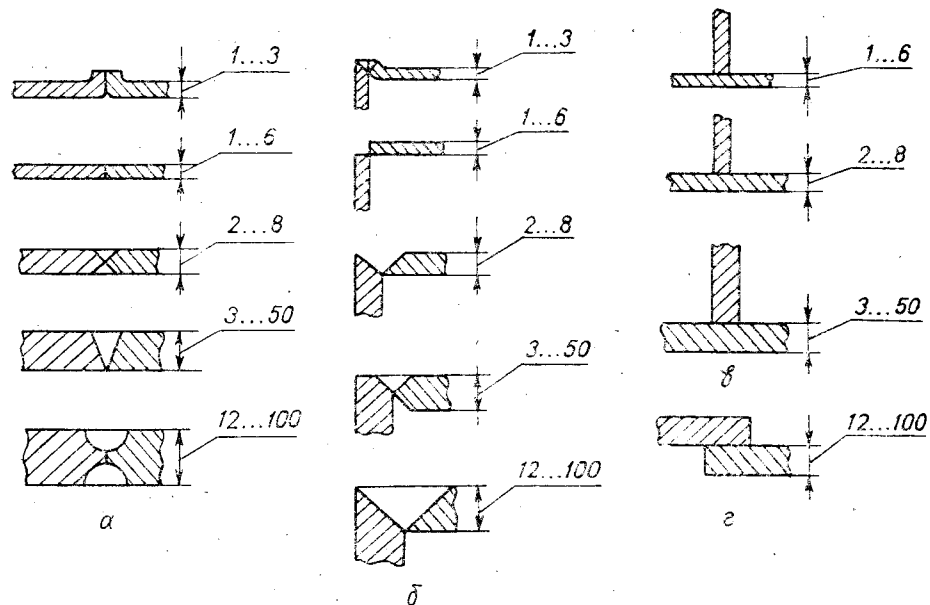


Рис. 21.1. Основні види зварюваних з'єднань:
 а — стикові; б — кутові; в — таврові; г — внапалусток.

і нагрітого металу мають відповідати товщині зварюваних елементів, що забезпечує відсутність внутрішніх напружень та зумовлених ними спотворень форми заготовок.

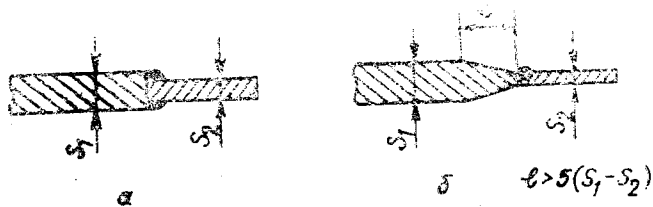


Рис. 21.2. Зварювання заготовок різної товщини:
 а — для $S_1/S_2 \leq 3$; б — для $S_1/S_2 > 3$.

21.6. Оформлення креслень і технічних вимог для зварювання заготовок

Креслення зварюваної заготовки виконують відповідно до вимог державних стандартів як складальне, в комплект якого входять креслення складових частин заготовки, виконані за вимогами стандартів ЄСКД і стандартів для кожного виду заготовки (прокат, вилівок, ковanka тощо) та специфікації. У кресленні та технічних вимогах наведені необхідні параметри якості заготовки та зварних швів, способи та засоби їх контролю, перелік спеціальних випробувань (за необхідністю) місць зварювання, вказані необхідність і зміст термічного та інших оброблень, припустимі дефекти, їх форма, розміри й кількість, можливі способи їх усунення тощо. Значні за обсягом технічні вимоги оформляють окремим документом. Креслення зварюваного фланця зображено на рис. 21.3.

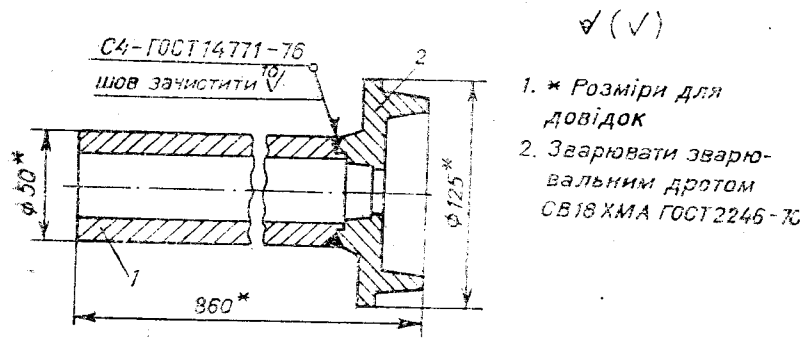


Рис. 21.3. Фланець:
 1 — хвостовик (трубчастий); 2 — диск (кованка).

21.7. Застосування зварюваних заготовок

Багато зварюваних заготовок виготовляють із сортового та спеціального прокату різних матеріалів, що дає змогу створювати легкі вироби з високою міцністю та жорсткістю. До таких заготовок належать станини верстатів і станів; корпуси та каркаси турбін, генераторів, редукторів, кораблів, літаків, автомобілів, тракторів; рами, ферми, опори, штанги, тяги, вали, ротори, осі, зубчасті колеса, шківни, маточини тощо.

З листового, штабового та стрічкового прокату виготовляють кузова легкових автомобілів і автобусів, кабіни вантажних автомобілів і тракторів, бочки, цистерни, труби, резервуари для

рідин і газів, корпуси холодильників, господарський посуд тощо.

В автомобілебудуванні використання прогресивних способів зварювання дало змогу забезпечити вагому економію металів та інших матеріалів, зменшити масу машин, обсяг механічного оброблення, підвищити рівень механізації та автоматизації виробництва, продуктивність праці, поліпшити умови праці та екологічну чистоту довкілля.

У важкому машинобудуванні найбільш ефективними є зварно-литі та зварно-ковані заготовки. З їх допомогою виготовляють колінчасті вали та осі потужних двигунів, транспортних машин, прокатних станів, турбін і генераторів; станини пресів і верстатів; корпуси редукторів, циліндрів тощо.

Розділення великих заготовок на менші складові частини дає змогу застосовувати продуктивніші способи лиття та ОМТ.

Економічна доцільність використання зварюваних конструкцій заготовок зростає зі збільшенням їх маси та габаритних розмірів.

Значний ефект у виготовленні масивних і складних за формою деталей для важкого машинобудування отримують від застосування ковано-литих заготовок, у яких окремі складові частини з відповідальними функціями виготовляють за допомогою штампувальної та ливарної технології зі заданою якістю, високою продуктивністю праці та низькою вартістю. З'єднання для таких заготовок отримують здебільшого електрошлаковим чи контактним стиковим зварюванням.

Значні переваги мають зварювані заготовки для великогабаритних тонкостінних деталей та деталей, до окремих частин яких висувають різні технічні вимоги. Наприклад, обід і маточина ротора газової турбіни працюють у різних умовах, що вимагає використання різних марок сталей для їх виготовлення. Ободи великих зубчастих коліс доцільно виготовляти з високоякісних і зносостійких матеріалів шляхом ОМТ, а маточини та диски для них можна формувати з недефіцитних і дешевих матеріалів за допомогою лиття.

Широко застосовують зварювані заготовки у виробництві різальних інструментів, особливо для приварювання стержнів і хвостовиків. Робочу та неробочу частини заготовки з'єднують стиковим електричним, тертьовим зварюванням та зварюванням за допомогою спеціальних порошків, лютуванням, приклеюванням та закарбовуванням.

Швидкорізальні та конструкційні сталі з'єднують електростиковим зварюванням на машинах і автоматах, що дають змогу регулювати режими зварювання відповідно до вимог, які ставляться до зварювання різних конструкційних матеріалів.

Тертьовим зварюванням з'єднують здебільшого заготовки

круглого перетину. Цей спосіб порівняно зі стиковим електрозварюванням дає менші витрати матеріалів (припуск на вигорання в чотири рази менший), більшу економію електроенергії, в 1,5—2 рази продуктивніший, забезпечує вищу якість шва та ліпші умови праці.

Приварювання пластинок зі швидкорізальних сталей до держаків із конструкційної сталі часто здійснюють за допомогою спеціальних зварювальних порошків, що мають температуру топлення близьку до температури загартовування швидкорізальних сталей. Це дає змогу одночасно виконувати приварювання та термічне оброблення швидкорізальних пластин.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Складані заготовки та їх застосування.
2. Класифікація складаних заготовок.
3. Переваги складаних заготовок.
4. Переваги та недоліки зварюваних заготовок.
5. Технологічність зварюваних заготовок.
6. Що таке зварюваність матеріалів?
7. Які способи зварювання застосовують для виготовлення заготовок?
8. Від яких факторів залежить зварюваність матеріалів?
9. Устаткування для дугового зварювання.
10. Характеристика газового зварювання.
11. Устаткування та характеристика контактного зварювання.
12. Особливості заготовок, виготовлених електрошлаковим зварюванням.
13. Переваги електроно-променевого зварювання заготовок.
14. Дифузійне зварювання заготовок.
15. Термічне оброблення зварюваних заготовок.
16. Порядок конструювання зварюваних заготовок.
17. Які зварні шви застосовують для зварювання?
18. Правила виконання креслень для зварюваних заготовок.
19. Використання зварюваних заготовок.

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗАГОТОВАНОК

22.1. Загальні положення

Якість виробу — це сукупність властивостей, що зумовлюють його здатність задовольняти потреби відповідно до призначення.

Важливими показниками якості виробу є: експлуатаційні (визначають технічний його рівень, надійність та інші характеристики); виробничо-технологічні (характеризують технологічність його конструкції); економічні (інформують про вартість його виготовлення, експлуатації та ремонту).

Підвищення якості виробів дає змогу відповідно зменшувати витрати праці та використання матеріальних й енергетичних ресурсів. В умовах сучасного виробництва контроль якості виробів став невід'ємною функцією систем забезпечення якості продукції.

Сучасна система технологічного підготовки виробництва передбачає операції контролю заготованок, вихідних матеріалів, виконання ТП, стану та якості устаткування, спорядження та інструментів.

Основні завдання служб контролю — забезпечувати якість вихідних матеріалів і заготованок, що надходять у виробництво; встановлювати відповідність режимів і послідовність виконання технологічних операцій до передбачених у технічній документації; визначати рівень якості виготовлених заготованок відповідно до технічних вимог стандартів, креслень; знаходити причини і здійснювати заходи щодо уникнення бракованої продукції; визначати шляхи підвищення якості заготованок.

У зв'язку з поширенням автоматизації виробництва, особливо гнучких автоматизованих виробничих систем, контролю якості заготованок приділяють значну увагу.

22.2. Якість заготованок

Якість заготованок визначається фізико-механічними властивостями конструкційного матеріалу, з якого вони виготовлені; його станом, точністю форми та розмірів поверхонь заготовки;

взаємним розташуванням поверхонь, станом поверхневих шарів і шорсткістю поверхонь заготовки.

Вимоги до якості заготовки записують у робоче креслення. Технічні вимоги до якості заданого типу заготованок (вилівки, кованки тощо) встановлені державними стандартами і можуть бути записані у робоче креслення як умовні та скорочені вимоги відповідно до чинних стандартів.

Таким чином процеси контролю якості заготовки можуть складатися з перевірки фізико-механічних властивостей, хімічного складу матеріалу, що зумовлює виконання металографічних, хімічних, механічних, магнітних та інших випробувань; перевірки геометричних форм, точності розмірів поверхонь, їх взаємного розташування та шорсткості.

Контроль марки конструкційного матеріалу та його фізико-механічних властивостей полягає у визначенні їхньої відповідності вимогам чинних стандартів. Методика та засоби для їх виконання вказані у державних стандартах. Обсяг випробувань визначають за вимогами робочого креслення для заданої заготовки. Наприклад, хімічний склад матеріалу виливків звичайно визначають для одного—трьох виливків, взятих з партії виливків, виготовленої з матеріалу одного розтоплення. Хімічний склад кованок визначають для однієї—трьох кованок, виготовлених з одного куска сортового прокату чи з однієї партії виливків. Фізичні та механічні властивості матеріалів заготованок також визначають з урахуванням умов, що можуть вплинути на їх зміну. Тому зразки для випробувань вибирають з партій заготованок, виготовлених з одного розтоплення, одного прутка сортового прокату, одночасно оброблених термічно, хімічно тощо.

Якість поверхневих шарів заготовки характеризують дві групи параметрів: геометричні (хвилястість, субмікронерівності, шорсткість поверхні) та фізико-механічні (хімічний склад, мікроструктура, твердість, залишкові напруження тощо). Якість поверхневих шарів зумовлена властивостями матеріалу та технологією виготовлення заготовки. Наприклад, після термохімічного оброблення заготовки її поверхневий шар має інший хімічний склад і структуру, ніж основа. Після гарячого кування чи штампування на поверхні заготовки з'являється циндра, а після холодного ОМТ поверхневий шар має наклеп. Вилівки з чавуну, отримані у сталих формах, можуть мати відбілений поверхневий шар, а сталеві кованки, що нагрівались в атмосфері зі значним вмістом кисню, — зневуглицьований.

Для забезпечення необхідної якості поверхневих шарів заготовки у виробничому процесі передбачають виконання відповідних операцій. Наприклад, для зменшення чи усунення циндри та зневуглицьованого шару нагрівання заготованок виконують в атмосфері зі зменшеним вмістом кисню, а відбіленого шару для

чавунних виливків позбуваються шляхом їх термохімічного оброблення тощо.

Геометричні параметри якості заготованок тісно пов'язані зі способами їх отримання, якістю технологічного устаткування та спорядження. Наприклад, високу якість поверхонь виливків отримують у сталих металевих формах під тиском, у формах з витоплюваними моделями, в оболонкових, шишкових формах, електрошлаковим перетопом тощо. Високу якість поверхонь мають холодноштамповані та пресовані заготовки, отримані ОМТ, кованки, виготовлені прокатуванням, штампуванням на КГШП, КГМ, ротаційно та радіально-кувальних машинах, гідравлічних пресах, штампуванням з витискуванням та прошиванням, у різних матрицях; волочінням, карбуванням, калібруванням тощо.

Високу якість поверхонь мають заготовки, виготовлені пресуванням з металевих і неметалевих порошків та полімерних матеріалів.

Якість складаних та зварюваних заготованок визначається якістю їх складових частин (виливки, кованки, прокат) та параметрами якості з'єднань. Часто якість зварюваної заготовки залежить від якості зварного шва та зони близької до нього. Здебільшого їх міцність нижча від міцності основного металу.

Дефектами таких заготованок можуть бути шпаристість, жолоблення, недостатня міцність матеріалу тощо, які важко чи зовсім неможливо усунути подальшим обробленням.

22.3. Види контролю у виробництві заготованок і класифікація контрольно-вимірювальних засобів

Контроль якості виробів здійснюють працівники виробництва і служб технічного контролю. Основні види контролю встановлені державними стандартами. Залежно від місця виконання розрізняють стаціонарний контроль, що здійснюється на спеціально відведених місцях контролю, та рухомий контроль безпосередньо на робочих місцях виконання технологічних операцій.

За повнотою охоплення та часом виконання контроль є суцільним і відбірковим, безперервним і періодичним, а залежно від стадії виробничого процесу — вхідним, операційним, приймальним, інспекційним і статистичним.

Контроль якості заготованок залежно від характеру виробництва здійснюють універсальними, спеціальними, автоматизованими та автоматичними контрольно-вимірювальними засобами. За ступенем впливу на виробничий процес автоматичні контрольно-вимірювальні засоби є пасивними та активними.

За способом перетворення вхідних сигналів контрольно-вимірювальні засоби поділяють на механічні, електричні, оптичні,

магнітні, пневматичні тощо; а за видом вихідної інформації — на аналого-цифрові, зображувальні, реєструвальні, сигналізаційні, регульовальні, з уніфікованими сигналами тощо.

Широко застосовують у виробництві заготованок такі методи неруйнівного контролю, як магніто-порошковий, люмінесцентний, ультразвуковий, рентгено- та гамадефектоскопічний тощо.

Контроль якості заготованок — це перевірка сировини та вхідних заготованок, виконання технологічних операцій та готових заготованок. Обсяги контролю залежать від умов виробництва, стабільності параметрів якості сировини та вхідних заготованок і вимог, що ставляться до якості заготованок.

22.4. Дефекти заготованок і способи їх попередження

Дефекти заготованок зумовлені неякісною сировиною та вхідними матеріалами, з яких вони виготовлені, невідповідністю виробничого процесу технологічній документації. Запобігає цим дефектам контроль вхідної сировини та вхідних заготованок, що надходять у виробництво від постачальників, якісний контроль за дотриманням вимог ТП, справністю основного устаткування та технологічного спорядження, різальних інструментів, контрольно-вимірювальних засобів тощо. Чимале значення для цього має своєчасна атестація контрольно-вимірювальних засобів, дотримання правил і методики виконання робіт, сумлінність робітників і контролерів.

Контроль якості вхідних матеріалів, що виконується за методикою, поданою у стандартах на ці матеріали, є трудомістким процесом. Контроль здійснюють здебільшого не в повному обсязі, а вибірково для окремих параметрів чи матеріалів. Для виливків він полягає у встановленні хімічного складу та фізичного стану шихтових і формувальних матеріалів; для кованок — у визначенні якості прокату чи виливків, що призначені для їх виготовлення; для пластмасових і порошкових заготованок — у перевірці якості порошків, гранульованих пластмас, наповнювачів, зв'язуючих матеріалів тощо.

Контроль якості готових заготованок — це виявлення їхніх дефектів, невідповідність вимогам технічної документації. Будь-який спосіб виготовлення заготованок супроводжується тими чи іншими дефектами. Наприклад, для виливків властиві дефекти, зумовлені їх жолобленням, спотвореннями форми поверхонь, їх взаємним розташуванням. У великих та складних за формою виливках, що виготовляються в кількох опоках, за допомогою багатьох шишок чи прикладних частин можуть виникати гарячі чи холодні тріщини. Вказані дефекти зумовлені здебільшого

невдалими конструкціями виливків, ливарних форм, ливникових систем; невідповідністю хімічного складу матеріалів, з яких вони виготовлені, та режимів заповнення форм рідким металом. Причиною раковин, крихкості та пригаряння можуть бути ливарні властивості матеріалів виливків і ливарних форм. Чимало дефектів виливків пояснюються недоліками підготовки рідкого металу, його дегазацією, невідповідними температурою металу та швидкістю його заливання, наявністю флюсу, шлаку тощо.

Для кованок властиві такі дефекти, як невідповідність матеріалу вихідної заготовки вимогам креслень і технічних умов, нерівності форми, неточність розмірів, ризки, забиття, закатування, задирки, циндра, знеуглецьований поверхневий шар, зміни макроструктури матеріалу, розшарування, сліди від вивалювання тощо.

Штаповані кованки характеризуються недоштаповуванням (завеликою висотою, недостатнім заповненням порожнини штапа), що зумовлено малою масою вихідної заготовки, низькою температурою штапування, недостатньою масою падаючих частин молота чи потужністю преса. Відносний зсув окремих частин кованки пояснюється незбіганням половин штапа, заштаповування та складки металу викликані невідповідністю чорнового та чистового ривчаків штапа, малими радіусами заокруглень у ривчаках. Штапованим кованкам властиві втягування, сколювання, вм'ятини та забиття металу, жолоблення, перекошування, тріщини, ризки тощо.

Для зварюваних заготовок характерні дефекти їх складових частин (виливка, кованки, прокату) та зварних швів. До останніх відносяться:

непроварювання (відсутність суцільного з'єднання між елементами з'єднаних частин чи недостатня глибина проникнення рідкого металу);
перепалювання (оксидация металу шва та прилеглого до нього основного металу);
пропалювання (місцеве наскрізне прогаряння зварюваних частин заготовки);
шпаристість (поява газових пухирців і нерівностей поверхні);
напливи (зайвий метал і шлакові включення на поверхні)
тощо.

Найпоширенішими причинами появи перелічених дефектів є неправильний добір режимів зварювання, забруднення та недостатня якість використовуваних матеріалів.

Дефектами зварюваних заготовок можуть бути також спотворення форми та відхилення розмірів поверхонь, зумовлені внутрішніми напруженнями та деформаціями в зоні зварного шва. Швидке концентроване нагрівання викликає значний перепад температур у тілі заготовки та нерівномірне її охолоджен-

ня. Якщо заготовку виготовляють за допомогою жорстких пристроїв, це може спричинити появу тріщин. Залишкові напруження та деформації зменшують за допомогою конструктивних і технологічних заходів.

Конструктивні заходи полягають у правильному розташуванні зварних швів на тілі заготовки, використанні гнучких елементів конструкції, вдалому добірі матеріалів тощо.

Технологічні заходи сприяють усуненню зайвих зусиль закріплення заготовок під час зварювання, забезпечують рівномірне та плавне нагрівання й охолодження заготовок у процесі зварювання, добір раціонального порядку накладання зварних швів тощо.

Для контролю якості зварюваних заготовок застосовують такі способи: зовнішній огляд; перевірки форми та розмірів заготовки; контроль якості поверхонь; механічні та технологічні випробування властивостей матеріалу шва та пришовної зони (міцності, щільності, герметичності тощо); рентгенівські випробування (дають змогу виявити внутрішні порожнини, тріщини, непроварювання, шлакові включення, шпаристість тощо); випробування ультразвуком, магнітними полями; металографічний контроль тощо.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке якість заготовки?
2. Основні завдання служб контролю.
3. Якими параметрами визначається якість заготовки?
4. Які випробування застосовують для контролю якості заготовки?
5. Правила відбору зразків для контролю якості заготовки.
6. Як впливає спосіб виготовлення заготовки на її якість?
7. Чим визначається якість зварюваних заготовок?
8. Види та способи контролю якості заготовки.
9. Класифікація контрольно-вимірних засобів.
10. Дефекти виливків, способи їх попередження.
11. Дефекти кованок, способи їх виявлення.
12. Дефекти зварюваних заготовок, способи їх контролю та усунення.

ДОБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВАНКИ ТА ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

23.1. Загальні положення

Дібрати заготованку — це визначити раціональний спосіб її виготовлення, матеріал, конструкцію, напуски та припуски на оброблення різанням, розміри та їх допустимі відхилення, вимоги до якості поверхонь тощо.

В основі будь-якого конструкторсько-технологічного розроблення лежать три взаємопов'язані принципи: технічний, економічний та організаційний.

Відповідно до *технічного принципу* проєктований ТП виготовлення заготованки має забезпечити виконання вимог креслення та технічних умов на виготовлення виробу. До них відносяться точність форми та розмірів поверхонь, їх взаємне розташування, якість поверхонь, матеріал і його фізико-механічні властивості.

Згідно з *економічним принципом* вироби слід виготовляти з мінімальними витратами праці, для чого задовольняють наступні вимоги:

заготованки за формою та розмірами мають наближатися до готових виробів, ступінь цього наближення зростає зі збільшенням програми їх виготовлення;

базування заготованок має забезпечувати максимальну надійність технологічних пристроїв для оброблення різанням;

способи оброблення заготованок повинні відповідати сучасним вимогам технології машинобудування;

устаткування й технологічне спорядження мають бути високопродуктивними, легко піддаватись механізації та автоматизації; використовуваний інструмент повинен бути стандартним і недефіцитним.

Відповідно до *організаційного принципу* виготовлення виробів слід здійснювати в умовах, що забезпечують максимальну їх ефективність. Форма організації всіх ТП разом з виготовленням заготованки має відповідати заданому типу виробництва. Розташування виробничих цехів, дільниць і устаткування на них повинно сприяти безперервному виготовленню виробів. Виробничі площі та шляхи транспортування заготованок мають бути опти-

мальними. Робочі місця повинні відповідати вимогам наукової організації та безпеки праці, санітарно-гігієнічним нормам і правилам пожежної безпеки. Матеріально-технічне постачання всіх робочих місць має бути своєчасним.

З можливих варіантів вибирають той спосіб виготовлення заготованки, що найбільше відповідає заданому критерію оптимізації, яким може бути вартість, якість виробу та продуктивність праці. У разі однакової продуктивності праці перевагу віддають варіанту з меншою вартістю, а за рівної вартості — більш продуктивному варіанту, але за умови обов'язкового забезпечення заданої якості виробів.

Нові ТП виготовлення заготованок розробляють у разі проєктування нового та реконструкції чинних виробництв, організації виробництва нових виробів чи впровадження у виробництво нових досягнень науки та техніки.

Розроблення ТП відповідно до вимог стандартів має три стадії: технічне завдання, технічний та робочий проєкти. На всіх трьох стадіях обов'язковим є техніко-економічне обґрунтування проєкту, але з різним рівнем його деталізації [4, 21].

23.2. Фактори, що впливають на добір способу виготовлення заготованки

Спосіб виготовлення заготованки добирають залежно від форми, розмірів і маси деталі, точності розмірів, якості поверхонь, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалу деталі, програми випуску та часу, що відведений для підготовки виробництва, виробничих можливостей підприємства та кооперації [25, 26].

Складніші за формою заготованки отримують литтям чи шляхом складання їх з більш простих частин (складані заготованки). Простіші заготованки формують гарячим та холодним штампуванням, вільним куванням, вальцюванням, прокатуванням, пресуванням тощо.

Для лиття та вільного кування розміри й маса заготованок практично не обмежені. Обмеженими можуть бути в окремих випадках мінімальні розміри (товщина стінки вилівка, маса вилівка чи кованик тощо) або максимальні розміри чи маса (штамповані кованики).

Точність розмірів і якість поверхонь заготованок часто визначають їх вартість, що залежить здебільшого від вартості формотворювального спорядження та устаткування.

Якість поверхонь і поверхневих шарів заготованок визначає трудомісткість їх подальшого оброблення та експлуатаційні параметри якості деталей.

Фізико-механічні та технологічні властивості матеріалів можуть бути різними залежно від способу виготовлення заготовок. І, навпаки, кожний спосіб виготовлення заготовки вимагає цілком визначених технологічних властивостей оброблюваного матеріалу. Тому здебільшого дібраний матеріал накладає певні обмеження на добір способу отримання заготовки.

Технологічні властивості матеріалу суттєво впливають на вартість заготовок. Наприклад, виливки зі сталі дорожчі за чавунні, а виливки чи кованики з легованих сталей дорожчі за такі ж заготовки з конструкційних сталей тощо. Заготовки з одного й того ж матеріалу, виготовлені різними способами (лиття, кування, штампування тощо), відрізняються фізико-механічними властивостями їх матеріалів. Лиття звичайно зумовлює великозернисту, гаряче штампування — волокнисту, а кування — дрібнозернисту структуру матеріалу заготовки. Холодне кування, штампування, вальцювання чи волочіння призводить до наклепування матеріалу, а зварювання — до отримання неоднорідної структури матеріалу заготовки у зварному шві та близькій до нього зоні.

Суттєво впливає на вартість заготовки програма її випуску (річне замовлення). Більша програма випуску звичайно забезпечує меншу вартість заготовок, але ця залежність має складніший характер. Часто за заданою програмою випуску заготовок визначають доцільність цього чи іншого способу її виготовлення [26].

Добирати спосіб виготовлення заготовки не можна без урахування виробничих можливостей підприємства (наявність устаткування, спорядження, виробничих площ, ремонтної бази, допоміжних служб, кількості робітників і службовців необхідної кваліфікації тощо). Подекуди добір способу виготовлення заготовки вимагає організації нових для даного підприємства виробничих процесів; що зумовлює необхідність придбання нового устаткування, технологічного спорядження, підготовки спеціалістів належної кваліфікації чи придбання потрібних заготовок від інших виробників. Тому добір способу виготовлення заготовки вимагає всебічного технічного та економічного обґрунтування. Забезпечити успіх будь-якого виробництва можна тільки за умови дотримання належних строків його реалізації. Найменше запізнення може спричинити моральне старіння виробу, зниження прибутків тощо.

Одним з важливих факторів, що впливають на добір способу виготовлення заготовки, є обсяг їх подальшого оброблення, який визначається значенням напусків, припусків на оброблення різанням, ливарних і штампувальних нахилів, наявністю та розмірами дефектних шарів, спотворень форми поверхонь тощо.

Суттєво зменшують обсяг оброблення різанням та полегшують

його виконання (базування в процесі оброблення різанням) раціональним розташуванням заготовки в ливарній формі чи штампі відносно площини їх різання.

Формоутворення деталей на стадії виготовлення заготовки є найдешевшим, а тому і найдоцільнішим [26, 31]. Воно відкриває шлях до безвідходної чи маловідходної технології. В цьому полягає одна з найважливіших тенденцій розвитку сучасного машинобудування.

Добираючи спосіб виготовлення заготовки, звичайно виходять з умов необхідності економії праці та матеріалів, механізації та автоматизації виробництва, підвищення якості деталі чи виробу, що виготовлятиметься з неї.

Порівняно легко автоматизуються безперервні процеси виробництва заготовок — лиття, прокатування, зварювання, пресування, волочіння, штампування, вальцювання тощо.

Ефективними для певних умов є складані заготовки, що дають змогу значно спростувати їх конструкції, допускають виготовлення різних частин заготовки з різних матеріалів, значних розмірів і мас.

Дуже важливим є вдалий добір способу виготовлення заготовки для умов гнучкого автоматизованого виробництва [16]. У цих умовах технічні вимоги до заготовок значно зростають.

23.3. Методика добору способу виготовлення заготовки

Добір заготовки є складним завданням, що пояснюється багатьма факторами, вплив яких за різних обставин неоднозначний. Тому добір способу виготовлення заготовки вимагає всебічного розгляду можливих варіантів з детальним технічним та економічним обґрунтуванням вибраного. Особливе значення добір способу виготовлення заготовки має для гнучких і автоматизованих виробництв, оскільки вони вимагають вищої точності форми, розмірів, меншої зміни властивостей матеріалів заготовок тощо.

Для умов серійного та масового виробництва добір способу виготовлення заготовки має супроводжуватися необхідними розрахунками та обґрунтуваннями, в яких слід враховувати не тільки витрати на виготовлення заготовки, а й витрати на її подальше оброблення та експлуатацію готового виробу за його призначенням [4].

Здебільшого спосіб виготовлення заготовки добирають у такій послідовності: аналізують фактори, що впливають на добір способу виготовлення заготовки, визначають матеріал і конструктивну форму заготовки, аналізують можливості отримання

заготованки зі стандартних частин, сортаментів, матеріалів, що випускаються промисловістю (періодичний, сортовий прокат, вилки, кованки тощо); добирають спосіб виготовлення заготованки та основного устаткування; конструюють заготованки та розробляють технологічний процес її виготовлення; здійснюють техніко-економічні розрахунки та обґрунтування. Звичайно добирають не один, а декілька альтернативних варіантів, для яких визначають техніко-економічні показники й на основі їхнього аналізу добирають найбільш раціональний.

Критеріями оптимізації для добору способу виготовлення заготованки залежно від поставленої мети є якість деталі, продуктивність праці з урахуванням оброблення різанням, вартість деталі чи технологічна трудомісткість її виготовлення; витрати матеріалу. Виходячи з наведених вимог і набутого досвіду, можна дати окремі загальні рекомендації для попереднього добору способу виготовлення заготованки у машинобудуванні [31].

Корпусні коробчасті заготованки закритої конструкції для всіх типів виробництва доцільно виготовляти литтям; відкритої конструкції для масового та серійного виробництва — литтям, а для дрібносерійного та одиничного виробництва — зварюванням.

Заготованки дисків, трійників, важелів, кришок, маточин, шківів, шестерень тощо для масового та серійного виробництва отримують штампуванням, прокатуванням чи литтям, а для дрібносерійного та одиничного — литтям. Заготованки валів, стаканів, втулок з невеликою різницею діаметрів окремих поверхонь для всіх типів виробництва виготовляють з прокату. Заготованки балок, кронштейнів, рам, ферм, каркасів, траверс для всіх типів виробництва отримують зварюванням зі сортового прокату.

Для багатосерійного та масового виробництва широко застосовують сортовий, періодичний та спеціальний прокат, тонкостінні гнуті профілі та лиття.

23.4. Техніко-економічне обґрунтування добору способу виготовлення заготованки

Під час добору способу виготовлення заготованки можливі такі випадки: спосіб отримання заготованки заданий; прийнятий спосіб отримання заготованки не спричинює істотних змін у виробничому процесі подальшого її оброблення; прийнятий спосіб отримання заготованки призводить до істотних змін у виробничому процесі подальшого її оброблення. Для першого з них жодного обґрунтування не потрібно, для другого його виконують, виходячи з умов мінімізації ціни (вартості) чи трудомісткості заготованки та максимального коефіцієнта використання матеріалу, для третього — виходячи з умов мінімізації сумарної ціни

(вартості) чи трудомісткості заготованки та подальшого її оброблення [31].

Для цього випадку визначають ціну деталі чи виробу як

$$C_d = C_{в,з} G_{в,з} - (G_{в,з} - G_d) C_{вх} + \sum_{j=1}^m S_{jз} t_{jз} \left(1 + \frac{H_з}{100}\right) + \sum_{i=1}^n S_{im} t_{im} \left(1 + \frac{H_m}{100}\right), \quad (23.1)$$

де C_d , $C_{вх}$, $C_{в,з}$ — ціна відповідно готової деталі (виробу), одного кілограма металевих відходів і вихідної заготованки, крб; G_d , $G_{в,з}$ — маса відповідно деталі та вихідної заготованки, кг; $S_{jз}$, S_{im} — хвилинна ставка робітників відповідно j -ї заготівельної та i -ї операцій подальшого оброблення, крб; $t_{jз}$, t_{im} — поштучний час для виконання відповідно j -ї заготівельної та i -ї операцій подальшого оброблення деталі чи виробу, хв; m , n — кількість операцій технологічних процесів відповідно виготовлення заготованки та подальшого оброблення деталі чи виробу; $H_з$, H_m — накладні витрати з прибутками відповідно для заготівельного та інших цехів, %.

Для другого випадку визначають ціну заготованки як

$$C_з = C_{в,з} G_{в,з} - (G_{в,з} - G_d) C_{вх} + \sum_{j=1}^m S_{jз} t_{jз} \left(1 + \frac{H_з}{100}\right), \quad (23.2)$$

де $C_з$ — ціна заготованки, крб.

Річний економічний ефект

$$E = (C_{д2} - C_{д1}) N, \quad (23.3)$$

де E — річний економічний ефект, крб; $C_{д2}$, $C_{д1}$ — ціни деталі чи заготованки (для другого випадку) відповідно для спроектованої та чинної у виробництві ТП їх виготовлення, крб; N — річна програма випуску деталей, шт.

Додатковими критеріями добору способу виготовлення заготованки інколи є коефіцієнти використання матеріалу, точності маси чи виходу придатного металу (див. главу 3).

Враховуючи, що визначення ціни деталей чи виробів є достатньо трудомістким процесом, що вимагає детального розроблення ТП виготовлення заготованок та їх подальших оброблень, нормування часу та значних розрахунків, часто для попереднього обґрунтування вибраних способів виготовлення заготованки користуються чинними цінниками на вилки, кованки, прокат, заготованки з порошків тощо (дод. 17). Ціну чи вартість ТП подальших оброблень у цьому випадку визначають наближено [9].

Наведені значення цін можна вважати умовними, що цілком придатні для порівняльних і навчальних розрахунків. Для визначення дійсних цін заготованок чи інших виробів потрібно користуватись чинними цінами, методиками та нормативними матеріалами індексування цін.

Ціну заготованок із сортового та спеціального прокату можна визначити як

$$C_{сп} = 0,001 [G_3 C_3 - (G_3 - G_d) C_{вп}] + C_{ов}, \quad (23.4)$$

де $C_{сп}$, C_3 і $C_{вп}$ — ціни однієї заготованки з прокату, однієї тонни металу прокату та технологічних відходів, крб (дод. 18 і 19); $C_{ов}$ — вартість технологічних процесів відокремлення, виправлення та калібрування заготованок, крб.

Ціну вилівка запишемо у вигляді

$$C_в = 0,001 [C_{бв} G_в K_{тв} K_{св} K_{мв} K_{пмв} K_{ст} - (G_в - G_d) C_{вк}], \quad (23.5)$$

де $C_в$ і $C_{бв}$ — ціна вилівка та базова ціна однієї тонни вилівок, виготовлених з базового матеріалу (чавун СЧ20), з базовою точністю та складністю вилівка, крб; $G_в$ — маса вилівка, кг; $K_{тв}$, $K_{св}$, $K_{мв}$, $K_{пмв}$, $K_{ст}$ — коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності вилівка, марки матеріалу, програми річного замовлення (групи серійності) та маси вилівка й відносного потоншення основних стінок вилівка порівняно з базовою товщиною. Значення базової ціни вилівок і згаданих коефіцієнтів наведені у дод. 17.

Ціну кованки, виготовленої гарячим штампуванням чи вільним куванням, визначають як

$$C_к = 0,001 [C_{бк} G_к K_{тк} K_{ск} K_{мк} K_{пк} K_{вк} - (G_к - G_d) C_{вк}], \quad (23.6)$$

де $C_к$ і $C_{бк}$ — ціна кованки та базова ціна однієї тонни кованок, виготовлених з базового матеріалу (сталь 35), з базовою точністю та складністю кованки, крб; $G_к$ — маса кованки, кг; $K_{тк}$, $K_{ск}$, $K_{мк}$, $K_{пк}$ і $K_{вк}$ — коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності кованки, марки матеріалу, програми річного замовлення та маси кованки. Значення базових цін кованок та згаданих коефіцієнтів наведені у дод. 17.

За конструктивною та технологічною складністю вилівки поділяють на шість груп. До ознак, за якими визначають складність вилівок, належать конфігурація форми, габарити, товщина основних стінок, кількість виступів, ребер, западин, порожнин, що вимагають шишок, якість оброблених різанням поверхонь, відповідність вилівок своєму призначенню та особливі технічні вимоги.

Гарячостамповані кованки за складністю поділяють на чотири групи, які визначають за такими критеріями: відношення маси кованки до маси простої фігури, що описана навколо неї; від-

ношення глибини западини (висоти кованки) до її діаметра (поперечного розміру); кількість технологічних переходів, що потрібні для її штампування; площинність поверхні рознімання штампа.

За конструктивною та технологічною складністю кованки вільного кування поділяють на п'ять груп. Їх визначають за такими ознаками: співвідношення розмірів, їх значення, конфігурація форми, категорії якості та фізико-механічні властивості матеріалу кованки.

У прейскурантах цін вилівок і кованок за 1990 р. є ескізи типових заготованок для кожної з груп конструктивної та технологічної складності, які полегшують визначення групи складності для заданої заготованки. У разі відсутності вказаних прейскурантів заготованки відносять до групи складності їх форми на основі наявного досвіду з урахуванням перелічених вище ознак.

Сталь відносять до легованої чи високолегованої залежно від суми легувальних елементів в ній: якщо ця сума не перевищує 10%, то сталь легована, а для більших значень — високолегована.

Додатковим критерієм добору способу отримання заготованки може бути норма витрат основного матері-

Таблиця 23.1

Техніко-економічні показники виготовлення східчастих валів

Кількість східців	Маса деталі, кг	Витрати матеріалу, кг				Коефіцієнт використання матеріалу				Штучний час виготовлення деталі, хв				Вартість виготовленої деталі, крб.			
		кування	КГШП, ГКМ	РКМ, Рад, КМ	тощина з прутка	кування	КГШП, ГКМ	РКМ, Рад, КМ	тощина з прутка	кування	КГШП, ГКМ	РКМ, Рад, КМ	тощина з прутка	кування	КГШП, ГКМ	РКМ, Рад, КМ	тощина з прутка
1	4,4	6,9	6,8	6,4	7,8	0,63	0,64	0,67	0,56	1,27	0,36	0,78	3,8	83	90	68	72
2	10,1	9,6	13,5	12,2	17,4	0,74	0,75	0,50	0,48	1,73	0,40	1,03	5,5	138	153	110	149
3	5,5	13,6	9,4	8,8	15,9	0,58	0,58	0,60	0,35	1,61	0,38	1,25	6,4	91	119	91	139
4	23,2	30,5	29,4	27,4	65,6	0,76	0,79	0,80	0,25	5,3	0,70	2,3	36,4	316	302	244	551
5	8,6	12,6	11,3	10,2	17,2	0,58	0,66	0,80	0,40	1,8	0,40	1,7	20,3	130	152	106	150
6	3,8	7,5	6,6	5,6	11,6	0,41	0,58	0,60	0,33	1,8	0,34	1,6	9,7	82	112	66	105

* Вартість подана в цінах до 1990 р.

алу для виготовлення деталі чи виробу. У табл. 23.1 наведені технічні та економічні показники виготовлення східчастих валів із заготованок, отриманих різними способами в умовах серійного виробництва [31].

23.5. Завдання та вправи

Приклад 1. Визначити ціну вилівка шків, зображеного на рис. 8.1, 9 класу точності, виготовленого з сірого чавуну СЧ20, для річного замовлення 8000 шт.

Розв'язання. Визначаємо ціну вилівка за формулою (23.5) у такому порядку:

1. За геометричною формою та розмірами вилівка й деталі, що зображені на рис. 8.1, знаходимо їх об'єми

$$V_b = \frac{\pi}{2} \cdot 0,046 \cdot 0,040 \cdot 0,172 + \pi \cdot 0,016 \cdot 0,032 \cdot 0,101 +$$

$$+ \frac{\pi}{4} \cdot 0,072 (0,068^2 - 0,032^2) = 0,0010153 \text{ м}^3;$$

$$V_d = \frac{\pi}{2} \cdot 0,040 \cdot 0,038 \cdot 0,168 - \frac{\pi}{2} \cdot 0,026 \cdot 0,026 \cdot 0,178 +$$

$$+ 0,016 \cdot 0,031 \cdot \pi \cdot 0,101 + \frac{\pi}{4} \cdot 0,064 (0,068^2 - 0,038^2) = 0,0005269 \text{ м}^3.$$

2. Приймаючи питому масу чавуну $\gamma = 7800 \text{ кг/м}^3$, визначаємо масу деталі та вилівка

$$G_b = V_b \gamma = 0,0010153 \cdot 7800 = 7,919 \text{ кг},$$

$$G_d = V_d \gamma = 0,0005269 \cdot 7800 = 4,110 \text{ кг}.$$

3. Знаходимо значення членів формули (23.5) згідно з дод. 17 і 19. Базова ціна однієї тонни заготованки згідно з дод. 17.15 для виливків $C_{бв} = 760$ крб. Коефіцієнт точності вилівка для 9 класу точності згідно з дод. 17.1 $K_{тв} = 1,00$. Коефіцієнт конструктивної та технологічної складності вилівка для третьої групи, до якої належить вилівок шків, згідно з дод. 17.2 $K_{св} = 1,00$. Коефіцієнт марки матеріалу вилівка для сірого чавуну згідно з дод. 17.3 $K_{мв} = 1,00$. За масою вилівка 7,919 кг для річного замовлення 8000 шт. згідно з дод. 17.4 визначаємо 6 групи серійності, для якої згідно з дод. 17.5 знаходимо коефіцієнт групи серійності та маси вилівка $K_{пмв} = 1,06$. Згідно з дод. 17.6 базова товщина основних стінок виливків для сірого чавуну становить 9 мм, що не перевищує товщин основних стінок вилівка шків. Тому коефіцієнт потоншення товщин основних стінок $K_{ст} =$

$= 1,00$. Ціна відходів (стружки з сірого чавуну) згідно з дод. 19 $C_{вх} = 44$ крб.

Підставивши отримані значення, маємо

$$C_b = 0,001 \cdot [760 \cdot 7,919 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 1,06 \cdot 1,00 -$$

$$- (7,919 - 4,110) \cdot 44] = 6,21 \text{ крб}.$$

Приклад 2. Визначити ціну кованки східчастого вала, зображеного на рис. 13.1, виготовленої зі сталі 15ХГН2ТА, класу точності Т5, для річного замовлення 5000 шт.

Розв'язання. Визначаємо ціну кованки за формулою (23.6) у такому порядку:

1. За геометричною формою та розмірами кованки й деталі знаходимо їх об'єми:

$$V_d = \frac{\pi}{4} (0,126^2 \cdot 0,052 + 0,060^2 \cdot 0,073 + 0,045^2 \cdot 0,245 + 0,030^2 \cdot 0,030 -$$

$$- 0,086^2 \cdot 0,016 - 0,076^2 \cdot 0,024 - 0,015^2 \cdot 0,010) = 0,0010615 \text{ м}^3;$$

$$V_k = \frac{\pi}{4} (0,134^2 \cdot 0,056 + 0,067^2 \cdot 0,077 +$$

$$0,052^2 \cdot 0,275 - 0,070^2 \cdot 0,040) = 0,0014904 \text{ м}^3.$$

2. Приймаючи питому масу сталі 15ХГН2ТА $\gamma = 8200 \text{ кг/см}^3$, визначаємо масу деталі та кованки:

$$G_d = V_d \gamma = 0,0010615 \text{ м}^3 \cdot 8200 \text{ кг/м}^3 = 8,704 \text{ кг},$$

$$G_k = V_k \gamma = 0,0014904 \text{ м}^3 \cdot 8200 \text{ кг/м}^3 = 12,221 \text{ кг}.$$

3. Знаходимо значення членів формули (23.6) згідно з дод. 17 і 19. Базова ціна однієї тонни заготованки згідно з дод. 17.15 для кованок $C_{бк} = 916$ крб. Коефіцієнт точності кованки для класу Т5 згідно з дод. 17.10 $K_{тк} = 1,15$. Коефіцієнт конструктивної та технологічної складності кованки згідно з дод. 17.11 для групи складності С2 $K_{ск} = 1,14$. Коефіцієнт марки матеріалу згідно з дод. 17.12 для легованої сталі $K_{мк} = 1,23$. Коефіцієнт програми річного замовлення згідно з дод. 17.9 (4 група серійності) і дод. 17.13 $K_{пк} = 1,27$. Коефіцієнт маси кованки згідно з дод. 17.14 $K_{вк} = 0,87$. Ціна відходів легованої сталі у вигляді стружки згідно з дод. 19 $C_{вх} = 250$ крб.

4. Підставивши отримані значення, маємо:

$$C_k = 0,001 \cdot [916 \cdot 12,221 \cdot 1,15 \cdot 1,14 \cdot 1,23 \cdot 1,27 \cdot 0,87 -$$

$$- (12,221 - 8,704) \cdot 250] = 19,07 \text{ крб}.$$

Завдання для самостійного розв'язування

Завдання 1. Згідно з главою 8 розробити конструкцію виливків та визначити їх розміри для втулок (рис. 23.1) і шестерень рушія (рис. 23.2) відповідно до заданих основних розмірів і матеріалів деталей у табл. 23.2 і 23.3. Класи точності прийняти з

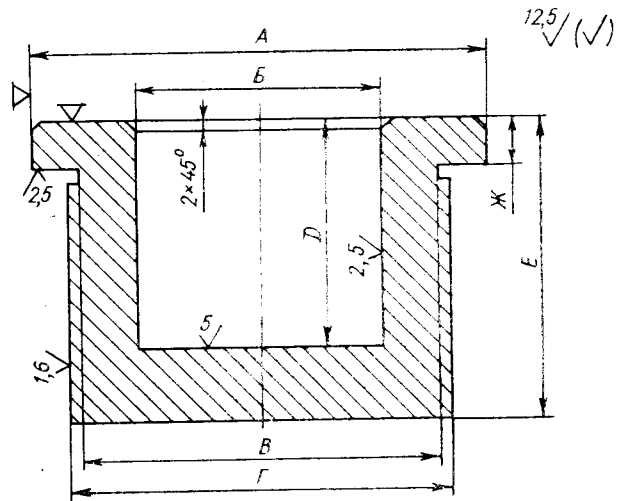


Рис. 23.1. Втулка.

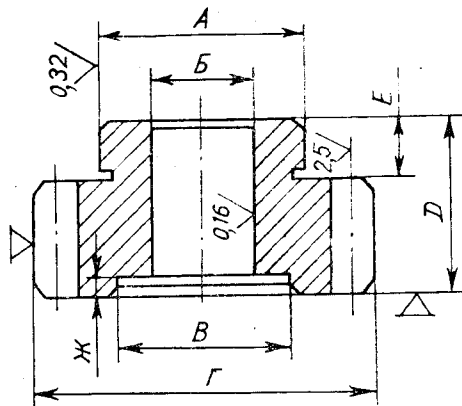


Рис. 23.2. Шестерня рушія.

конструктивних і технологічних міркувань відповідно до діапазонів рекомендованих класів точності, що вказані для різних способів їх виготовлення у дод. 1.1. Програму річного замовлення прийняти відповідно до табл. 23.4.

2. Визначити ціну виливків втулки та шестерні рушія.

Завдання 2. 1. Відповідно до глави 13 розробити конструкцію кованок і визначити їх розміри для втулок (рис. 23.1) і для шестерень і рушія (рис. 23.2) відповідно до заданих основних розмірів і матеріалів деталей, що наведені в табл. 23.2 і 23.3. Для деталей, матеріалом яких є чавун, взяти конструкційну сталь 40. Класи точності кованок і програму річного замовлення встановити згідно з табл. 23.4, 23.5.

Таблиця 23.2

Розміри та матеріали втулок за рис. 23.1

Номер завдання	Розміри, мм							Матеріал
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	
1	54	25	45	46	23	31	5	Ст. 85
2	75	35	63	65	32	43	7	Чавун СЧ20
3	96	45	80	83	42	54	8	Ст. 40Х9С2
4	118	55	98	102	50	68	10	Бр. А9М2
5	140	65	116	120	60	80	12	Ст. 65
6	164	76	136	140	70	94	14	Чавун ВЧ40
7	194	90	160	166	83	110	16	Ст. 20Х13
8	258	120	214	220	110	148	22	Ст. 75
9	310	144	256	266	132	176	26	Чавун АЧС4
10	388	180	320	332	166	220	32	Бр. 04Ч7С5

Таблиця 23.3

Розміри та матеріали шестерні рушія за рис. 23.2

Номер завдання	Розміри, мм							Матеріал
	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	
1	20	12	18	36	20	6	3	Бр. 05Ц25
2	34	20	30	60	32	10	4	Ст. 30ХМА
3	45	26	40	80	42	14	5	Бр. А9Ж3
4	68	40	60	120	64	20	7	Ст. 40ХН2МА
5	90	52	80	160	84	28	8	Бр. А10Мц2
6	114	66	100	200	106	34	14	Ст. 20ХН3А
7	136	80	120	248	128	40	16	Ст. 38ХГМ
8	180	104	160	320	168	56	16	Бр. 04Ц7С5
9	204	120	180	360	192	66	24	Ст. 50
10	228	132	200	400	212	68	28	Ст. 40ХС

Таблиця 23.4

Програма річного замовлення виливків

Номер рисунка деталі	Річне замовлення (тис. шт.) для завдання номера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Рис. 23.1	26	20	16	12	10	8	6	24	2,5	1,5
Рис. 23.2	45	40	35	25	20	16	12	10	8	4

Таблиця 23.5

Класи точності та програма річного замовлення

Параметр	Значення параметра для завдання номера									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Клас точності	T1	T2	T3	T4	T5	T2	T3	T4	T5	T2
Річне замовлення, тис. шт.	30	20	10	5	2,5	4	1,6	1,2	0,8	0,4

2. Визначити ціну кованок для втулки та шестерні рушія, виготовлених гарячим штампуванням.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що значить вибрати заготованку?
2. Які принципи покладено в основу добору заготованки?
3. Які вимоги до способу виготовлення заготованки ставляться за економічним принципом?
4. Коли виникає потреба добору способу виготовлення заготованки?
5. Які фактори впливають на добір заготованки?
6. Як впливає на добір заготованки значення програми її випуску?
7. Чи впливають на добір заготованки виробничі можливості підприємства?
8. Перелічіть вимоги до добору заготованки в умовах автоматизованого виробництва.
9. Яка послідовність процесу добору заготованки?
10. Основні критерії добору заготованки.
11. Основні рекомендації щодо добору заготованок у машинобудуванні.
12. Як визначають річний економічний ефект від впровадження нового способу виготовлення заготованки?
13. Які знаєте способи наближеного обґрунтування обраного способу виготовлення заготованки?
14. Як поділяються за складністю форми, виливки та кованки?

ДОДАТОК 1

ВИЛИВКИ З МЕТАЛІВ І СТОПІВ. ДОПУСКИ РОЗМІРІВ, МАСИ ТА ПРИПУСКИ НА ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ (ГОСТ 26645-85)

ДОДАТОК 1.1

Класи точності розмірів, мас і ряди припусків на оброблення різанням виливків

Спосіб лиття	Найбільший габаритний розмір, виливка, мм	Тип металу та стону		
		Кольорові з температурою топлення нижче 700 °С,	Кольорові з температурою топлення вище 700 °С, сірий чавун	Ковкий високоміцний та легований чавун і сталь
Класи точності розмірів і мас виливків, ряди припусків*				
Під тиском і в металеві форми	до 100	3т—5	3—5	4—7т
	понад 100	1 3—6	1 4—7т	1 5т—7
У керамічні форми, за витопними, виморожуваними та випалюваними моделями	до 100	1 3—6	1 4—7т	1 5т—7
	понад 100	1 4—7	1—2 5т—7	1—2 5—8
У ковіль, під низьким тиском, у шншкові форми, що тверднуть у контакті зі спорядженням, в оболонкові форми	до 100	4—9	5т—10	5—11т
	понад 100	1—2 5т—10	1—3 5—11т	1—3 6—11
У шншкові форми, що тверднуть без контакту зі спорядженням, піщано-глиняні форми	до 630	1—3	1—3	2—4
	понад 630	5—11т	6—11	7т—12
до 630	1—3	2—4	2—5	2—5
	6—11	7т—12	7т—12	7—13т
понад 630	2—4	2—4	2—4	2—6
	7—12	8—13т	8—13т	9т—13
до 4000	2—4	2—5	2—5	3—6
	8—13т	9т—13	9т—13	9—14
понад 4000	3—6	3—6	3—6	4—6

* У чисельнику вказані класи точності, в знаменнику — ряди припусків.

Допуски розмірів виливків, мм*

Інтервалі лінійних розмірів		Класи точності																						
по-	до	1	2	3г	3	4	5т	5	9	7г	7	8	9т	9	10	11т	11	12	13т	13	14	15	16	
0	4	0,06	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,8	—	—	—	—	—	—
4	6	0,07	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,9	1,1	1,4	1,8	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	—	—	—
6	10	0,08	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	7	—	—
10	16	0,09	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,1	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	8	10	12
16	25	0,10	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	9	11	14
25	40	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,58	0,70	0,90	1,10	1,4	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	10	12	16
40	63	0,12	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,6	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	11	14	18
63	100	0,14	0,18	0,22	0,28	0,36	0,44	0,56	0,70	0,90	1,10	1,40	1,8	2,2	2,8	3,6	4,4	5,6	7,0	9,0	11,0	12	16	20
100	160	0,16	0,20	0,24	0,32	0,40	0,50	0,64	0,80	1,00	1,20	1,60	2,0	2,4	3,2	4,0	5,0	6,4	8,0	10,0	12,0	14	18	22
160	250	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24
250	400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	28
400	630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	32
630	1000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36
1000	1600	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40
1600	2500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

* Допуски куткових розмірів виливків у перерахунку на лінійні не повинні перевищувати значень, установлених для лінійних розмірів.

Граничні відхилення зсуву елементів виливка, мм

Відстань між центрувальними пристроями форми, мм	Класи точності											
	понад	до	1—3	4—5г	5—6	7г—7	8—9г	9—10	11г—11	12—13—	13г—15—	14
0	630	0,24	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,0
630	1600	0,30	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	2,4
1600	4000	0,40	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	3,0
4000	—	0,50	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,0	4,0	4,0

Граничні відхилення жолоблення виливків, мм

Найбільші розміри виливків, мм	Ступені жолоблення											
	понад	до	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	100	—	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,4	0,6
100	160	—	—	—	—	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,6	1,0
160	240	—	—	—	—	—	0,16	0,24	0,40	0,60	1,0	1,6
240	400	—	—	—	—	—	0,24	0,40	0,60	1,00	1,6	2,4
400	630	—	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,0	6,0
630	1000	0,10	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,0	10,0
1000	1600	0,16	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0
1600	2400	0,24	0,40	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0	24,0
2400	4000	—	0,60	1,00	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0	24,0	40,0
4000	6300	—	—	1,60	2,40	4,00	6,00	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0
6300	10000	—	—	—	4,00	6,00	10,0	16,0	24,0	40,0	60,0	—

Ряди припусків

Допуски розмірів виливків, мм

Допуски розмірів виливків, мм		Ряди припусків															
		1		2		3		4		5		6		7		8	
понад	до	1		2		3		4		5		6		7		8	
0	0,12	0,2-0,4		0,6-0,8		1,0-1,4		1,8-2,2		2,6-3,2		4,4-5,0		7,0-9,0		10,0-13,0	
0,12	0,16	0,3-0,5		0,7-1,0		1,1-1,5		1,9-2,4		2,8-3,2		4,6-6,5		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,16	0,20	0,4-0,6		0,8-1,1		1,2-1,6		2,0-2,8		3,0-3,8		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,20	0,24	0,5-0,7		0,9-1,2		1,3-1,8		2,2-3,0		3,2-4,0		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,24	0,30	0,6-0,8		1,0-1,3		1,4-1,8		2,2-3,0		3,2-4,0		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,30	0,40	0,7-0,9		1,1-1,4		1,6-2,2		2,4-3,2		3,2-4,0		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,40	0,50	0,8-1,0		1,2-1,6		1,8-2,4		2,6-3,6		3,6-4,5		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,50	0,60	0,9-1,2		1,3-1,8		2,0-2,8		2,8-3,8		3,8-4,2		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,60	0,80	1,0-1,4		1,4-2,0		2,2-3,0		3,0-3,8		4,2-5,5		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
0,80	1,0	1,1-1,6		1,6-2,4		2,4-3,2		3,2-4,0		4,2-5,5		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
1,0	1,2	1,2-2,0		1,6-2,4		2,4-3,2		3,2-4,0		4,2-5,5		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
1,2	1,6	1,6-2,4		2,0-2,8		2,6-3,6		3,2-4,0		4,2-5,5		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
1,6	2,0	2,0-2,8		2,4-3,2		3,0-3,8		3,8-4,2		4,2-5,5		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
2,0	2,4	2,4-3,2		2,8-3,6		3,2-4,0		3,8-4,2		4,2-5,5		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
2,4	3,0	2,8-3,6		3,2-4,0		3,6-4,5		4,2-5,5		4,4-6,0		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
3,0	3,0	3,4-4,5		3,8-5,0		4,2-5,5		4,4-6,0		4,4-6,0		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
4,0	4,0	4,0-5,5		4,4-6,0		4,4-6,0		4,4-6,0		4,4-6,0		4,4-6,0		7,0-11,0		10,0-13,0	
5,0	6,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
6,0	8,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
8,0	10,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
10,0	12,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
12,0	16,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
16,0	20,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
20,0	24,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
24,0	30,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
30,0	40,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
40,0	50,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	
50,0	60,0	6,0-7,0		5,5-7,5		6,0-8,0		6,5-8,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5		7,0-9,5	

Значення основних припусків

Клас точності розмірів виливків		Квалітети точності розмірів деталей	
від	до	менші	більші
1	3г	9-17	до 8
3	5г	10-17	до 9
5	7	11-17	до 10
7	9г	12-17	до 11
9	16	13-17	до 12

Значення додаткового припуску

Допуски розмірів виливків, мм		Найбільша похибка розташування		Додатковий припуск, мм
понад	до	понад	до	
1	2	3	4	5
0	0,06	—	0,12	0,1
0,06	0,08	0,03	0,12	0,1
		0,12	0,16	0,2
0,08	0,10	0,04	0,16	0,1
		0,16	0,20	0,2
0,10	0,12	0,05	0,16	0,1
		0,16	0,24	0,2
0,12	0,16	0,06	0,20	0,1
		0,20	0,30	0,2
0,16	0,20	0,08	0,20	0,1
		0,20	0,30	0,2
		0,30	0,40	0,3
0,20	0,24	0,10	0,24	0,1
		0,24	0,40	0,2
		0,40	0,50	0,4
0,24	0,30	0,12	0,24	0,1
		0,24	0,40	0,2
		0,40	0,50	0,3
		0,50	0,60	0,5
0,30	0,40	0,15	0,30	0,1
		0,30	0,40	0,2
		0,40	0,50	0,3
		0,50	0,60	0,4
		0,60	0,80	0,6

Продовження дод. 1.7

1	2	3	4	5
0,40	0,50	0,20	0,40	0,1
		0,40	0,50	0,2
		0,50	0,60	0,3
		0,60	0,80	0,5
		0,80	1,00	0,8
0,50	0,60	0,25	0,50	0,1
		0,50	0,60	0,3
		0,60	0,80	0,4
		0,80	1,20	0,6
0,60	0,80	0,30	0,50	0,1
		0,50	0,60	0,2
		0,60	0,80	0,4
		0,80	1,00	0,5
		1,00	1,20	0,8
		1,20	1,60	1,2
0,8	1,0	0,4	0,6	0,1
		0,6	0,8	0,2
		0,8	1,0	0,4
		1,0	1,2	0,6
		1,2	1,6	1,0
		1,6	2,0	1,6
1,0	1,2	0,5	0,8	0,2
		0,8	1,0	0,3
		1,0	1,2	0,5
		1,2	1,6	0,8
		1,6	2,0	1,2
		2,0	2,4	2,0
		2,4	3,0	2,4
1,2	1,6	0,6	1,0	0,2
		1,0	1,2	0,3
		1,2	1,6	0,6
		1,6	2,0	1,0
		2,0	2,4	1,6
		2,4	3,0	2,4
		3,0	4,0	3,0
1,6	2,0	0,8	1,2	0,2
		1,2	1,6	0,3
		1,6	2,0	0,8
		2,0	2,4	1,2
		2,4	3,0	2,0
		3,0	4,0	3,0
		4,0	5,0	4,0
2,0	2,4	1,0	1,6	0,3
		1,6	2,0	0,4
		2,0	2,4	1,0
		2,4	3,0	1,6
		3,0	4,0	2,4
		4,0	5,0	4,0
2,4	3,0	1,2	2,0	0,3
		2,0	2,4	0,5
		2,4	3,0	1,2
		3,0	4,0	2,0

Закінчення дод. 1.7

1	2	3	4	5
3,0	4,0	4,0	5,0	3,0
		5,0	6,0	5,0
		1,5	2,4	0,4
		2,4	3,0	0,6
		3,0	4,0	1,6
4,0	5,0	4,0	5,0	2,4
		5,0	6,0	4,0
		6,0	8,0	5,5
		2,0	3,0	0,5
		3,0	4,0	0,8
		4,0	5,0	2,0
5,0	6,0	5,0	6,0	3,0
		6,0	8,0	5,0
		8,0	10,0	7,0
		2,5	4,0	0,6
		4,0	5,0	1,0
		5,0	6,0	2,4
		6,0	8,0	4,0
6,0	8,0	8,0	10,0	6,5
		10,0	12,0	8,0
		3,0	5,0	0,8
		5,0	6,0	1,2
		6,0	8,0	3,5
		8,0	10,0	5,0
		10,0	12,0	7,0
8,0	10,0	12,0	16,0	11,0
		4,0	6,0	1,0
		6,0	8,0	1,6
		8,0	10,0	4,0
		10,0	12,0	6,0
		12,0	16,0	8,5
		16,0	20,0	14,0
10,0	12,0	5,0	8,0	1,2
		8,0	10,0	2,0
		10,0	12,0	5,0
		12,0	16,0	8,0
		16,0	20,0	10,5
		20,0	24,0	16,0
		24,0	30,0	22,0
12,0	16,0	6,0	10,0	1,6
		10,0	12,0	2,4
		12,0	16,0	6,5
		16,0	20,0	10,0
		20,0	24,0	14,0
		24,0	30,0	22,0
		30,0	40,0	30,0
16,0	20,0	8,0	12,0	2,0
		12,0	16,0	3,0
		16,0	20,0	8,0
		20,0	24,0	12,0
		24,0	30,0	17,0
		30,0	40,0	27,0
		40,0	50,0	40,0

ДОДАТОК 2

КОВАНКИ З ВУГЛЕЦЕВОЇ ТА ЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ, ВИГОТОВЛЕНІ КУВАННЯМ
НА МОЛОТАХ. ПРИПУСКИ ТА ДОПУСКИ (ГОСТ 7829-70)

ДОДАТОК 2.1

Припуски та граничні відхилення для гладких кованок
з круглим, квадратним і прямокутним перетинами

Довжина деталі, мм	Діаметр, довжина та розміри перетину, мм (понад — до)										
	0 50	50 70	70 90	90 120	120 160	160 200	200 250	250 300	300 360	360	
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм									
0	250	5±2	6±2	7±2	8±2	9±3	—	—	—	—	
250	500	6±2	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	
500	800	7±2	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	
800	1200	8±2	9±3	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	
1200	1700	—	10±3	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5	
1700	2300	—	11±3	12±3	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±5	
2300	3000	—	—	13±4	14±4	15±4	16±5	17±5	18±5	19±5	
3000	4000	—	—	—	15±5	16±5	17±5	18±5	19±5	20±6	
4000	5000	—	—	—	16±5	17±5	18±5	19±5	20±6	21±6	
5000	6000	—	—	—	—	18±5	19±5	20±6	21±6	22±6	

ДОДАТОК 2.2

Додаткові припуски для кованок

Різниця розмірів найбільшого та заданого перетинів, мм (понад — до)	0	40	80	100	120	140	160	180	180
		40	80	100	120	140	160	180	—
Додатковий припуск на діаметр, мм	3	4	5	6	7	8	9	10	10

ДОДАТОК 2.3

Залежність висоти уступу від діаметрального розміру кованки

Діаметральний розмір, мм	0—	100—	180—	Понад
		100	180	250
Мінімальна висота уступу, мм	4	5	6	7

ДОДАТОК 2.4

Залежність довжини уступу від ширини бойка

Ширини бойка молота, мм	02—150	150—300	Понад 300
	Мінімальна довжина здійсненого уступу, мм	0,3 В	0,4 В

Припуски та граничні відхилення для ковачок типу дисків, втулок, брусків і циліндрів

Діаметр деталі, мм	Висота деталі, мм (понад — до)																								
	0—50		50—65		65—80		80—100		100—125		125—150		150—180		180—215		215—250		250—300		300—360				
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм																							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14												
0	110	H	6±2	7±2	8±3	9±3	10±3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		D	9±3	10±3	11±3	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4
110	150	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4
		D	10±3	11±3	12±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4	13±4
150	200	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4
		D	11±3	12±3	13±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4
200	250	H	7±2	8±2	9±3	10±3	11±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4
		D	11±3	12±3	13±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4	14±4
250	300	H	8±2	9±2	10±3	11±3	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4
		D	12±3	13±4	14±4	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5	15±5
300	360	H	9±3	10±3	11±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4	12±4
		D	13±4	14±4	15±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5	16±5
360	420	H	10±4	11±4	12±4	13±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5
		D	14±5	15±5	16±5	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6
420	485	H	10±4	11±4	12±4	13±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5	14±5
		D	15±6	16±6	17±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6	18±6

Продовження дод. 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14												
485	550	H	11±4	12±4	13±4	14±5	15±5	16±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6
		D	16±6	17±6	18±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7	19±7
550	620	H	11±4	12±4	13±4	14±5	15±5	16±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6
		D	17±7	18±7	19±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7	20±7
620	690	H	11±4	12±4	13±4	14±5	15±5	16±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6
		D	22±7	23±7	24±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7	25±7
690	765	H	12±5	13±5	14±5	15±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6
		D	18±8	19±8	20±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8	21±8
765	840	H	—	13±5	14±5	15±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6	16±6
		D	—	20±8	21±9	22±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9
840	920	H	—	14±5	15±5	16±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6	17±6
		D	—	21±9	22±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9	23±9
920	1000	H	—	15±6	16±6	17±7	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8	18±8
		D	—	22±10	23±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10	24±10
1000	1085	H	—	17±7	18±8	19±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8	20±8
		D	—	24±11	25±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11	26±11
1085	1200	H	—	18±8	19±8	20±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9	21±9
		D	—	25±11	26±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11	27±11

ДОДАТОК 3

КОВАНКИ З ВУГЛЕЦЕВОЇ ТА ЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ, ВИГОТОВЛЕНІ НА ПРЕСАХ.
ПРИПУСКИ ТА ДОПУСКИ (ГОСТ 7062-79)

ДОДАТОК 3.1

Припуски та граничні відхилення для гладких кованок
першої групи точності круглого перетину

Довжина деталі, мм		Діаметр деталі, мм (понад — до)					
		0— 140	140— 160	160— 180	180— 200	200— 224	224— 250
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	9±1	9±2	10±2	11±2	11±2	12±2
1000	1250	9±2	10±2	11±2	11±2	12±2	13±2
1250	1600	10±2	11±2	11±2	12±2	13±2	13±2
1600	2000	11±2	11±2	12±2	13±2	13±2	14±2
2000	2500	11±2	12±2	13±2	13±2	14±2	16±3
2500	3150	12±2	13±2	13±2	14±2	16±3	17±3
3150	4000	13±2	13±2	14±2	16±3	17±3	17±3
4000	5000	13±2	14±2	16±3	17±3	17±3	17±3

Продовження дод. 3.1

Довжина деталі, мм		Діаметр деталі, мм (понад — до)					
		250— 280	280— 315	315— 355	355— 400	400— 450	450— 500
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	13±2	13±2	14±2	16±3	17±3	17±3
1000	1250	13±2	14±2	16±3	17±3	17±3	17±3
1250	1600	14±2	16±3	17±3	17±3	18±3	18±3
1600	2000	16±3	17±3	17±3	18±3	18±3	20±4
2000	2500	17±3	17±3	17±3	18±3	20±4	20±4
2500	3150	17±3	17±3	18±3	18±3	20±4	20±4
3150	4000	17±3	18±3	18±3	20±4	20±4	21±4

Продовження дод. 3.1

Довжина деталі, мм		Діаметр деталі, мм (понад — до)					
		250— 280	280— 315	315— 355	355— 400	400— 450	450— 500
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
4000	5000	18±3	18±3	20±4	20±4	21±4	22±4
5000	6300	18±3	20±4	20±4	21±4	22±4	23±4
6300	7100	20±3	20±4	21±4	22±4	22±4	22±4
7100	8000	20±4	21±4	22±4	22±4	23±4	24±4

Довжина деталі, мм		Діаметр деталі, мм (понад — до)					
		500— 560	560— 630	630— 710	710— 800	800— 900	900— 1000
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	17±3	18±3	18±3	20±4	20±4	22±4
1000	1250	18±3	18±3	20±4	20±4	21±4	22±4
1250	1600	18±3	20±4	20±4	21±4	22±4	22±4
1600	2000	20±4	20±4	21±4	22±4	22±4	23±4
2000	2500	20±4	21±4	22±4	22±4	23±4	24±4
2500	3150	21±4	22±4	22±4	23±4	24±4	25±5
3150	4000	22±4	22±4	23±4	24±4	25±5	26±5
4000	5000	22±4	23±4	24±4	25±5	26±5	27±5
5000	6300	23±4	24±4	25±5	26±5	27±5	27±5
6300	7100	24±4	25±5	26±5	27±5	27±5	28±5
7100	8000	25±5	26±5	27±5	27±5	28±5	29±5

ДОДАТОК 3.2

Припуски та граничні відхилення для гладких кованок
другої групи точності з круглим перетином

Довжина деталі, мм		Діаметр деталі, мм (понад — до)					
		0— 140	140— 160	160— 180	180— 200	200— 224	224— 250
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	11±4	12±5	13±5	14±5	15±6	16±6
1000	1250	12±5	13±5	14±5	15±6	16±6	17±6
1250	1600	13±5	14±5	15±6	16±6	17±6	18±7
1600	2000	14±5	15±6	16±6	17±6	18±7	19±7
2000	2500	15±6	16±6	17±6	18±7	19±7	20±7
2500	3150	16±6	17±6	18±7	19±7	20±7	21±7
3150	4000	17±6	18±7	19±7	20±7	21±7	22±8
4000	5000	18±7	19±7	20±7	21±7	22±8	22±8

Продовження дод. 3.2

Довжина деталі, мм		Діаметр деталі, мм (понад — до)					
		250— 280	280— 315	315— 355	355— 400	400— 450	450— 500
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	17±6	18±7	19±7	20±7	21±7	22±8
1000	1250	18±7	19±7	20±7	21±7	22±8	22±8
1250	1600	19±7	20±7	21±7	22±8	22±8	23±8
1600	2000	20±7	21±7	22±8	22±8	23±8	24±9
2000	2500	21±7	22±8	22±8	23±8	24±9	25±9
2500	3150	22±7	22±8	23±8	24±9	25±9	26±10
3150	4000	23±8	23±8	24±9	25±9	26±10	27±10
4000	5000	24±9	24±9	25±9	26±10	27±10	28±10

Закінчення дод. 3.2

Довжина деталі, мм		Діаметр деталі, мм (понад — до)					
		500— 560	560— 630	630— 710	710— 800	800— 900	900— 1000
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	22±8	23±8	24±9	25±9	26±10	28±10
1000	1250	23±8	24±9	25±9	26±10	27±10	28±10
1250	1600	24±9	25±9	26±10	27±10	28±10	29±11
1600	2000	25±9	26±10	27±10	28±10	29±11	30±11
2000	2500	26±10	27±10	28±10	29±11	30±11	31±11
2500	3150	27±10	28±10	29±11	30±11	31±11	32±12
3150	4000	28±10	29±11	30±11	31±11	32±12	33±12
4000	5000	29±11	30±11	31±11	32±12	33±12	34±12

ДОДАТОК 3.3

Припуски та граничні відхилення для гладких кованок першої групи точності квадратного чи прямокутного перетину

Довжина деталі, мм		Розміри перетину, мм (понад — до)					
		0— 140	140— 160	160— 180	180— 200	200— 224	224— 250
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	13±2	13±2	14±2	15±2	15±2	16±2
1000	1250	13±2	14±2	15±2	15±2	16±2	17±2
1250	1600	14±2	15±2	15±2	16±2	17±2	17±2
1600	2000	15±2	15±2	16±2	17±2	17±2	19±3
2000	2500	15±2	16±2	17±2	17±2	19±3	20±3
2500	3150	16±2	17±2	17±2	19±3	20±3	21±3
3150	4000	17±2	17±2	19±3	20±3	21±3	21±3
4000	5000	17±2	19±3	20±3	21±3	21±3	22±3

Продовження дод. 3.3

Довжина деталі, мм		Розміри перетину, мм (понад — до)					
		250— 280	280— 315	315— 355	355— 400	400— 450	450— 500
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	17±2	17±2	19±3	20±3	21±3	21±3
1000	1250	17±2	19±3	20±3	21±3	21±3	22±3
1250	1600	19±3	20±3	21±3	21±3	22±3	23±3
1600	2000	20±3	21±3	21±3	22±3	23±3	24±4
2000	2500	21±3	21±3	22±3	23±4	24±4	25±4
2500	3150	21±3	22±3	23±3	24±4	25±4	25±4
3150	4000	22±3	23±3	24±4	25±4	25±4	26±4
4000	5000	23±3	24±4	25±4	25±4	26±4	27±4

Закінчення дод. 3.3

Довжина деталі, мм		Розміри перетину, мм (понад — до)					
		500— 560	560— 630	630— 710	710— 800	800— 900	900— 1000
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	22±3	23±3	24±4	25±4	25±4	—
1000	1250	23±3	24±4	25±4	25±4	26±4	27±4
1250	1600	24±4	25±4	25±4	26±4	27±4	27±4
1600	2000	25±4	25±4	26±4	27±4	27±4	28±4
2000	2500	25±4	26±4	27±4	27±4	28±4	30±5
2500	3150	26±4	27±4	27±4	28±4	30±5	30±5
3150	4000	27±4	27±4	28±4	30±5	30±5	31±5
4000	5000	27±4	28±4	30±5	30±5	31±5	33±6

ДОДАТОК 3.4

Припуски та граничні відхилення для гладких кованок другої групи точності квадратного чи прямокутного перетину

Довжина деталі, мм		Розміри перетину, мм (понад — до)					
		0— 140	140— 160	160— 180	180— 200	200— 224	224— 250
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	15±4	16±5	17±5	18±5	19±6	20±6
1000	1250	16±5	17±5	18±5	19±6	20±6	21±6
1250	1600	17±5	18±5	19±6	20±6	21±6	22±7
1600	2000	18±5	19±6	20±6	21±6	22±7	23±7
2000	2500	19±6	20±6	21±6	22±7	23±7	24±7
2500	3150	20±6	21±6	22±7	23±7	24±7	25±8
3150	4000	21±6	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8
4000	5000	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8

Продовження дод. 3.4

Довжина деталі, мм		Розміри перетину, мм (понад — до)					
		250— 280	280— 315	315— 365	365— 400	400— 450	450— 500
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	21±6	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8
1000	1250	22±7	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8
1250	1600	23±7	24±7	25±8	26±8	27±8	28±8
1600	2000	24±7	25±8	26±8	27±8	28±8	29±8
2000	2500	25±8	26±8	27±8	28±8	29±9	30±9
2500	3150	26±8	27±8	28±8	29±9	30±9	31±10
3150	4000	27±8	28±8	29±9	30±9	31±10	32±10
4000	5000	28±8	29±9	30±9	31±10	32±10	33±10

Закінчення дод. 3.4

Довжина деталі, мм		Розміри перетину, мм (понад — до)					
		500— 560	560— 630	630— 710	710— 800	800— 900	900— 1000
понад	до	Припуски та граничні відхилення, мм					
0	1000	27±8	28±8	29±9	30±9	31±10	—
1000	1250	28±8	29±9	30±9	31±10	32±10	33±11
1250	1600	29±9	30±9	31±10	32±10	33±10	34±11
1600	2000	30±9	31±10	32±10	33±10	34±11	35±11
2000	2500	31±10	32±10	33±10	34±11	35±11	36±11
2500	3150	32±10	33±10	34±11	35±11	36±11	37±12
3150	4000	33±10	34±11	35±11	36±11	37±12	38±12
4000	5000	34±11	35±11	36±11	37±12	38±12	39±12

ДОДАТОК 3.5

Додаткові припуски для розмірів неосновних перетинів східчастих кованок

Різниця розмірів перетину кованки, мм	0	55	80	120	140	180	224	250	280	315	355	400
	55	80	120	140	180	224	250	280	315	355	400	420
Додатковий припуск на розмір, мм	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15

Закінчення дод. 3.5

Різниця розмірів перетину кованки, мм	420	450	470	500	530	560	600	630	670	710	750	800
	450	470	500	530	560	600	630	670	710	750	800	900
Додатковий припуск на розмір, мм	16	17	18	19	20	22	23	24	25	27	29	32

ДОДАТОК 4
КОВАНКИ СТАЛІВІ ШТАМПОВАНІ (ГОСТ 7505-89)

ДОДАТОК 4.1

Номери вихідних індексів

Маса кованки, кг		Група сталі			Ступінь складності				Клас точності					Вихідний індекс	
понад	до	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
0	0,5														1
0,5	1,0														2
1,0	1,8														3
1,8	3,2														4
3,2	5,6														5
5,6	10,0														6
10,0	20,0														7
20,0	50,0														8
50,0	125														9
125	250														10
															11
															12
															13
															14
															15
															16
															17
															18
															19
															20
															21
															22
															23

ДОДАТОК 4.2

Допустимі відхилення лінійних розмірів кованок

Вихідний індекс	Товщина кованки, мм									
	0—40	40—63	63—100	100—160	160—250	понад 250				
	Лінійні розміри кованки, мм									
	0—40	40—100	100—160	160—250	250—400	400—630	630—1000	1000—1600	1600—2500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	+0,2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5					
	-0,1	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2					
2	+0,3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6				
	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3				
3	+0,3	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8			
	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4			
4	+0,4	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9			
	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5			
5	+0,5	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6
	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9
6	+0,5	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8
	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0
7	+0,6	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1
	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1
8	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4
	-0,3	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1
9	+0,8	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7
	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3
10	+0,9	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0
	-0,5	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5
11	+1,1	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3
	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7
12	+1,3	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7
	-0,7	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9
13	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2
	-0,8	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1
14	+1,6	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7
	-0,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4
15	+1,8	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3
	-1,0	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7
16	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0
	-1,1	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0
17	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7
	-1,2	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3
18	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4
	-1,3	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6
19	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0
	-1,5	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0
20	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6
	-1,7	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,6
21	+3,7	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+9,3

Закінчення дод. 4.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	-1,9	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,4
22	+4,2	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+9,2
	-2,1	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,8	-4,8
23	+4,7	+5,3	+6,0	+6,7	+7,4	+8,0	+8,6	+9,2	+10,0
	-2,4	-2,7	-3,0	-3,3	-3,6	-4,0	-4,8	-4,8	-6,0

ДОДАТОК 4.3

Радіуси заокруглень зовнішніх кутів

Маса кованки, кг		Мінімальний радіус для глибини рівчака, мм			
понад	до	0—10	10—25	25—50	понад 50
0	1,0	1,0	1,6	2,0	3,0
1,0	6,3	1,6	2,0	2,5	3,5
6,3	16	2,0	2,5	3,0	4,0
16	40	2,5	3,0	4,0	5,0
40	100	3,0	4,0	5,0	7,0
100	250	4,0	5,0	6,0	8,0

ДОДАТОК 4.4

Допустимі відхилення зігнутості

Габаритний розмір, мм		Відхилення для класів точності, мм				
понад	до	T1	T2	T3	T4	T5
0	100	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
100	160	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
160	250	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
250	400	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
400	630	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
630	1000	1,0	1,2	1,6	2,0	2,5
1000	1600	1,2	1,6	2,0	2,5	3,2
1600	2500	1,6	2,0	2,5	3,2	4,0

ДОДАТОК 4.5

Допустимі відхилення кутових розмірів

Довжина сторони кута, мм		Відхилення для класів точності, мм				
понад	до	T1	T2	T3	T4	T5
0	25	+0°45'	+1°00'	+1°30'	+2°00'	+2°30'
25	60	+0°30'	+0°45'	+1°00'	+1°30'	+2°00'
60	100	+0°15'	+0°30'	+0°45'	+1°00'	+1°30'
100	160	+0°10'	+0°15'	+0°30'	+0°45'	+1°00'
160		+0°05'	+0°10'	+0°15'	+0°30'	+0°45'

ДОДАТОК 4.6

Допуски радіусів заокруглень

Радіус, мм		Допуск для класів точності, мм				
понад	до	T1	T2	T3	T4	T5
0	4	0,5	0,5	0,5	1,0	2,0
4	6	0,5	0,5	1,0	2,0	3,0
6	10	1,0	1,0	2,0	3,0	5,0
10	16	1,0	2,0	3,0	5,0	8,0
16	25	2,0	3,0	5,0	8,0	12,0
25	40	3,0	5,0	8,0	12,0	20,0
40	60	5,0	8,0	12,0	20,0	30,0
60	100	8,0	12,0	20,0	30,0	50,0

ДОДАТОК 4.7

Допуски та припуски на товщину каліброваних кованок

Площа поверхні кованки, см²		Припуск, мм	Допуск при K*, мм	
понад	до		до 0,5	понад 0,5
0	2,5	0,25	0,32	0,26
2,5	6,3	0,30	0,36	0,32
6,3	10	0,36	0,40	0,36
10	16	0,40	0,44	0,40
16	40	0,50	0,50	0,44
40	80	0,70	0,80	0,60

* K — відношення товщини до ширини кованки

Штампувальні нахили

Устаткування	Нахили поверхонь, °	
	зовнішньої	внутрішньої
	Молоти, преси без виштовхувачів	7
Преси з виштовхувачами, ГKM	5	7
Гарячостампувальні автомати	1	2

Основні припуски на оброблення різанням, мм

Вихідний індекс	Товщина деталі, мм											
	0—25			25—40			40—63			63—100		
	Лінійні розміри деталі, мм											
	0—40			40—100			100—160			160—250		
	Шорсткість поверхні деталі за параметром Ra, мкм											
100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	

1	0,4	0,6	0,7	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9
2	0,4	0,6	0,7	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9
3	0,5	0,6	0,7	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0
4	0,6	0,8	0,9	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1
5	0,6	0,8	0,9	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2
6	0,7	0,9	1,0	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4
7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5
8	0,9	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6
9	1,1	1,3	1,4	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
10	1,1	1,4	1,5	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
11	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
12	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
13	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
14	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
15	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,4	3,0	3,3
16	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,6	3,2	3,5
17	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,8	3,5	3,8
18	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	3,0	3,8	4,1
19	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,4	4,3	4,7
20	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,7	4,7	5,1
21	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	4,1	5,1	5,6
22	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,7	5,6	6,2
23	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2

Вихідний індекс	Товщина деталі, мм											
	0—25			25—40			40—63			63—100		
	Лінійні розміри деталі, мм											
	0—40			40—100			100—160			160—250		
	Шорсткість поверхні деталі за параметром Ra, мкм											
100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	100—12,5	12,5—1,6	1,25—0	
1	0,6	0,8	0,9	0,8	1,0	1,1						
2	0,7	0,9	1,0	0,9	1,1	1,2						
3	0,8	1,0	1,1	1,0	1,3	1,4	1,0	1,3	1,4			
4	0,9	1,1	1,2	1,1	1,4	1,5	1,1	1,4	1,5			
5	1,0	1,3	1,4	1,2	1,5	1,6	1,2	1,5	1,6	1,3	1,6	1,8
6	1,1	1,4	1,5	1,3	1,6	1,8	1,3	1,6	1,8	1,4	1,7	1,9
7	1,2	1,5	1,5	1,4	1,7	1,9	1,4	1,7	1,9	1,5	1,8	2,0
8	1,3	1,6	1,8	1,5	1,8	2,0	1,5	1,8	2,0	1,7	2,0	2,2
9	1,4	1,7	1,9	1,7	2,0	2,2	1,7	2,0	2,2	1,9	2,3	2,5
10	1,5	1,8	2,0	1,9	2,3	2,5	1,9	2,3	2,5	2,0	2,5	2,7
11	1,7	2,0	2,3	2,0	2,5	2,7	2,0	2,5	2,7	2,2	2,7	3,0
12	1,9	2,3	2,5	2,2	2,7	3,0	2,2	2,7	3,0	2,4	3,0	3,3
				2,4	3,0	3,3	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5
13	2,0	2,5	2,7				2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8
14	2,2	2,7	3,0				2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1
15	2,4	3,0	3,3	2,6	3,2	3,5	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
16	2,6	3,2	3,5	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7
17	2,8	3,5	3,8	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1
18	3,0	3,8	4,1	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6
19	3,4	4,3	4,7	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,6	6,2
20	3,7	4,7	5,1	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8
21	4,1	5,1	5,6	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5
22	4,5	5,7	6,2	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1
23	4,9	6,2	6,8	5,4	6,8	7,5	5,8	7,4	8,1	6,2	7,9	8,7

ДОДАТОК 4.10

Додатковий припуск на зсування половин штамп

Маса кованки, кг		Припуски для класів точності, мм								
		Поверхня рознімання плоска								
		T1	T2	T3	T4	T5				
		симетрично зігнана								
				T1	T2	T3	T4	T5		
		несиметрично зігнана								
понад	до			T1	T2	T3	T4	T5		
0	1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
1,0	1,8	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
1,8	3,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5
3,2	5,6	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6
5,6	10	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,6	0,6	0,7
10	20	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,7	0,7	0,9
20	50	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5	0,7	0,9	0,9	1,2
50	125	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,2	1,6
125	250	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,2	1,6	1,6	2,0

ДОДАТОК 4.11

Додатковий припуск на зігнутість кованок

Найбільший розмір кованки, мм		Припуски для класів точності, мм				
понад	до	T1	T2	T3	T4	T5
0	100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4
100	160	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5
160	250	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
250	400	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
400	630	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
630	1000	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2
1000	1600	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6
1600	2500	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0

ДОДАТОК 4.12

Додатковий припуск на відхилення міжцентрової відстані

Міжосьова відстань, мм		Припуски для класів точності, мм				
понад	до	T1	T2	T3	T4	T5
0	60	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3
60	100	0,1	0,2	0,2	0,3	0,5
100	160	0,2	0,2	0,3	0,5	0,8
160	250	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2
250	400	0,3	0,5	0,8	1,2	1,6
400	630	0,5	0,8	1,2	1,6	2,0
630	1000	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
1000	1600	1,2	1,6	2,0	2,5	4,0
1600	2500	1,6	2,0	2,5	4,0	6,0

ДОДАТОК 5

ГРАНИЧНІ ВІДХИЛЕННЯ РОЗМІРІВ КРУГЛОГО ПРОКАТУ

ДОДАТОК 5.1

Калібрована сталь ГОСТ 7417-75

Діаметр, мм		Відхилення для класів точності, мм			
понад	до	3	3a	4	5
0	3	-0,020	-0,040	-0,060	-0,120
3	6	-0,025	-0,048	-0,080	-0,160
6	10	-0,030	-0,058	-0,100	-0,200
10	18	-0,035	-0,070	-0,120	-0,240
18	30	-0,045	-0,084	-0,140	-0,280
30	50	-0,050	-0,100	-0,170	-0,340
50	65	-0,060	-0,120	-0,200	-0,400
65	80	—	—	-0,200	-0,400
80	100	—	—	-0,230	-0,460

ДОДАТОК 5.2

Сріблянка ГОСТ 14955-77

Діаметр, мм		Відхилення для класів точності, мкм				
понад	до	2	2a	3	3a	4
0	3	-10	-14	-20	-40	-60
3	6	-13	-18	-25	-48	-80
6	10	-16	-22	-30	-58	-100
10	18	-23	-27	-35	-70	-120
18	30	-28	-33	-45	-84	-140

ДОДАТОК 5.3

Гарячекатана сталь (ГОСТ 2590-71)

Діаметри, мм	Відхилення для точності прокатування, мм					
	високої		підвищеної		звичайної	
	+	-	+	-	+	-
5; 5,5; 6; 6,3; 6,5; 7—9	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,5
10—19	0,1	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5
20—25	0,2	0,3	0,2	0,5	0,4	0,5
26—48	0,2	0,5	0,2	0,7	0,4	0,7
50, 52—58	0,2	0,8	0,2	1,0	0,4	1,0
60; 62; 63; 65; 67; 68	0,3	0,9	0,3	1,1	0,5	1,1
70; 72; 75; 78	0,3	0,9	0,3	1,1	0,5	1,1
80; 82; 85; 90; 95	0,3	1,1	0,3	1,3	0,5	1,3
100; 105; 110; 115	—	—	0,4	1,7	0,6	1,7
120; 125; 130; 135	—	—	0,6	2,0	0,8	2,0
140; 150; 160—250	—	—	—	—	0,9	2,5

ДОДАТОК 6

ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ПРОКАТУ

ДОДАТОК 6.1

Якість поверхонь точного прокату

Вид прокату	R_z , мкм	F , мкм
Калібрований	60	50
Шліфований (сріблянка)	10	20

ДОДАТОК 6.2

Якість поверхонь сортового прокату

Діаметр прокату, мм		Точність прокатування, мкм					
понад	до	висока		підвищена		звичайна	
		R_z	F	R_z	F	R_z	F
		0	30	63	50	80	100
30	80	100	75	125	150	160	250
80	180	125	100	160	200	200	300
180	250	200	200	250	300	320	400

ДОДАТОК 7

ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ПОПЕРЕЧНО-ГВИНТОВОГО ПРОКАТУ

Діаметр прокату, мм		R_z , точність прокатування, мкм		F , мкм
понад	до	підвищена	нормальна	
0	10	63	100	100
10	18	100	200	180
18	30	160	320	300
30	50	320	500	500
50	80	500	800	800
80	120	800	1250	1200
120	180	1250	1600	2000

ДОДАТОК 8

КРИВИЗНА ПРОФІЛЮ СОРТОВОГО ПРОКАТУ (мкм) НА 1 мм

Характеристика прокату	Довжина прокату, мм, до				
	120	180	315	400	500
Звичайної точності	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Підвищеної точності	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Високої точності	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Загартований в печах	2,0	1,3	0,9	0,6	0,5
Загартований СВЧ	1,0	0,6	0,45	0,3	0,15
Виправлений на пресах	0,13	0,12	0,11	0,10	0,08

ДОДАТОК 9

ЯКІСТЬ ПРОКАТУ ПІСЛЯ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

Спосіб оброблення	Перехід	Квалітет	R_z , мкм	F , мкм
Різцями	Чорновий	14—16	125	120
	Напівчорновий	11—13	63	50
	Напівчистовий	9—10	32	30
Шліфуванням	Чистовий	7—8	3,2	—
	Чорновий	9—10	10	20
	Напівчистовий	7—8	6,3	12
	Чистовий	5—6	1,25	2,5

ДОДАТОК 10

ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ВИЛИВКІВ

Спосіб виготовлення	Клас точності	R_2 , мкм			F , мкм		
		чавун	сталь	кольорові метали	чавун	сталь	кольорові метали
Земляні форми	6—8	300	250	200	300	250	200
	9—11	350	300	250	350	300	250
	12—15	400	350	300	400	350	300
Кокіль і відцентрове лиття	3—7		200		300	200	100
Оболонкові форми	4—8		50		250	160	100
Витоплювані моделі	3—7		32		170	100	63

ДОДАТОК 11

ТОЧНІСТЬ РОЗМІРІВ ТА ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ЗАГОТОВАНOK
З ВИЛИВКІВ ПІСЛЯ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

Спосіб оброблення	Перехід	Квалітет	R_2 , мкм	F , мкм
Різцями	Чорновий	14—15	320	300
	Напівчорновий	12—14	160	100
	Напівчистовий	10—12	50	60
	Чистовий	7—9	2,5	5
Шліфуванням	Чорновий	9—10	50	50
	Напівчистовий	7—8	10	—
	Чистовий	5—6	2,5	—

ДОДАТОК 12

ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ КОВАНOK ($R_2 + F$), мкм

Найбільший розмір кованки, мм		Прес	Молот	Підкладні штампи
понад	до	Точність		
		підвищена	нормальна	
50	180	600	800	700
180	500	800	1000	850
500	1250	1000	1200	1000
1250	3150	1200	1600	—

ДОДАТОК 13

ЯКІСТЬ ПОВЕРХОНЬ ШТАМПОВАНИХ КОВАНOK

Маса кованок, кг		R_2 , мкм	F , мкм
понад	до		
0	0,25	80	150
0,25	4,0	160	200
4	25	200	250
25	40	250	300
40	100	320	350
100	200	400	400

ДОДАТОК 14

ЯКІСТЬ КОВАНOK ПІСЛЯ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ

Спосіб оброблення	Перехід	Квалітет	R_2 , мкм	F , мкм
Різцями	Чорновий	14—15	950	300
	Напівчорновий	12—13	250	200
	Напівчистовий	9—11	125	100
	Чистовий	7—8	25	20
Шліфуванням	Чорновий	14—15	250	200
	Напівчорновий	10—13	50	40
	Напівчистовий	8—10	20	10
	Чистовий	6—7	5	2,5

ДОДАТОК 15

ЗНАЧЕННЯ ДОПУСКІВ ДЛЯ РОЗМІРІВ ДО 1600 мм

Інтервали розмірів, мм		Допуски для якітетів, мкм					
понад	до	5	6	7	8	9*	
	0	3	4	6	10	14	25
	3	6	5	8	12	18	30
	6	10	6	9	15	22	36
	10	18	8	11	18	27	43
	18	30	9	13	21	33	52
	30	50	11	16	26	39	62
	50	80	13	19	30	46	74
	80	120	15	22	35	54	87
	120	180	18	25	40	63	100
	180	250	20	29	46	72	115
	250	315	23	32	52	81	130
	315	400	25	36	57	89	140
	400	500	27	40	63	97	155
	500	630	30	44	70	110	175
	630	800	35	50	80	125	200
	800	1000	40	56	90	140	230
	1000	1250	46	66	105	165	260
	1250	1600	54	78	125	195	310

* Для якітетів з 10 до 17 значення допусків вираховують як $T_N = 10\sqrt{N-5}$.
Наприклад, для 12 якітету та розміру 100 мм $T_{12} = 10 \times \sqrt{12-5} = 10 \times \sqrt{7} = 10 \times 2,65 = 26,5$ мкм

ДОДАТОК 16

ПОХИБКИ ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАГОТОВАНОК ДЛЯ ОБРОБЛЕННЯ РІЗАННЯМ НА МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТАХ [μm], мкм

Спосіб оброблення базової поверхні	Найбільший габаритний розмір заготовки (до), мм				
	40	100	250	680	3000
Оброблення різанням:					
чистове	4	4	6	8	10
напівчистове	20	30	40	50	80
напівчорнове	50	80	120	150	220
чорнове	120	150	250	350	450
Прокат:					
калібрований	20	30	50	60	80
гарячокатаний	200	250	320	400	500
Литво:					
під тиском і відцентрове	150	180	250	320	420
у сталі форми	200	220	300	380	450
в оболонкові форми	200	200	280	350	440
у земляні форми	250	300	450	500	600
Кованки					
вільне кування	280	380	500	630	800
штампування	250	320	450	540	650

* Примітка: Вказані в таблиці значення похибок встановлення належать до випадків базування заготовок на механічно необроблені поверхні. У випадках базування заготовок на оброблені поверхні (центрові опори, площини, циліндричні поверхні тощо) похибки встановлення залежно від якості базових поверхонь можуть бути в 10-20 разів меншими.

ДОДАТОК 17

ОПТОВІ ЦІНИ НА ВИЛИВКИ, КОВАНКИ ТА ГАРЯЧІ ШТАМПОВАНКИ (ПРЕЙСКУРАНТ № 25-01 за 1990 р.)

ДОДАТОК 17.1

Значення коефіцієнта $K_{ТВ}$, що враховує точність виливків

Клас точності, вилівка	1-3	4-6	7-9т	9-11	12-14	15-16
$K_{ТВ}$	1,88	1,64	1,32	1,00	0,68	0,44

Значення коефіцієнта $K_{св}$, що враховує конструктивно-технологічну складність виливків

ДОДАТОК 17.2

Група складності, вилівка	1	2	3	4	5	6
$K_{св}$	0,65	0,81	1,00	1,19	1,42	1,70

Значення коефіцієнта $K_{мв}$, що враховує марку матеріалу вилівка

ДОДАТОК 17.3

Матеріал	$K_{мв}$	Матеріал	$K_{мв}$
Сірий чавун	1,00	Високолегована сталь	2,86
Ковкий чавун	1,16	Алюмінієві стопи	4,36
Високоміцний чавун	1,24	Бронза олов'яноцинкова	3,38
Антифрикаційний чавун	1,12	Бронза олов'яна	8,62
Легований чавун	1,04	Бронза алюмінієва	2,17
Високолегований чавун	1,32	Латунь	3,34
Вуглецева сталь	1,20	Цинкові стопи	3,64
Легована сталь	1,92	Магнієві стопи	4,59

ДОДАТОК 17.4

Групи серійності виливків

Маса вилівка, кг		Кількість виливків у річному замовленні (шт.) для груп серійності									
понад	до	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,25	понад 2000000	1000000	500000	200000	100000	35000	15000	2500	500	до 500
0,25	0,63	понад 1400000	700000	400000	150000	70000	30000	12000	2000	400	до 400
0,63	1,0	понад 1000000	500000	300000	100000	40000	20000	8000	1500	300	до 300
1,0	2,5	понад 700000	350000	200000	75000	30000	12000	4000	800	150	до 150
2,5	10	понад 400000	200000	100000	30000	12000	6000	2000	500	200	до 200
10	25	понад 200000	100000	50000	15000	8000	3000	1000	300	100	до 100
25	63	понад 120000	60000	30000	10000	6000	2500	800	200	70	до 70
63	160	понад 80000	40000	20000	7500	4000	1500	600	100	55	до 55
160	630	понад 50000	25000	12000	5500	2500	1000	600	100	45	до 45
630	1000	понад 30000	15000	7000	3500	1500	600	300	75	35	до 35
1000	2500	понад 15000	6000	2500	1000	400	150	60	30	27	до 27
2500	10000	понад 3000	1500	700	350	180	90	45	25	22	до 22
				1500	700	350	180	90	45	25	до 25

ДОДАТОК 17.5
Значення коефіцієнта $K_{ПМВ}$, що враховує програму річного замовлення та масу виливків

Група серійності виливка	Коефіцієнт $K_{ПМВ}$ для маси виливка, кг			
	0—160	160—1000	1000—2500	2500—10 000
1	0,80	0,82	0,87	0,87
2	0,85	0,87	0,91	0,91
3	0,88	0,91	0,95	0,95
4	0,94	0,96	1,00	1,00
5	1,00	1,00	1,00	1,00
6	1,06	1,05	1,05	1,05
7	1,13	1,11	1,09	1,09
8	1,18	1,18	1,11	1,11
9	1,30	1,26	1,23	1,23
10	1,40	1,35	1,30	1,30

ДОДАТОК 17.6
Базові товщини стінок виливків

Маса виливка, кг		Базова товщина основних стінок виливка, мм				
понад	до	Сірий чавун	Високоміцний чавун	Сталь недегована	Сталь легована	Кольорові стопи
0	0,25	3,5	4,5	5,5	8	2,5
0,25	0,50	4,5	5,5	6,5	9	3
0,50	1,0	5,5	7	8	10	4
1,0	2,5	6,5	8,5	9,5	11	5
2,5	5,0	8	10	11	13	6
5,0	10	9	11	12	15	7
10	25	10	12,5	13,5	16	8
25	50	11	14	15	18	9
50	100	13	15,5	17,5	21	11
100	250	15	18	20	24	13
250	500	17	21	23	27	15
500	1000	19	23	26	30	17
1000	2500	21	26	28	33	19
2500	5000	24	29	32	37	22
5000	10000	27	33	36	41	25

ДОДАТОК 17.7
Значення коефіцієнта $K_{ст}$, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини

Відносне потоншення товщини основних стінок, %	5	10	15	20	25	30	35
$K_{ст}$	1,10	1,15	1,21	1,27	1,34	1,40	1,45

ДОДАТОК 17.8

Групи серійності кованок

Маса кованки, кг		Кількість кованок у річному замовленні (шт.) для груп серійності			
понад	до	1	2	3	4
0	2,5	понад 600	300—600	150—300	до 150
2,5	10	понад 500	250—500	125—250	до 125
10	25	понад 400	200—400	100—200	до 100
25	63	понад 300	150—300	75—150	до 75
63	160	понад 200	100—200	50—100	до 50
160	250	понад 100	50—100	25—50	до 25
250	630	понад 80	40—80	20—40	до 20
630	1000	понад 60	30—60	15—30	до 15
1000	2500	понад 40	20—40	10—20	до 10
2500	4000	понад 30	15—30	8—15	до 8
4000	10000	понад 25	12—25	7—12	до 7

ДОДАТОК 17.9

Групи серійності гарячих штампованок

Маса штампованки, кг		Кількість штампованок у річному замовленні (шт.) для груп серійності				
понад	до	1	2	3	4	5
0	0,25	понад 500000	150000—500000	60000—150000	4000—60000	до 4000
0,25	0,63	понад 300000	80000—300000	30000—80000	2000—30000	до 2000
0,63	1,6	понад 150000	50000—150000	15000—50000	800—15000	до 800
1,6	2,5	понад 120000	45000—120000	14000—45000	700—14000	до 700
2,5	4	понад 100000	40000—100000	12500—40000	650—12500	до 650
4	10	понад 75000	35000—75000	10000—35000	500—10000	до 500
10	25	понад 50000	30000—50000	7500—30000	400—7500	до 400
25	63	понад 30000	20000—30000	5000—20000	350—5000	до 350
63	160	понад 10000	600—10000	400—600	300—400	до 300
160	400	понад 600	400—600	300—400	250—300	до 250

ДОДАТОК 17.10

Значення коефіцієнта K_{TK} , що враховує точність кованки

Клас точності кованки	Штампованої					Кованої	
	1т	2т	3т	4т	5т	1	2
K_{TK}	1,47	1,39	1,31	1,23	1,15	1,15	1,00

ДОДАТОК 17.11

Значення коефіцієнта $K_{СК}$, що враховує конструктивно-технологічну складність кованок

Група складності кованки	Штампованої				Кованої				
	1	2	3	4	1	2	3	4	5
$K_{СК}$	1,00	1,14	1,27	1,43	0,87	0,99	1,11	1,24	1,37

ДОДАТОК 17.12

Значення коефіцієнта $K_{МК}$, що враховує матеріал кованки

Матеріал	$K_{МК}$	Матеріал	$K_{МК}$
Сталь низьковуглецева	0,89	Сталь легколегована	1,14
конструкційна	1,00	легована	1,23
високовуглецева	1,08	високолегована	1,6—2,3
інструментальна	1,35	Алюмінієві стопи	0,86
вальницева	1,41	Мідні стопи	0,92

ДОДАТОК 17.13

Значення коефіцієнта $K_{ПК}$, що враховує річне замовлення (групу серійності) кованки

Група серійності кованки	Штампованої					Кованої			
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
$K_{ПК}$	1,09	1,15	1,21	1,27	1,33	1,00	1,10	1,20	1,30

ДОДАТОК 17.14

Значення коефіцієнта $K_{ВК}$, що враховує масу кованки

Маса кованки, кг		$K_{ВК}$	
понад	до	Штампованої	Кованої
0	0,5	2,20	1,91
0,5	1,0	1,59	1,38
1,0	1,8	1,45	1,23
1,8	3,2	1,15	1,00
3,2	5,6	1,04	0,90
5,6	10	0,93	0,81
10	20	0,87	0,75
20	50	0,83	0,72
50	125	0,78	0,70
125	250	0,75	0,64
250	500		0,62
500	1000		0,71
1000	2000		0,68
2000	4000		0,66
4000	10000		0,64

ДОДАТОК 17.15

Базова ціна 1 тонни заготованок, крб

Матеріал заготованки	$C_{БВ}$ для виливків, крб	$C_{БК}$ для кованок, крб
Чавун СЧ 20	760	—
Сталь 35	—	916

ОПТОВІ ЦІНИ НА ДЕЯКІ МЕТАЛИ ТА СТОПИ
 [ПРЕЙСКУРАНТ № 01-08, № 02-10, № 02-07, № 02-06, № 02-16, № 02-01
 за 1989 р.]

Назва та марка матеріалу	Сортамент	Ціна 1 т, крб
1	2	3
Сталь звичайної якості Ст. 0; Ст. 3сп; ... за ГОСТ 535-88	Сортовий та фасонний гарячочкатаний прокат: круг, квадрат, штаба, кутник, швелер, двутавр	136—175
Сталь підвищеної якості за ГОСТ 19282-88	Гарячочкатаний прокат	181—238
Сталь вуглецева 08; 10; 15; ... за ГОСТ 1050-88	Холоднокатаний та калібрований прокат	196—202 245—250
Сталь легована 15ХА; 18ХГТ; 30ХЗМФ; ... за ГОСТ 4543-71	Спеціальний прокат	410—420
Ресорно-пружинна сталь 65; 70; ... за ГОСТ 14959-79	Гарячочкатаний прокат	186—890
Ресорно-пружинна легована сталь за ГОСТ 14959-79	Холоднокатаний та калібрований прокат	264—962
Автоматна сталь А11; А12; А20; ... за ГОСТ 1414-75	Спеціальний прокат	434—1080
Корозійностійка та вогнестійка сталь 20Х13; 40Х10С2М; 12Х18Н9Т; ... за ГОСТ 5949-75	Гарячочкатаний прокат	193—208
Магнітом'які стони за ГОСТ 10160-75	Холоднокатаний та спеціальний прокат	250—408
Сталь вуглецева за ГОСТ 16523-88	Гарячочкатаний прокат	193—510
Сталь низьколегована за ГОСТ 17066-80	Холоднокатаний та спеціальний прокат	263—877
	Гарячочкатаний тонколистовий прокат	200—476
	Холоднокатаний тонколистовий прокат	259—647
	Гарячочкатаний товстолистовий прокат	506—2600
	Холоднокатаний товстолистовий прокат	883—3590
	Сортовий прокат	3940—30000
	Тонколистовий прокат	3800—17870
	Гарячочкатаний тонколистовий прокат	226
	Холоднокатаний тонколистовий прокат	244
	Гарячочкатаний товстолистовий прокат	168
	Гарячочкатаний тонколистовий прокат	220—260
	Холоднокатаний тонколистовий прокат	260—280
	Гарячочкатаний товстолистовий прокат	220

1	2	3
Сталь корозійностійка та вогнестійка за ГОСТ 5582-75 і ГОСТ 7350-77	Гарячочкатаний тонколистовий прокат Холоднокатаний тонколистовий прокат Гарячочкатаний товстолистовий прокат	735—18310 842—21250 665—12000
Алюмінієві стони Д1; Д16; Ав; В95; 1915; АМц; АМг—2; ВД; АКМ; ...	Лист 0,5; ... 10,5 Фольга 0,007; ...; 0,200 Пруток Ø5 — Ø300 Дріт Ø1,4; ...; Ø12,0 Труба тонкостінна Ø6; ...; Ø150 s=0,5; ...; s=5,0 Труба товстостінна Ø28; ...; Ø300 s=6; ...; s=40 Профілі пресовані з перетином 1—150 см ²	1700—2420 2160—12600 1500—2200 1600—2700 2100—5800 1640—2400 1440—2100
Магнієві стони МА2—ІМ; та інші	Лист 0,6; ...; 75,0 Дріт Ø2...Ø8 Прутки пресовані Ø8; ...; Ø300 Труби пресовані Ø16; ...; Ø38 s=1,5; ...; 3,0 Профілі пресовані з перетином від 1 до 130 см ²	2800—15600 4100—5300 2640—5650 7810 2140—4600
Мідь М1, М2	Прутки круглі, квадратні, шестигранні, тягнені, холоднокатані, пресовані штаби Дріт Ø0,4; ...; Ø3,0 Стрічка 0,04; ...; 1,86 Труби круглі, квадратні, прямокутні та фасонні	1600—2000 1745—3640 2250—3550 1660—5220
Латунь Л19; Л68; Л63	Труби Ø1,5; ...; Ø360 Лист 0,4; ...; 12 Прутки круглі, квадратні, прямокутні, шестигранні Ø3; ...; Ø50 Дріт Ø0,1; ...; Ø12	2260—9000 1585—1840 1800—2280 1840—8200
Латунь Л062-1; ЛС59-1	Труби Ø8; ...; Ø19 Дріт Ø0,06; ...; Ø12 Прутки, штаби Ø5; ...; Ø120, s=0,15; ...; 0,85 Стрічка 0,02; ...; 0,2	20000—23600 13600—35000 14250—25160 16700—26040
Бронза берилієва Бр-Б2	Труби Ø30; ...; Ø160 Прутки круглі, квадратні, шестигранні, прямокутні, штаби Дріт Ø0,06; ...; Ø12 Стрічка 0,10; ...; 2,0	1600—3115 1740—5320 2200—9000 4900—6800
Бронза БрА5; БрАЖ9-4; БрКМц3-1; Бр0Ц4-3 тощо		

1	2	3
Титановий стоп ВТ1-0; ОТ4-0 тощо	Лист 0,3; ...; 10,5 Плита 11; ...; 150 Штаба 0,6; ...; 1,5 Фольга 0,05; ...; 0,08 Дріт Ø0,9; ...; 7,0 Прутки Ø10; ...; Ø300 Труба Ø5; ...; Ø130; s=0,5; ...; 9	6060—13210 6000—7000 14000—24200 36860—55750 17340—20940 4610—13810 10200—101230
Алюміній ПА-0; ПА-4; ...	Порошок	1300—1680
Берилій ПТВ-30; ...	Порошок	335000— 720000
Бронза Бр010; ПРБС; ...	Порошок	7890—33200
Вольфрам ПВВ; ПВТ	Порошок	28200—32500
Латунь ПЛ-35; ПЛ-63; ...	Порошок	1720
Мідь ПМС-А	Порошок	2300
Нікель ПНК-УТ1	Порошок	7300
Титан ПТА	Порошок	4850

ДОДАТОК 19

ОПТОВІ ЦІНИ НА ВІДХОДИ ДЕЯКИХ МЕТАЛІВ І СТОПІВ
(ПРЕЙСКУРАНТ № 02-05 за 1989 р.)

Назва металу та стопу	Ціна 1 т, крб.	
	Брухт і кускові відходи	Стружка, порошок тощо*
Чавун	70—90	44—72
Чавун легований	92—143	80—106
Сталь		
вуглецева	76—90	65—78
низьколегована	92—107	83—96
легована	260—280	250—268
корозійно- і вогнестійка	800—1080	464—860
вальницева	92—101	78—94
інструментально-штампова	500—572	446—510
швидкорізальна	2750—3900	1880—2900
Алюміній чистий	700—800	380—700
стопи алюмінієві деформівні	455—700	370—670
стопи алюмінієві ливарні	410—655	320—605
Мідь чиста	1000—1190	900—1050
Мідь з полудою	900—1000	830—900
Латунь	840—965	625—850
Бронза берилієва	2340—2490	2285—2360
Бронза (крім берилієвої)	960—1375	615—980
Вольфрам і стопи вольфрамові	12000—18940	8900—12500
Молібден і стопи молібденові	9000—13580	3480—9500
Нікель і стопи нікелеві	1500—2575	830—1550
Титан і стопи титанові	920—1535	440—980
Олово і стопи олов'яні	9200—22140	2990—9600
Свинець і стопи свинцеві	520—740	205—580
Цинк і стопи цинкові	360—500	70—400

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксенов П. Н. Оборудование литейных цехов: Учеб. для вузов. М., 1977. — 510 с.
2. Алиев Ч. А., Тетерин Г. П. Система автоматического проектирования технологии горячей объемной штамповки. М., 1987. — 224 с.
3. Амурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1. 5-е изд. М., 1980. — 728 с.
4. Афонькин М. Г., Магницкая М. В. Производство заготовок в машиностроении. Л., 1987. — 256 с.
5. Бабаев Ф. В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ. М., 1982. — 168 с.
6. Белов А. Ф. Объемная штамповка на гидравлических пресах. М., 1986. — 240 с.
7. Белопухов А. К. Технологические режимы литья под давлением. М., 1985. — 220 с.
8. Брюханов А. Н. Ковка и объемная штамповка. М., 1975. — 408 с.
9. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. 4-е изд. Минск, 1983. — 256 с.
10. Грудиев А. П., Зильберг Ю. В., Тилик В. Т. Трение и смазки при обработке давлением: Справочник. М., 1982. — 312 с.
11. Живов Л. И., Овчинников А. Г. Кузнечно-штамповочное оборудование. Прессы. К., 1981. — 376 с.
12. Зайгеров И. Г. Оборудование литейных цехов. Минск, 1980. — 368 с.
13. Ковка и штамповка: Справочник /Под ред. Е. Н. Семенова, Г. А. Назроцкого, А. Д. Матвеева. В 4 т. Т. 1—4. 1985.
14. Краткий справочник металлста /Под ред. П. Н. Орлова и Е. А. Скороходова. М., 1987. — 960 с.
15. Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Митрофанов А. С. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. М.; Л., 1978. — 335 с.
16. Мигачев Б. А., Потапов А. И. Пластичность инструментальных сталей и сплавов: Справочник. М., 1980. — 420 с.
17. Могильный Н. И. Ротационная вытяжка оболочковых деталей на станках. М., 1983. — 192 с.
18. Митрофанов С. П. Групповая технология изготовления заготовок серийного производства. Л., 1985. — 240 с.
19. Овчинников А. Г. Основы теории штамповки выдавливанием на пресах. М., 1983. — 200 с.
20. Огородников В. А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. К., 1983. — 175 с.

21. *Омельченко П. П., Каргинь Б. С., Кирицев А. Д.* и др. Технологические процессыковки, штамповки. Курсовое проектирование. Киев; Донецк, 1986. — 151 с.
22. *Охрименко Я. М.* Технология кузнечно-штампового производства. М., 1976. — 560 с.
23. *Пляцкий В. М.* Штамповка из жидкого металла. М.; Л., 1964. — 316 с.
24. *Порошковая металлургия.* Материалы, технология, свойства, области применения: Справочник. К., 1985. — 624 с.
25. *Прейс Г. А.* Технологии конструкционных материалов. К., 1984. — 369 с.
26. *Проектирование и производство заготовок в машиностроении:* Учеб. пособие /Под ред. В. М. Плескача. К., 1991. — 247 с.
27. *Романовский В. П.* Справочник по холодной штамповке. Л., 1979. — 520 с.
28. *Сафронov В. Я.* Справочник по литейному оборудованию. М., 1985. — 320 с.
29. *Системы автоматического проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов:* Учеб. для вузов /Под общ. ред. С. Н. Корчака. М., 1985. — 656 с.
30. *Справочник по чугунному литью* /Под ред. Н. Г. Гиришовича. Л., 1978. — 758 с.
31. *Справочник технолога-машиностроителя* /Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. В 2 т. Т. 1. 4-е изд. М., 1985. — 656 с.
32. *Справочник технолога-приборостроителя* /Под ред. П. В. Сыроватченко. В 2 т. Т. 1. 2-е изд. М., 1980. — 607 с.
33. *Степанский Л. Г.* Расчеты процессов обработки металлов давлением. М., 1979. — 216 с.
34. *Теоретичні основи технології машинобудування* /За ред. Медвідя М. В., Шабайковича В. А. Львів, 1976. — 299 с.
35. *Теория прокатки:* Справочник /Под ред. А. И. Целикова. М., 1982. — 335 с.
36. *Технологичность конструкции изделия:* Справочник. /Под ред. В. Д. Аморова. М., 1990. — 768 с.
37. *Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні:* Навч. посібник. /За ред. Л. І. Боженко. К., 1990. — 264 с.
38. *Технология листовой штамповки* /Под ред. В. И. Стеблюк, В. Л. Марченко, В. В. Белова, А. Г. Гривачевского. К., 1983. — 279 с.
39. *Третьяков В. И.* Основы металловедения и технология производства спеченных сплавов. М., 1976. — 527 с.
40. *Трофимов И. Д., Бухер Н. М.* Автоматы и автоматические линии для горячей объемной штамповки. М., 1981. — 210 с.
41. *Хомяк В. С.* Твердосплавный инструмент для холодной высадки и выдавливания. М., 1981. — 180 с.

ЗМІСТ

Передмова	3
Глава 1. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЗАГОТОВАНОК	6
1.1. Об'єкти виробництва	6
1.2. Типи машинобудівного виробництва	7
1.3. Виробничий та технологічний процеси	9
1.4. Нормування часу	11
1.5. Організація виробничих процесів	12
1.6. Класифікація технологічних процесів виробництва заготовок	13
<i>Контрольні питання</i>	<i>16</i>
Глава 2. ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВАНОК У МАШИНОБУДУВАННІ	17
2.1. Роль виробництва заготовок у машинобудуванні	17
2.2. Короткі відомості з історії виробництва заготовок	18
2.3. Класифікація заготовок	20
<i>Контрольні питання</i>	<i>23</i>
Глава 3. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ЗАГОТОВАНОК	24
3.1. Основні поняття	24
3.2. Оцінка технологічності заготовок	25
3.3. Рекомендації для забезпечення технологічності конструкцій заготовок	29
<i>Контрольні питання</i>	<i>30</i>
Глава 4. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗАГОТОВАНОК	31
4.1. Добір матеріалу заготовки	31
4.2. Вимоги до матеріалів заготовок	32
4.3. Марки матеріалів заготовок	33
4.4. Умовні позначення матеріалів	36
4.5. Використання матеріалів	37
<i>Контрольні питання</i>	<i>43</i>
Глава 5. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ЗАГОТОВАНОК	44
5.1. Припуски на оброблення заготовок різанням	44
5.2. Розрахунково-аналітичний метод визначення розмірів заготовок	46
5.3. Рекомендації для розрахунку та призначення припусків для оброблення заготовок різанням	49
5.4. Завдання та вправи	51
<i>Контрольні питання</i>	<i>54</i>

Глава 6. ЛИТІ ЗАГОТОВАНКИ	56
6.1. Вимоги до матеріалів виливків та їхні основні властивості	56
6.2. Класифікація способів виготовлення виливків	57
6.3. Лиття в одноразові та напівсталі форми	61
6.3.1. Лиття у піщано-глиняні форми	61
6.3.2. Лиття у вакуумно-плівкові форми	62
6.3.3. Лиття у напівсталі форми	64
6.4. Виготовлення виливків у металевих формах	65
6.5. Виготовлення виливків під тиском	66
6.5.1. Виготовлення виливків під високим тиском	67
6.5.2. Лиття під низьким тиском	69
6.6. Виготовлення виливків за допомогою витопних, розчинних та випалюваних моделей	70
6.7. Виготовлення виливків в оболонкових формах	72
6.8. Відцентрове лиття заготованок	73
6.9. Виготовлення виливків електрошлаковим литтям	75
6.10. Виготовлення виливків штампуванням рідкого металу	75
6.11. Лиття витискуванням	80
<i>Контрольні питання</i>	82
Глава 7. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ВИЛИВКІВ	83
7.1. Технологічні процеси лиття заготованок	83
7.2. Термічне оброблення виливків	84
7.3. Устаткування та спорядження ливарних цехів і дільниць	85
7.3.1. Устаткування для приготування формувальних і шншкових сумішей	86
7.3.2. Модельні комплекти, опоки та формувальний інструмент	87
7.3.3. Устаткування топильних дільниць і цехів	88
7.4. Форми та правила оформлення документації на ТП виготовлення виливків	92
<i>Контрольні питання</i>	92
Глава 8. КОНСТРУЮВАННЯ ВИЛИВКІВ	94
8.1. Основні положення та рекомендації	94
8.2. Особливості забезпечення технологічності конструкцій виливків	98
8.3. Правила виконання креслень виливків	102
8.4. Допуски розмірів, маси та припуски на оброблення різанням	102
8.5. Технічні вимоги до виливків та їх дефекти	104
8.6. Застосування виливків у машинобудуванні	105
8.7. Завдання та вправи	110
8.7.1. Визначення припусків на оброблення різанням та розмірів виливків табличним способом	110
8.7.2. Визначення припусків на оброблення різанням та розмірів виливків розрахунковим способом	112
<i>Контрольні питання</i>	115
Глава 9. ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВАНОК ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ	117
9.1. Суть процесів оброблення металів тисненням	117
9.2. Роль ОМТ у машинобудуванні	120
9.3. Основні способи ОМТ	121
<i>Контрольні питання</i>	125

Глава 10. ВІЛЬНЕ КУВАННЯ	126
10.1. Технологічний процес кування	126
10.2. Основне устаткування та інструмент для кування	129
10.3. Конструювання та виконання креслень кованок	130
10.3.1. Кованки, виготовлені на молотах	131
10.3.2. Кованки, виготовлені на пресах	135
10.3.3. Загальні вимоги та рекомендації	137
10.4. Визначення маси та розмірів вихідних заготованок	138
10.5. Застосування кованок	139
10.6. Завдання та вправи	141
<i>Контрольні питання</i>	144
Глава 11. ОБ'ЄМНЕ ГАРЯЧЕ ШТАМПУВАННЯ КОВАНОК	145
11.1. Технологічні процеси та способи об'ємного штампування кованок	145
11.2. Добір способу та кількості переходів штампування	147
11.3. Штампування кованок на молотах	150
11.4. Визначення форми та розмірів заготовельних рівчаків	155
11.5. Визначення маси падаючих частин штампувального молота	158
11.6. Штампування кованок на КГШП	160
11.6.1. Класифікація кованок	162
11.6.2. Визначення зусилля штампування та добір преса	163
11.7. Штампування кованок на гвинтових фрикційних пресах	164
11.8. Штампування кованок на гідравлічних пресах	167
11.9. Штампування кованок на горизонтально-кувальних машинах	168
11.10. Штампування кованок на ротаційно-кувальних і радіально-кувальних машинах	173
<i>Контрольні питання</i>	175
Глава 12. ШТАМПУВАННЯ КОВАНОК НА СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ МАШИНАХ	176
12.1. Вальцювання	176
12.2. Прокатування періодичних профілів	179
12.3. Штампування на горизонтально-вигинальних машинах	181
12.4. Штампування на швидкісних молотах	181
12.5. Штампування на електровисаджувальних машинах	182
12.6. Розкатування кільцевих заготованок	183
12.7. Накатування спеціальних поверхонь	185
12.8. Штампування кованок витискуванням, прошиванням і пресуванням	186
12.9. Штампування у рознімних матрицях	183
12.10. Волочіння	189
12.11. Ізотермічне штампування	190
12.12. Штампування з місцевим нагріванням	190
12.13. Виготовлення трубчастих заготованок	191
<i>Контрольні питання</i>	198
Глава 13. КОНСТРУЮВАННЯ КОВАНОК	199
13.1. Загальні рекомендації	199
13.2. Правила виконання креслень штампованих кованок	203
13.2.1. Припуски на оброблення різанням	208
13.2.2. Розміри кованок та їх допустимі відхилення	208
13.3. Якість і дефекти кованок	210
13.4. Застосування штампованих кованок	211
13.5. Завдання та вправи	217

13.5.1. Визначення припусків і розмірів штампованих кованок табличним способом	217
13.5.2. Визначення припусків і розмірів штампованих кованок розрахунковим способом	221
<i>Контрольні питання</i>	224
Глава 14. ВИХІДНІ ЗАГОТОВАНКИ ДЛЯ ОМТ	225
14.1. Добір виду та способу виготовлення вихідних заготовок	225
14.2. Технологічні процеси та основне устаткування для виготовлення вихідних заготовок	226
14.3. Підготовки поверхонь вихідних заготовок	232
<i>Контрольні питання</i>	233
Глава 15. ДОВЕДЕННЯ КОВАНOK	234
15.1. Обрізання облою та пробивання перемичок	234
15.2. Виправлення та калібрування кованок	236
15.3. Термічне оброблення кованок	238
15.4. Очищення кованок	239
<i>Контрольні питання</i>	240
Глава 16. ХОЛОДНЕ ШТАМПУВАННЯ ТА СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ШТАМПУВАННЯ ЗАГОТОВАНOK	242
16.1. Класифікація ТП та їх застосування	242
16.2. Технологічні операції холодного штампування	245
16.3. Устаткування та спорядження для холодного штампування	248
16.4. Високоенергетичні методи штампування	249
16.5. Листове штампування за допомогою еластичних матеріалів	250
16.6. Ротаційне витягування	250
16.7. Холодне прокатування трубчастих заготовок	251
16.8. Розкроювання листового матеріалу	252
16.9. Правила конструювання заготовок для листового штампування	253
16.10. Застосування холодного штампування	253
<i>Контрольні питання</i>	254
Глава 17. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ОМТ	255
17.1. Структура технологічних процесів	255
17.2. Проектування технологічних процесів	257
17.3. Форми та правила оформлення документації	258
<i>Контрольні питання</i>	259
Глава 18. ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКУВАННЯ КОВАЛЬСЬКО-ШТАМПУВАЛЬНИХ ЦЕХІВ І ДІЛЬНИЦЬ	260
18.1. Класифікація основного устаткування	260
18.2. Устаткування для кування та штампування	260
18.3. Добір устаткування для кування та штампування за його головним параметром	261
18.4. Нагрівальні печі	264
18.5. Устаткування для очищення кованок	266
18.6. Транспортно-завантажувальне устаткування	266
<i>Контрольні питання</i>	267

Глава 19. ЗАГОТОВАНКИ З ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ	268
19.1. Загальна характеристика заготовок	268
19.2. Технологічні процеси виготовлення заготовок	269
19.3. Конструювання заготовок з порошкових матеріалів	271
19.4. Оформлення робочих креслень і технічних вимог на виготовлення заготовок	273
19.5. Застосування та порядок переведення деталей на заготовки з порошків	274
<i>Контрольні питання</i>	275
Глава 20. ЗАГОТОВАНКИ З ПЛАСТМАС І ГУМИ	276
20.1. Загальна характеристика заготовок	276
20.2. Технологічні процеси виготовлення заготовок	277
20.3. Конструювання заготовок з пластмас і гуми	283
20.4. Оформлення робочих креслень на пластмасові та гумові заготовки	285
20.5. Застосування заготовок з пластмас і гуми	286
<i>Контрольні питання</i>	287
Глава 21. СКЛАДАНІ ЗАГОТОВАНКИ	289
21.1. Класифікація та використання складаних заготовок	289
21.2. Зварювальні заготовки. Загальні положення	290
21.3. ТП виготовлення зварюваних заготовок та основне устаткування	291
21.4. Технологічність конструкцій зварюваних заготовок	295
21.5. Конструювання зварюваних заготовок	297
21.6. Оформлення креслень і технічних вимог для зварюваних заготовок	299
21.7. Застосування зварюваних заготовок	299
<i>Контрольні питання</i>	301
Глава 22. КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЗАГОТОВАНOK	302
22.1. Загальні положення	302
22.2. Якість заготовок	302
22.3. Види контролю у виробництві заготовок і класифікація контролю-вимірювальних засобів	304
22.4. Дефекти заготовок і способи їх попередження	305
<i>Контрольні питання</i>	307
Глава 23. ДОБІР СПОСОБУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАГОТОВАНКИ ТА ЙОГО ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	308
23.1. Загальні положення	308
23.2. Фактори, що впливають на добір способу виготовлення заготовки	309
23.3. Методика добору способу виготовлення заготовки	311
23.4. Техніко-економічне обґрунтування добору способу виготовлення заготовки	312
23.5. Завдання та вправи	316
<i>Контрольні питання</i>	320
ДОДАТКИ	321
ЛІТЕРАТУРА	361

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

БОЖЕНКО Любомир Іванович

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ
Проектування та виробництво
заготованок

Оформлення та
художнє редагування В. І. Лахненка
Технічний редактор С. Д. Довба
Коректори К. Г. Логвиненко,
Л. І. Сідлович, Б. В. Павлів

у. 6 цм. 8 вкл.

Здано на складання 29.12.95. Підп. до друку
02.07.96. Формат 60×84^{1/16}. Літ. гарн. Вис. друк.
Умовн. друк. арк. 19,53. Умовн. фарбовідб. 19,76.
Обл.-вид. арк. 23,48. Тираж 6500 прим. Вид. № 27.
Зам. 2038.

Державне спеціалізоване видавництво «Світ»
при Львівському університеті
290000 Львів, вул. Дорошенка, 41

Львівська обласна книжкова друкарня
290000, Львів, вул. Стефаника, 11.