ГЛАВА 4

БОРУДОВАНИЕ ПОТОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

4.1 РОЛЬГАНГИ

Рольганги предназначены для транспортирования металла к прокатному стану, задачи металла в валки, приема его из валков и передвижения к ножницам, пилам, правильным и другим машинам. Современные прокатные станы характеризуются поточным технологическим процессом обработки металла, поэтому общая длина рольгангов весьма значительна, а масса их иногда достигает 20—30 % от массы механического оборудования 'всего прокатного стана.

По назначению рольганги разделяют на рабочие и транспортные. Рабочими называют рольганги, расположенные непосредственно у рабочей клети стана и служащие для задачи прокатываемого металла в валки и приема его из валков. Транспортными называют все остальные рольганги, установленные перед рабочей клетью и за ней и связывающие между собой отдельные вспомогательные машины и устройства стана.

Рольганги выполняют с групповым и индивидуальным приводом роликов и с холостыми роликами.

При групповом приводе все ролики одной секции рольганга, состоящей из 4—10 роликов и более, приводятся от одного электродвигателя через конические шестерни и трансмиссионный вал. Рольганги с групповым приводом применяют при небольшой скорости транспортирования на сравнительно коротком промежутке пути (например, подводящий рольганг блюмингов).

При индивидуальном приводе каждый ролик (или два) данной секции рольганга приводится от отдельного электродвигателя. Такие ролики широко применяют в быстроходных транспортных рольгангах для передвижения раскатов, длина которых после прокатки значительна, а также в качестве первых роликов рабочих рольгангов у обжимных станов.В отличие от рольгангов с групповым приводом рольганги с индивидуальным приводом имеют простую конструкцию. Каждый ролик установлен на отдельной раме и может быть легко заменен; из типовых роликов-блоков можно составить рольганг любой длины с любым шагом роликов.

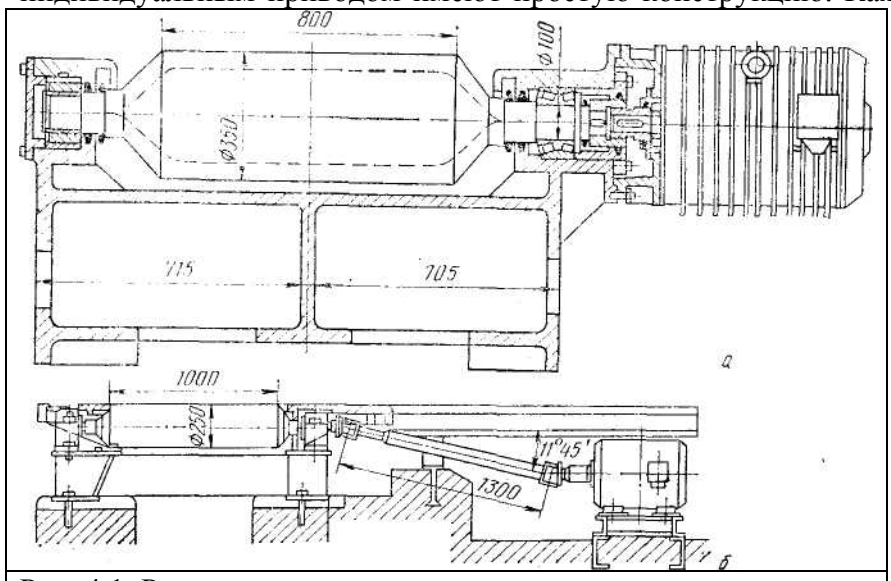


Рис. 4.1. Ролики рольгангов с индивидуальным приводом:
а — от фланцевого электродвигателя через зубчатую муфту;
б — от электродвигателя через карданный вал

На рис. 4.1 приведены ролики рольгангов с индивидуальным приводом. Часто ролики изготавливают из труб, к которым приваривают концевые ступицы, насаженные на вал; иногда концы Шейки роликов устанавливают на конические или сферические роликоподшипники.

На сортовых станах применяют рольганги с приводом роликов от электродвигателей через обычный карданный автомобильный вал (рис. 4.1,б). Лапы двигателя расположены

на плите ниже уровня ролика, поэтому над электродвигателями рольганга может быть расположен транспортер (шлеппер) для перемещения проката.

Максимальные скорости транспортирования полосы по рольгангу возможны при работе всех роликов рольганга. При этом тянущее усилие данного рольганга будет наибольшим.

По технологическим условиям прокатки рольганг иногда делят на несколько секций. Каждая секция имеет отдельную схему управления. Такая разбивка общего рольганга на несколько секций выполняется, например, для обеспечения поточности движения заготовок от приемной решетки к нагревательной печи (подводящий рольганг у печи) или для создания разрыва между движущимися одна за другой полосами от летучих ножниц к холодильнику. Последнее условие необходимо для осуществления поочередного сброса полос на холодильник.

Рольганги с холостыми роликами применяют как транспортные; их располагают с небольшим уклоном к горизонтали, и перемещение металла по ним происходит под действием собственного веса, поэтому рольганги называют также гравитационными.

Ролики рольгангов изготавливают цельно кованными, литыми, составными (бандажированными), а также из труб

Рольганги блюмингов и слябингов

Рольганги блюмингов и слябингов расположены с передней и задней сторон рабочих клетей. Они служат для подачи слитков к прокатным валкам, перемещения прокатываемой полосы во время прокатки, транспортирования прокатанной полосы к ножницам и блюмов или слябов от ножниц на склад. В соответствии с выполняемыми операциями различают рольганги: приемные, рабочие и транспортные.

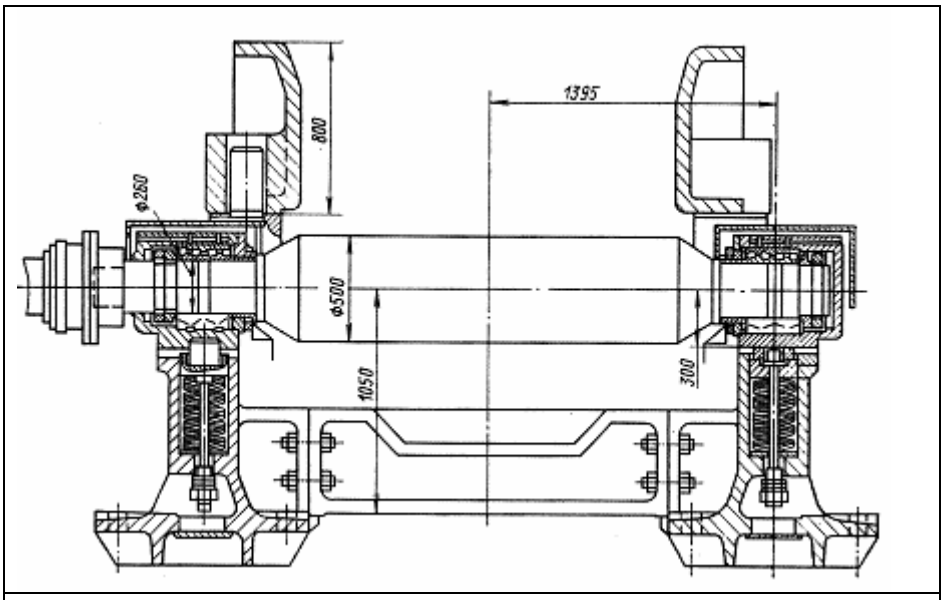


Рис.4.2. Ролик приемного рольганга слябинга 1250 с пружинными амортизаторами опорного подшипникового узла

Приемный рольганг принимает слиток от слитковоза и передает на подводящий рольганг, который транспортирует его к рабочему рольгангу перед клетью. Первые ролики этого рольганга принимают на себя удары при опрокидывании на них слитков, и поэтому их делают цельнокованными. Часто по образующей их бочки выполняют продольное рифление, что способствует лучшему сцеплению со слитком.

Практика эксплуатации рольгангов с групповым приводом роликов через конические шестерни от трансмиссионного вала показывает, что им свойственны недостатки: ввиду неравномерного температурного нагрева зубчатые зацепления конических шестерен быстро изнашиваются, смена роликов или трансмиссионного вала затруднительна и требует много времени. Поэтому на обжимных и крупносортных станах стали применять рольганги с групповым приводом от встроенных или отдельных редукторов с цилиндрическими шестернями.

На рис. 4.2. показан ролик приемного рольганга слябинга 1250 конструкции НКМЗ. Рольганг имеет групповой привод через два редуктора с цилиндрическими шестернями и состоит из двух секций с четырьмя и тремя роликами. Ролики каждой секции приводятся от одного электродвигателя. Для восприятия больших ударных нагрузок при подаче слитков массой до 28 т на рольганг непосредственно клещевым краном предусмотрена амортизация опор роликов при помощи тарельчатых пружин.

На новых блюмингах и слябингах применяют рабочие рольганги двух типов. В первом из них все ролики (8—10 шт.) имеют индивидуальный привод от отдельных расположенных сбоку тихоходных электродвигателей. Вращение передается через зубчатые муфты с удлиненным валом. Такой рольганг требует установки большого числа двигателей завышенной мощности (для надежного привода каждого ролика) и, кроме того, больших площадей для размещения этих двигателей перед рабочей клетью и за ней. У рольгангов второго типа первые два — три ролика, расположенных рядом со станинными роликами, имеют индивидуальный привод, а остальные 6—8 роликов — групповой привод через отдельный редуктор с цилиндрическими шестернями и зубчатые муфты удлиненного типа. Привод такого рольганга занимает меньшие площади, суммарная мощность электродвигателей меньше и, кроме того, при прокатке относительно коротких слитков в первых проходах можно использовать только первые ролики с индивидуальными приводами, групповой привод включается только при последующих проходах, когда длина раската становится большой (более 5 м).

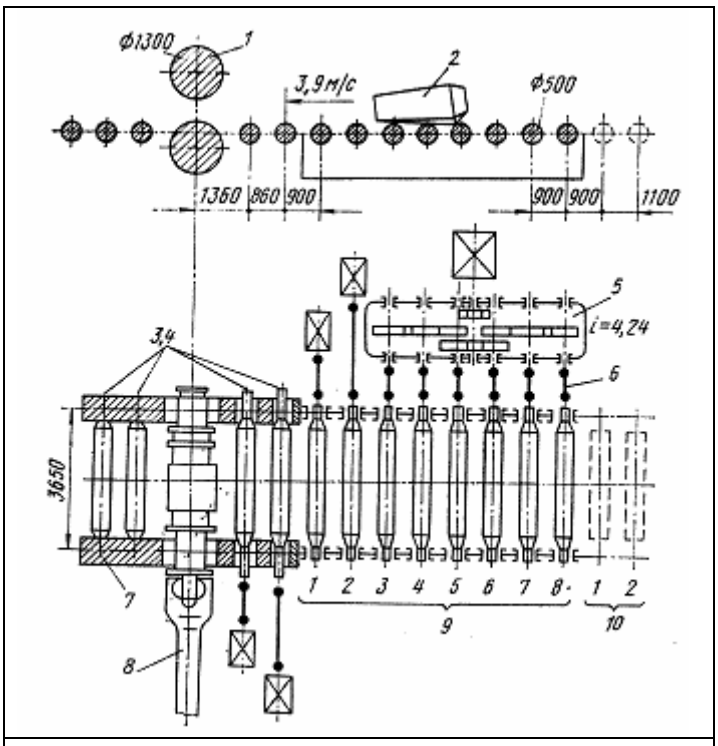


Рис. 4.3. Рабочий рольганг блюминга 1300 конструкции УЗТМ:
1 — валки; *2* — слиток; *3,4* — станинные ролики; *5* — редуктор; *6* — зубчатые шпиндели (муфты); 7 — станины рабочей клети; *8* — универсальные шпиндели от главных электродвигателей; *9* — рабочий рольганг; *10* — раскатной рольганг

На рис. 4.3 показан рабочий рольганг блюминга 1300 конструкции УЗТМ.

Рабочий рольганг состоит из восьми роликов *1—8*. Первые два ролика /, *2* имеют индивидуальный привод от электродвигателей постоянного тока мощностью 135/43 кВт (470/150 об/мин, ПВ = 100 %) через зубчатые муфты удлиненного типа; максимальная окружная скорость роликов — 3,9 м/с. Остальные шесть роликов *3—8* имеют групповой привод от электродвигателя типа МПС 5400-1000 мощностью 200 кВт (500 об/мин, ПВ = 100 %) через редуктор *(i* = 82/38-49/25 = 4,24) и паразитные промежуточные шестерни (z = 37); окружная скорость роликов 3,1 м/с. Все ролики цельнокованые, их диаметр 500 мм, длина бочки 2800 мм. Они установлены на двухрядных сферических роликоподшипниках, которые хорошо воспринимают динамические нагрузки на ролики и их прогиб. Смазка редуктора жидкая, проточная; зубчатых муфт — жидкая, заливная; подшипников роликов рольганга — густая.

Транспортные рольганги (подводящие и отводящие) обжимных станов снабжены групповым приводом. Они отличаются облегченной конструкцией, так как они транспортируют длинную полосу (блюм, сляб) и нагрузка, приходящаяся на один ролик,

меньше. На всех транспортных рольгангах сделаны боковые направляющие стальные линейки, предназначенные для направления движущейся полосы.

Основными параметрами рольгангов являются: диаметр бочки и ее длина, шаг между роликами и скорость их вращения. С целью снижения массы рольганга и уменьшения мощности привода диаметр роликов целесообразно брать наименьшим, насколько позволяет прочность ролика. Длину бочки роликов принимают для рабочих рольгангов равной длине бочки валков, для транспортных рольгангов — на 150—200 мм больше ширины транспортируемой полосы (или ширины уложенных в ряд нескольких профилей, заготовок). Шаг роликов выбирают из условия, что раскат должен лежать не менее чем на двух роликах, однако он не должен быть очень большим, иначе раскат будет прогибаться.

Скорость вращения роликов рабочих рольгангов должна быть на 10—15 % выше скорости выходящего из валков металла, а у транспортных рольгангов она принимается в зависимости от типа и назначения стана и характера выполняемых технологических операций. Например, для подводящих рольгангов блюминга, транспортирующих тяжелые слитки, скорость равна 1,5÷ 2 м/с, а у отводящих за непрерывным широкополосным станом горячей прокатки — до 30 м/с.

Станинные ролики

Станинными называют первые ролики, расположенные справа и слева от валков клети (по одному или по два с каждой стороны); обычно подшипники этих роликов смонтированы в самих станинах. Станинные ролики применяют только на крупных обжимных станах, предназначенных для прокатки слитков и заготовок относительно небольшой длины, и на черновых клетях толстолистовых станов.

При помощи станинных роликов металл задают в валки со скоростью, близкой к окружной скорости валков, и принимают по выходе из них. При приеме металла ролики должны вращаться с той же скоростью, с какой металл выходит из валков, иначе они сами могут оказаться приводными, что повлечет за собой быстрый их износ и даже поломку деталей привода.

Указанным выше требованиям удовлетворяют станинные ролики с приводом непосредственно от индивидуальных электродвигателей, скорость которых регулируется в соответствии со скоростью прокатки; привод такого типа наиболее совершенный, и в настоящее время его применяют на всех новых обжимных станах и в некоторых случаях в обжимных клетях крупносортных станов (см. рис. 4.3).

Станинные ролики работают в очень тяжелых условиях, они должны задавать тяжелый слиток (на блюмингах массой до 13—15 т, а на слябингах 16—40 т) в валки, воспринимать удары на выходе слитка из валков; при этом сами ролики и их опоры находятся под воздействием высокой температуры (1200—1250 ^{C}C). Конструкция роликов и их опор должна быть надежной, учитывая, что габариты их ограничены размерами рабочей клети.

Для надежной задачи слитка в валки станинные ролики следует располагать как можно ближе к валкам стана. С этой целью для размещения опор первого станинного ролика в стойках станин с каждой стороны рабочей клети делают отверстия; опоры второго ролика размещают в кронштейнах на наружной стороне стоек станин.

Применяют два типа опор станинных роликов: с пружинными амортизаторами и жесткие. Пружинные амортизаторы уменьшают напряжение в бочке ролика от динамической нагрузки при ударе переднего конца слитка или при падении выходящего из валков слитка. Кроме того, в этом случае подшипники опор испытывают меньшие нагрузки. Однако практика показывает, что при надежной конструкции жесткие опоры станинных роликов также работают вполне удовлетворительно.

С каждой стороны черновой клети толстолистового стана располагают так называемые ребристые ролики. Ролики сделаны ребристыми для уменьшения их нагрева от лежащего сляба или толстого листа. Ролики установлены в литой стальной раме,

расположенной в пазах изнутри станин и опирающейся на амортизаторы с тарельчатыми пружинами.

Пакетирующие рольганги

Пакетирующие рольганги устанавливают обычно перед ножницами (для подачи на резку профилей пачками) или за ножницами (для передачи пачек профилей на холодильник). Ролики рольгангов расположены под углом (по отношению к движению металла), поэтому поступающий на рольганг металл движется одновременно вдоль и поперек его.

Пакетирующий рольганг непрерывного заготовочного стана 700/500 предназначен для пакетирования (собирания в пачки) заготовок мерной длины после резки их на ножницах. Рольганг состоит из десяти роликов, расположенных под углом 75° к его оси и имеющих групповой привод от электродвигателя через редуктор и трансмиссионный вал с коническими шестернями; скорость роликов 2,5 м/с.

.Движущиеся от ножниц (слева направо) заготовки (длиной до 6 м) косорасположенными вращающимися роликами направляются к правым (смотря по движению металла) бортовым линейкам и своими передними концами упираются в выступающую над рольгангом плиту-упор. После набора пачки заготовок (8— 10 шт.) плита-упор опускается ниже уровня роликов, и пачка заготовок передается' на следующий рольганг-холодильник.

Рольганг-холодильник для толстых листов

Для транспортирования толстых горячих листов (к ножницам, правильной машине и т. д.) применяют рольганги с ребристыми (дисковыми) роликами. Диски роликов соприкасаются частью поверхности с горячим металлом, поэтому коробление роликов незначительно.

Рольганг-холодильник с ребристыми роликами, установленный перед машиной горячей правки толстых листов на толстолистовом стане 2800, состоит из 14 дисковых роликов с групповым приводом. Сверху над рольгангом и снизу под ним установлены коллекторы с форсунками для охлаждения толстого листа и роликов; вода распыляется в форсунках сжатым воздухом.

Рольганги широкополосных станов

В широкополосных станах рольганги применяют для транспортирования прокатываемого металла в соответствии с технологическим процессом к нагревательным печам, рабочим клетям черновой и чистовой групп стана и моталкам.

Для эксплуатации загрузочных рольгангов более удобен групповой привод через конические передачи с трансмиссионным валом, при применении которого можно рационально расположить примыкающие к рольгангу механизмы для загрузки слябов (штабелирующий стол, толкатель, сталкиватель).Отдельные секции рольганга состоят из 9—12 роликов. Длину секций выбирают в зависимости от необходимой установки между печами так называемых «буферных» секций, служащих для накопления слябов перед загрузкой их в печь.

В станах с механизированной выдачей нагретых слябов из печи при помощи приемников слябов приемные рольганги выполняют с групповым приводом на два или три ролика и с отдельно установленным цилиндрическим редуктором или с редуктором, встроенным в раме рольганга.Схема со встроенным редуктором проще, так как при этом можно расположить привод приемника слябов ближе к рольгангу и таким образом уменьшить размеры приемника.

Рольганг, расположенный между печной группой стана и черновым окалиноломателем, выполняют с групповым приводом через коническую передачу и с групповым приводом на три ролика с отдельно установленным цилиндрическим редуктором. В последнем случае облегчается ремонт редуктора, что является достоинством этого рольганга.

В связи с тем что после обжатия в черновых клетях сляб увеличивается по длине и нагрузка на каждый ролик снижается, что увеличивает надежность транспортирования, рольганги за черновым окалиноломателем и далее по всей линии стана выполняют с индивидуальным без редукторным приводом как на непрерывных, так и на полунепрерывных широкополосных станах.

Между чистовой группой стана и моталками устанавливают отводящий рольганг для транспортирования полос к моталкам. Каждый ролик вместе с двигателем устанавливают на отдельной сварной раме. На станах, где полоса движется со скоростью 10 м/с, ролики отводящего рольганга располагают горизонтально, при скорости свыше 18 м/с ролики устанавливают с перекосом в вертикальной и горизонтальной плоскостях. При таком расположении роликов на поверхности полосы создается усилие, стремящееся возвратить полосу в исходное положение (сдвинуть в направлении, противоположном ее смещению). Таким образом, полоса центрируется по оси прокатки.

Диаметры роликов загрузочного и приемного рольгангов принимают следующие: при массе сляба 25 т—400 мм, при 40 т— 450 мм.

Ролики рольгангов в линии стана подвергаются значительному износу и ударным нагрузкам, на величину которых оказывает влияние, как и в загрузочных рольгангах, угол встречи раската с роликом. Диаметр ролика рабочего рольганга принимают равным 450 мм.

На отводящем рольганге длину бочки роликов выбирают на 200 мм больше длины бочки валка, так как при больших скоростях движения возможно' поперечное колебание полосы вдоль ролика.

Шаг роликов загрузочного и приемного рольгангов выбирают, исходя из длины самого короткого сляба всего прокатываемого сортамента. При перемещении по рольгангу сляб должен опираться не менее чем на два ролика.

Скорость вращения роликов рольгангов черновой группы изменяется при каждом пропуске в зависимости от скорости прокатки.

Скорость вращения роликов промежуточного рольганга также переменная. При подходе раската к ножницам его скорость снижается до скорости реза.

Скорость роликов отводящего рольганга изменяется в широких пределах. Так как заправка полосы в моталку осуществляется при скорости 10—12 м/с, то первую часть цикла отводящий рольганг работает на этой скорости, транспортируя полосу к моталке. После захвата конца полосы моталкой начинается увеличение скорости вращения валков клетей, роликов отводящего рольганга и моталки до скорости прокатки. После выхода заднего конца полосы из валков последней чистовой клети дается импульс на торможение первой группе роликов рольганга до скорости заправки. По мере прохождения полосой последующих секций рольганга дается команда на перевод их на работу с пониженной скоростью.

Расчет основных параметров рольгангов

Нагрузка на ролики

Нагрузка на один ролик обратно пропорциональна числу роликов, которые одновременно соприкасаются с прокатываемым металлом. После каждого прохода массы раската распределяется между большим числом роликов и соответственно уменьшается крутящий момент на каждый отдельный двигатель (при индивидуальном приводе).

Для большей надежности работы рольганга при определении крутящих моментов выбирают вариант наибольшей нагрузки на ролики. С достаточной для практики точностью можно считать, что в приемных и рабочих рольгангах первых двух черновых клетей на один ролик приходится половина веса сляба; для рольганга, расположенного между третьей и четвертой универсальной клетью, принимают нагрузку на ролик, равную 1/3 массы раската, а для рольганга, расположенного между четвертой и пятой клетями, 1/4 массы раската.

Вследствие того, что при удлиненном раскате некоторое число роликов непосредственно не соприкасается с раскатом ввиду его деформации, для раскатных и промежуточных рольгангов предпологают, что только 70 % общего числа роликов находятся в контакте с прокатом и разгоняют его. Столько же роликов, соприкасающихся с полосой, принимают и для отводящего рольганга. Первые ролики рольганга, препятствуя отклонению раската вниз, подвергаются дополнительной нагрузке, которую определяют из условия пластического изгиба раската.

По режиму работы рабочего рольганга необходимо предусмотреть возможность свободной пробуксовки роликов, которая возникает от несоответствия скоростей роликов и валков.

Момент, необходимый для осуществления буксовки определяется не только весом раската, но и усилием, с которым он прижимается прокатными валками к рольгангу. Так как в рабочем рольганге ролики подпружинены, то эта сила прижатия не может быть меньше усилия пружин. Во избежание заклинивания роликов от давления на них изогнутого конца раската двигатель должен обеспечить буксовку, иначе он выйдет из строя по перегреву.

Момент и мощность привода роликов

Момент и мощность привода роликов рольганга определяют с учетом трех составляющих- момента на преодоление трения в подшипниках, момента трения роликов о полосу (момент пробуксовки) и динамического момента при разгоне или торможении:

$$M_{рол} = M_{тр} + M_{букс} \pm M_{дин} \qquad (4.1)$$

Каждый из составляющих определяется из следующих выражений:

$$M_{тр} = (Q_M + n_p G_p), \mu_{n \cdot p} \frac{d_p}{2} \; ; \qquad (4.2)$$

$$M_{букс} = Q_м \mu_{б.р} \frac{D_p}{2} ; \qquad (4.3)$$

$$M_{дин} = J\frac{d\omega}{d\tau} = \frac{1}{4}\left[n_p\left(m_p D_{ip}^2\right) + m_м d_p^2\right]\frac{d\omega}{dt}, \qquad (4.4)$$

где Q_M — вес транспортируемого металла (при индивидуальном приводе каждого ролика от отдельного электродвигателя Q_M — вес металла, приходящийся на один ролик); G_p — вес ролика; n_p - число роликов, приводимых от одного электродвигателя; $d_{.p}$ — диаметр цапфы подшипника в опорах ролика; $\mu_{n.p}$ —коэффициент трения в подшипниках ролика (для роликовых подшипников $\mu_{n.p}$ = 0,005—0,008); $\mu_{б.р}$— коэффициент трения ролика при буксовании (0,3 по горячему металлу и **0,15**—0,2 по холодному); D_p — диаметр бочки ролика; J - суммарный момент инерции вращения ролика и момента инерции поступательно движущего металла; D_{ip} – диаметр инерции вращающейся детали; m_p – масса ролика; $m_м$ – масса металла; ω - угловая скорость вращения ролика.

При ускорении вращения роликов рольганга находящийся на них металл движется с ускорением поступательно. Для приведения момента инерции поступательно движущегося металла к оси вращения ролика будем считать, что масса металла приложена к точке (по образующей)на окружности ролика.

Для того чтобы заставить металл двигаться по роликам рольганга с ускорением, ролики должны преодолеть силу инерции металла, равную $J_M = m_м w$

Но при движении металла по роликам (без проскальзывания) сила инерции не может быть больше силы трения между роликом и металлом, равной $F_{тр} = \mu_p Q_м = \mu_p m_м g$, т. е. $J_M = w m_м < F_{Тр}$, или $w \le \mu_p g = 9{,}8\mu_p$ Отсюда следует, что максимальное ускорение металла на роликах рольганга не может быть больше произведения коэффициента трения ролика по металлу μ_p на ускорение силы тяжести *g*.

При $\mu_p = \mu_{б.р}$ получим для холодного металла $w = 0{,}15 \times 9{,}8 \approx 1{,}5 м/с^2$; для горячего металла $w = 0{,}3 \times 9{,}8 \approx 3{,}0 м/с^2$.

Мощность, требующаяся для вращения роликов, кВт:

$$N_p = M_{рол}\omega_p, \qquad (4.5)$$

где ω_p — угловая частота вращения роликов, 1/с.

Мощность электродвигателя для привода роликов

$$N_{дв} = N_p / \eta \qquad (4.6)$$

где η — к. п. д. передачи от двигателя к роликам.

Окончательный выбор мощности двигателя необходимо проводить с учетом характера работы рольганга (длительный, кратковременный, повторно-кратковременный), т. е. с учетом не только допустимой кратковременной перегрузки двигателя по моменту, но также и с учетом допустимого его нагрева по среднеквадратичному току (моменту).

Расчет ролика рабочего рольганга на прочность

При кантовке центр тяжести слитка (блюминга, сляба) опускается на величину h_c. В конце падения слитка, т. е. в момент соприкосновения его с роликом рольганга, кинетическая энергия его падения равна

$$E_0 = \frac{m_м v_0^2}{2} = Qh_c, \qquad (4.7)$$

где $v_0 = \sqrt{2gh_c}$ — скорость падения слитка в момент соприкосновения его с роликом, м/с; $m_м$ и Q — масса (кг) и вес (Н) металла (слитка), приходящиеся на один ролик.

После удара слитка о ролик часть энергии удара расходуется на пластическую деформацию (смятие) слитка, а слиток вместе с роликом двигается со скоростью v_1, так как ролик упруго изгибается.

Из курса «Сопротивление материалов» известно, что при подсчете прогиба балки постоянного сечения для учета влияния веса самой балки надо к действующему в середине балки грузу прибавить половину (точнее 17/35) веса самой балки. Таким образом, кинетическая энергия системы слиток — ролик после удара слитка равна

$$E_y = \frac{m_м + k_1 m_p}{2} v_1^2 \qquad (4.8)$$

где $k_1 = 0{,}5$ — коэффициент приведения массы ролика к массе слитка.

Эта энергия переходит в потенциальную энергию упругой деформации ролика и его опор.

Очевидно, что разность E_o — E_y — есть энергия, израсходованная на пластическую деформацию (смятие слитка).

В уравнении (4.8) неизвестной является скорость системы v_1 после удара. Определим ее из закона сохранения количества движения. Количество движения системы до удара равно количеству движения ее после удара: $m_M v_0 = (m_M + k_2 m_p)\, v_1$, откуда

$$V_1 = v_0 \frac{1}{1 + k_2 \dfrac{m_p}{m_м}}. \qquad (4.9)$$

где k_2 = 0,625 (или 5/8) — коэффициент приведения скорости ролика к скорости металла. Подставляя это значение v_1 в уравнение (4.11), получим

$$E_y = E_0 \frac{1 + k_1 \dfrac{m_p}{m_м}}{\left(1 + k_2 \dfrac{m_p}{m_м}\right)^2} \approx E_0 \frac{1}{1 + k_2 \dfrac{m_p}{m_м}}. \qquad (4.10)$$

Из рассмотрения этой формулы следует, что энергия системы после удара тем больше, чем меньше отношение массы ролика к массе слитка (металла). Если, например, m_p = 1/2/$m_м$, то получим $E_y \approx 0{,}8E_0$, т. е. 80 % энергии удара воспринимается роликом и его опорами и только 20 % энергии теряется на смятие слитка. Отсюда следует, что при изгибе ролика в нем будут возникать значительные напряжения.

Ролики рольганга обычно устанавливают на жестких опорах (на подшипниках качения), поэтому можно считать, что кинетическая энергия E_y полностью переходит в потенциальную энергию прогиба только самого ролика, т. е. деформацией опор можно пренебречь. Представляя ролик в виде двух опорной балки постоянного сечения, получим, что потенциальная энергия его прогиба равна половине произведения динамической силы удара на величину прогиба, т. е.

$$U = Py_p/2. \qquad (4.11)$$

Опыты показывают, что деформация двух опорной балки при ударной нагрузке протекает так же, как и при статической, т. е. прогиб пропорционален действующей силе

$$y = Pl^3/48EJ, \qquad (4.12)$$

поэтому потенциальная энергия ролика при ударе

$$U = Pl^3/96EJ, \qquad (4.13)$$

где l — расстояние между опорами балки; EJ — жесткость балки.

Приравнивая кинетическую энергию (уравнение (4.10)) потенциальной, т. е. $E_y = U$, получим формулу для определения динамической силы удара:

$$P = k_{дин}\, Q, \qquad (4.14)$$

где динамический коэффициент

$$k_{дин} = \sqrt{96EJ \frac{h_c}{l^3} \frac{Q + k_1 G_p}{\left(Q + k_2 G_p\right)}} = 9.8 \sqrt{\frac{EJh_c}{l^3\left(Q + k_2 G_p\right)}}, \qquad (4.15)$$

здесь G_p — вес ролика.

Как показывают расчеты, для роликов рабочих рольгангов $k_{дин} = 25 \div 50$; отсюда следует, что динамическое усилие на ролик рабочего рольганга в 25—30 раз больше приходящегося на него веса падающего слитка.

Станинные ролики работают в очень тяжелых условиях — они непрерывно воспринимают на себя удары выходящего из валков слитка, причем в первых пропусках весь вес слитка при ударе практически воспринимается первым роликом. Для поглощения динамической нагрузки на ролик подшипник последнего устанавливают на жестких или подрессоренных пружинами опорах.

Кинетическую энергию системы слиток — ролик E_y, переходящую в работу упругой деформации, подсчитывают так же, как и при кантовке слитка на рабочем

рольганге. Далее подсчитывают потенциальную, энергию упругой деформации ролика в предположении, что у него жесткие опоры. По формуле (4.14) определяют фиктивную динамическую силу *P*.

Практика расчетов потенциальной энергии пружинных опор показала, что потенциальная энергия пружин в 20—30 раз превосходит потенциальную энергию ролика, т. е. при ударе ролик деформируется очень мало и большая часть нагрузки воспринимается пружинами. При расчете станинного ролика на прочность можно принимать, что он изгибается фиктивной нагрузкой Р, равной только ¼ динамической нагрузки, рассчитанной из условия наличия жестких опор.

ТРАНСПОРТЕРЫ И ХОЛОДИЛЬНИКИ

Для перемещения металла в процессе прокатки, отделки и охлаждения применяют транспортеры и холодильники различных типов и конструкций.

Шлепперы

Для перемещения полос металла поперек цеха (от подводящего рольганга к отводящему, или уборочному карману или в соседний пролет цеха) применяют канатные или цепные транспортеры, называемые шлепперами. Шлепперы во многих случаях выполняют и функцию охлаждения металла; в этом случае их называют шлепперными холодильниками.

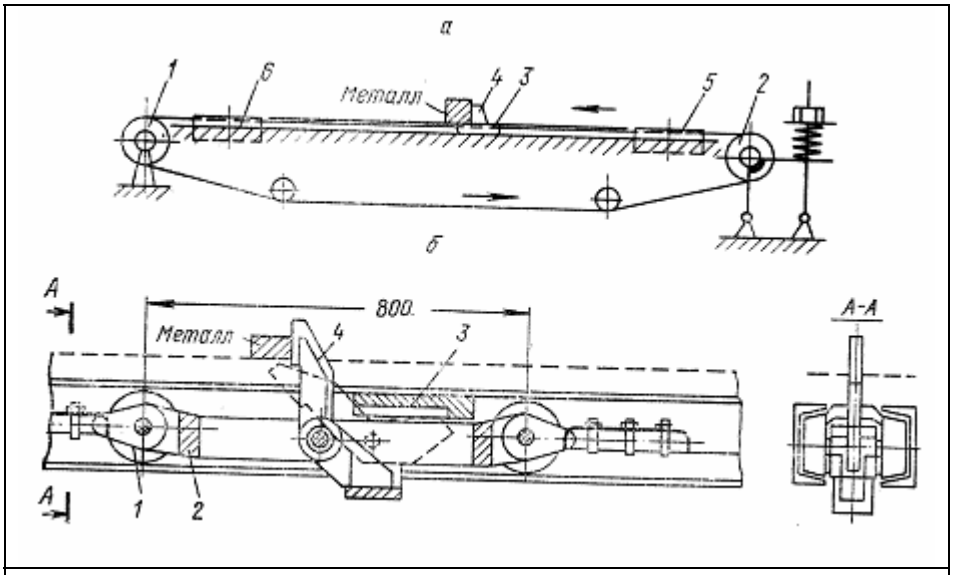


Рис. 4.4. Канатный шлеппер: *а* - общий вид:1-приводной барабан; 2-натяжной блок; 3-тележка; 4-упорный палец; 5,6-рольганги; *б* - конструкция тележки: 1-каток; 2-корпус; 3-упор

Канатный шлеппер (рис. 4.4, *а)* состоит из 6—8 канатов, натянутых между рядом приводных барабанов *1* и рядом натяжных блоков *2*. На всех канатах в один ряд закреплены шлепперные тележки 3 с упорными пальцами *4*.

При ходе тележек вперед (налево) упорные пальцы *4* перемещают металл от рольганга *5* к рольгангу *6*. При обратном ходе тележек пальцы «утапливаются» и проходят под металлом. Конструкция многих шлепперных тележек позволяет поднимать пальцы *4* в любом месте между рольгангами и перемещать сколько угодно заготовок и профилей по рельсовому настилу (стеллажу) между канатами.

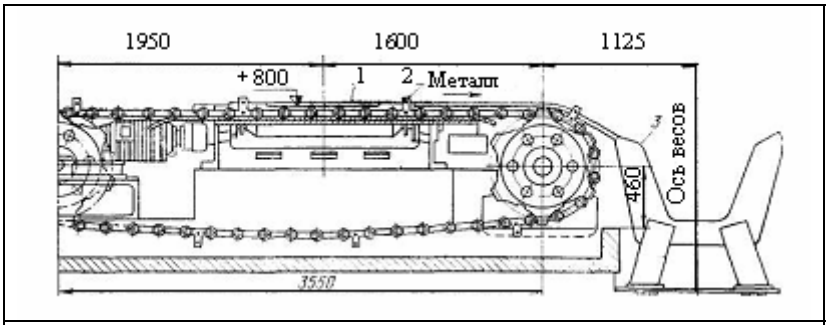


Рис. 4.5. Цепной шлеппер для сбрасывания холодного сортового проката с рольганга в уборочный кармн

При непрерывной реверсивной работе со

скоростью перемещения тележек 1—2 м/с канатный шлеппер отличается маневренностью и позволяет накапливать на стеллаже и перемещать большое количество металла при одновременном его охлаждении.

Тележка с подвижным упором для вывода пальца из зоны взаимодействия с полосой (рис. 4.4, *б)* перемещается на катках *1* по направляющим дорожкам (см. рис. 4.4, сеч. АА) и состоит из корпуса *2* и охватывающего его сверху упора *3*. В крайнем правом положении упор *3* опирается на выступы в корпусе *2*. При ходе тележки назад палец *4* всегда будет находиться в наклонном (утопленном) положении, так как он упирается в упор *3*. При ходе вперед упор *3* сначала остается на месте, поэтому палец *4* повернется и займет вертикальное рабочее положение.

Цепной шлеппер применяют для тех же целей, что и канатный. Цепи более теплоустойчивы при перемещении горячего металла, чем канаты, однако нормально они могут работать при натяжении их звездочками только в одну сторону, поэтому цепные шлепперы являются нереверсивными и менее маневренными.

На рис. 4.5 показан цепной шлеппер для сбрасывания холодного сортового проката с рольганга / в уборочный карман *3*. Шлеппер состоит из шести цепей, движущихся со скоростью 1,1 м/с. Шаг между захватами *2* равен 1200 мм; шаг между рядами цепей 2000 мм; длина транспортируемого проката 5—12 м, масса его 1200 кг. Передняя звездочка приводится от электродвигателя мощностью 30 кВт.

При большом расстоянии между подводящим и отводящим рольгангами применяют спаренные шлепперы.

В отличие от цепных шлепперов, цепи которых передвигают металл по неподвижному настилу (из плит или рельсов), цепные транспортеры непосредственно воспринимают массу перемещаемого металла своими цепями, т. е. металл лежит на цепях, а не скользит по настилу.

Холодильники

Для охлаждения сортовых профилей применяют холодильники реечного и роликового типов.

На холодильнике выполняются следующие операции: прием прокатанных полос, охлаждение, передача полос по рейкам холодильника на отводящий рольганг, транспортирование остывших пачек полос к отделочным агрегатам.

Холодильник является связующим звеном между прокатным станом и агрегатами для отделки проката. Для обеспечения синхронной работы стана и этих агрегатов необходимо иметь холодильник оптимальных размеров, которые зависят от продолжительности охлаждения прокатываемого металла.

Удельная масса холодильника в общей массе оборудования стана довольно значительная и составляет от 35 до 50 *%*. К холодильникам современных сортовых станов предъявляют следующие требования: а) обеспечение нужного темпа прокатки на стане; б) механизация и автоматизация всех работ по приемке металла на холодильник, охлаждение его и транспортирование к участку отделки; в) получение ровных, нескрученных полос. Необходимость сохранения прямолинейности готовых полос в процессе охлаждения на холодильнике приобретает особую важность на современных высокоскоростных сортовых станах в связи с увеличением длины холодильника до 150 м. Искривление полосы на холодильнике требует установки дополнительных правильных машин и, кроме того, затрудняет ритмичную работу холодильника.

При прокатке полос из некоторых специальных сталей к холодильникам предъявляется также требование регулирования режима охлаждения полос.

Реечные холодильники

На реечном холодильнике охлаждение полос происходит на подвижных зубчатых рейках, совершающих одновременно качательное и поступательное движение. Важным достоинством реечного холодильника является также правка полос в процессе охлаждения. Реечные холодильники, несмотря на сложный механизм привода реек и

значительную массу, получили наибольшее распространение на высокопроизводительных сортовых непрерывных станах. Реечные холодильники бывают одно- и двусторонние; по числу одновременно принимаемых ниток одно- и многониточные.

На рис.4.6представлен общий вид реечного холодильника мелкосортного стана 250. Длина холодильника 125 м и ширина 16 м. Он состоит из подводящего рольганга 2, собственно холодильника и отводящего рольганга 8.

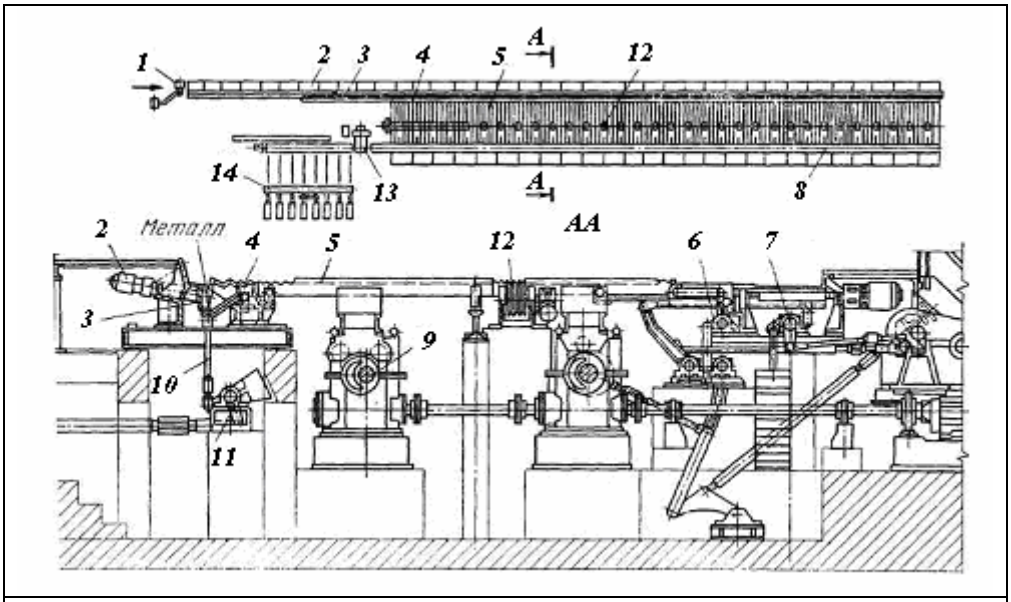


Рис.4.6. Реечный холодильник мелкосортного стана 250: 1-летучие ножницы; 2-подводящий рольганг; 3-клапаны; 4-гребенка; 5-система подвижных реек; 6,7-устройства для набора пачек; 8-отводящий рольганг; 9-эксцентриковый механизм; 10-вертикальные тяги; 11-кривошипно-шатунный механизм; 12-ролики для выравнивания полос;13-ножницы; 14-весы

Консольные ролики подводящего рольганга установлены с шагом 1000 мм и имеют индивидуальный привод. Холодильник состоит из системы подвижных реек 5, неподвижных реек, расположенных между подвижными рейками, и устройств 6,7 для формирования пачек охлажденного проката и перекладывания их на отводящий рольганг. Подвижные шагающие рейки совершают возвратно-поступательное движение по круговой траектории при помощи эксцентриковых механизмов *9,* приводимых электродвигателем. Между роликами подводящего рольганга расположены клапаны *3*, осуществляющие подъем и опускание проката при помощи вертикальных тяг *10,* соединенных с рычажным кривошипно-шатунным механизмом *11,* приводимым электродвигателем.

По выходе из последней клети мелкосортного стана полоса разрезается летучими ножницами *1* на длины, соответствующие длине холодильника (100—120 м), поступает на холодильник по рольгангу 2 и при одновременном подъеме всех клапанов *3* сбрасывается на гребенку *4,* расположенную рядом с роликами рольганга по всей длине холодильника.

С гребенок прокат забирается системой «шагающих» реек и перекладывается на неподвижные рейки. При каждом ходе подвижных реек прокат перемещается с неподвижных реек на расстояние 120 мм, равное шагу зубьев реек. При перемещении по холодильнику прокат охлаждается до 80—120 C^0, собирается в пачки до 10—20 полос и перекладывается на отводящий рольганг, ведущий к ножницам *13* для холодной резки сортовых профилей на мерные длины. Пачки взвешиваются на весах *14.*

Длина холодильника с поперечным перемещением металла определяется максимальной длиной прокатанных полос и на действующих непрерывных мелкосортных станах достигает 125—150 м. Средняя площадь реечного холодильника на 1 т мелкосортной стали в час составляет 19 $м^2$.

Важным параметром, определяющим работу холодильника, является его расстояние от летучих ножниц. Это расстояние определяет тормозной путь полосы, т. е. участок, на котором вышедшая из летучих ножниц полоса со скоростью, несколько большей скорости прокатки, уменьшит скорость до необходимого минимума при сбросе ее на холодильник.

При малом тормозном пути полоса не успевает затормозиться перед началом сброса, ударяется об упор в конце приемного рольганга и запутывается. Для увеличения тормозного пути на действующих станах повышают число сбрасывающих клапанов со стороны летучих ножниц. На непрерывных станах 250 расстояние от летучих барабанных ножниц до холодильника стана составляет 30—40 м.

Длина тормозного пути $L = v^2/2fg$, где v- скорость выхода полосы из летучих ножниц; f и g - соответственно коэффициент трения и ускорение свободного падения.

Роликовые холодильники

На многих среднесортных станах применяют роликовые холодильники. Роликовый холодильник состоит из длинных приводных роликов небольшого диаметра (100—120 мм), расположенных под углом 35—40° к оси подводящего рольганга. На концах роликов предусмотрены конические шестерни, находящиеся в зацеплении с коническими шестернями, установленными на общем трансмиссионном валу, приводимом от электродвигателя через редуктор. Полоса в процессе охлаждения одновременно движется поступательно и поперек холодильника (от подводящего рольганга к отводящему). Главным достоинством роликового холодильника является простота конструкции- отсутствуют сложные механизмы, связанные с качательным дижением реек, упрощается фундамент. Существенным технологическим достоинством является непрерывное изменение поверхности соприкосновения полос с роликами холодильника, в результате чего предотвращается местное охлаждение полос. Это свойство холодильника особенно важно при прокатке полос из легированных сталей.

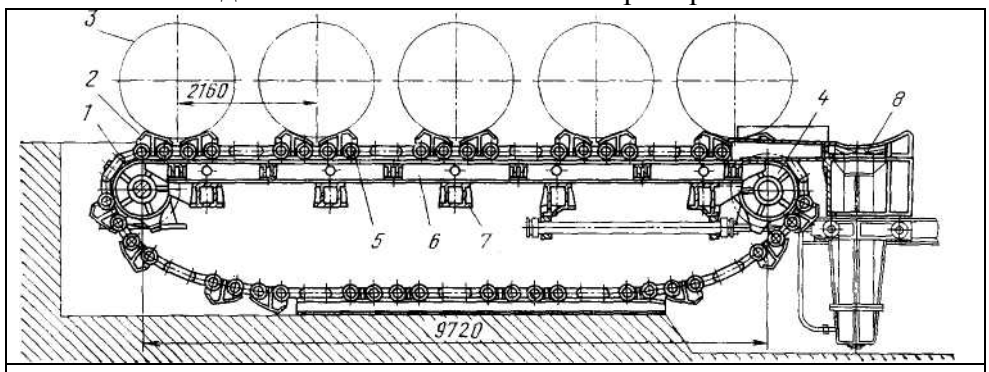


Рис. 4.7. Транспортер для рулонов: 1-цепи; 2-тележки; 3-рулоны; 4-ведущие звездочки; 5-катки; 6-направляющие балки; 7-поперечные балки; 8-тележка

Продолжительность охлаждения полос можно регулировать скоростью вращения роликов.

Ширина роликового холодильника может быть доведена до 10 м. Ширина реечного холодильника составляет всего 6—8 м (между осями загрузочного и разгрузочного рольгангов), в связи с этим охлаждающая поверхность роликового холодильника на 30—50 % больше, чем у реечного. Кроме того, роликовый холодильник допускает более плотную укладку металла, что примерно в 5—10 раз увеличивает эффективность использования площади холодильника.

К недостаткам следует отнести то, что в процессе охлаждения в отличие от реечного холодильника роликовые холодильники не обеспечивают правку полос.

Несмотря на простоту конструкции, роликовые холодильники имеют большие габариты и очень дорогие. Поэтому там, где имеется возможность установить холодильник любого типа, предпочтение отдают реечному холодильнику.

Суммарный путь L охлаждаемого на холодильнике металла равен

$$L = \frac{Q}{G} at, \qquad (4.16)$$

где Q – максимальная часовая производительность стана G – вес одной полосы, *a* – расстояние между полосами (или шаг холодильника), t - время охлаждения одной полосы.

Для определения времени охлаждения полосы можно использовать рекомендации Е.С.Рокотяна [24].?

На рис. 4.7 показан цепной транспортер, предназначенный для подачи рулонов со склада к разматывающему устройству стана холодной прокатки (дрессировки). Транспортер имеет две неограниченные цепи *1* с тележками *2,* на которые рулоны *3* укладываются краном. Привод цепей осуществляется двумя ведущими звездочками *4,* вал которых приводится электродвигателем через редуктор. Опорные тележки установлены на катках *5,* смонтированных на подшипниках качения и являющихся шарнирами цепи. На горизонтальном участке катки движутся по направляющим балкам *6,* опирающимся на поперечные балки 7, лежащие своими концами на фундаменте. Очередной рулон поступает на тележку *8, ,*которая при помощи гидравлического подъемного стола устанавливает его по оси разматывающего устройства.

4.2. **МАШИНЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДАЧИ, ПОДЪЕМА, ПОВОРОТА И КАНТОВКИ ПРОКАТА. МОТАЛКИ**

4.2.1Слитковозы, подъемно-поворотные устройства и толкатели

Слитковозы

Слитки, нагретые до температуры прокатки, из нагревательных колодцев клещевым краном подаются на слитковоз, который подвозит их к приемному рольгангублюминга или слябинга и укладывает на ролики. Затем слиток по рольгангу подается к рабочей клети стана.

За последние годы производительность блюмингов и слябингов значительно возросла и для одно клетьевого двухвалкового реверсивного стана составляет 3,5—6,0 млн. т и более в год. При такой производительности продолжительность прокатки слитка равна 40—90 с. Число групп колодцев блюминга составляет 12—16, а длина здания нагревательных колодцев 150—180 м. Чтобы обеспечить указанную ритмичность прокатки, требуется несколько слитковозов.

На новых больших блюмингах конструкции УЗТМ производительностью 5,0—6,5 млн. т/год применяют так называемую *кольцевую слитко-подачу,* при которой по замкнутому вытянутому кольцу непрерывно движутся четыре слитковоза (см. рис. 4.8?). При помощи колодцевого клещевого крана нагретый слиток укладывается на раму слитковоза в горизонтальном положении; в этом же положении у закругленного участка рельсового пути, расположенного сбоку от приемного рольганга, слиток при помощи стационарного бокового толкателя сталкивается с рамы слитковоза и подается на ролики приемного рольганга.

Слитковоз представляет собой самоходную тележку массой 43 т с горизонтальной сварной платформой / для слитков массой до 25 т, имеющей пружинные амортизаторы *3* и *6.* В отличие от слитковозов, применяемых ранее на блюмингах, на платформе нет вертикальной люльки с опрокидывателем и слиток укладывается колодцевым клещевым краном на поперечные брусья платформы в горизонтальном положении вдоль рамы тележки.

Платформа слитковоза опирается шарнирно через роликовые подшипники *4* и 5 на плиту *2* и на две ходовые тележки *9* (на два ската), четыре колеса *10* которых (диаметром 950 мм) соприкасаются с тяжелыми рельсами специального профиля; ширина колеи 1600 мм. Каждая ходовая тележка приводится от расположенного под платформой электродвигателя *14* постоянного тока мощностью 46 кВт (625 об/мин) через

цилиндрический двухступенчатый редуктор 7. Базовое расстояние между осями колес 2200 мм; на прямых участках пути слитковоз может двигаться со скоростью до 5,4 м/с.

. При подходе к приемному рольгангу (сбоку от него) слитковоз останавливается и слиток при помощи толкателя сдвигается с платформы на бочки роликов рольганга и транспортируется далее к валкам рабочей клети блюминга для прокатки (см. рис.).

Слитковоз без слитка движется затем по закругленному рельсовому и затем обратному прямому пути к нагревательным колодцам для приема следующего слитка.

Для возможности самостоятельного движения слитковоза по закругленному рельсовому пути на осях ходовых колес с внешней стороны имеются холостые бегунки

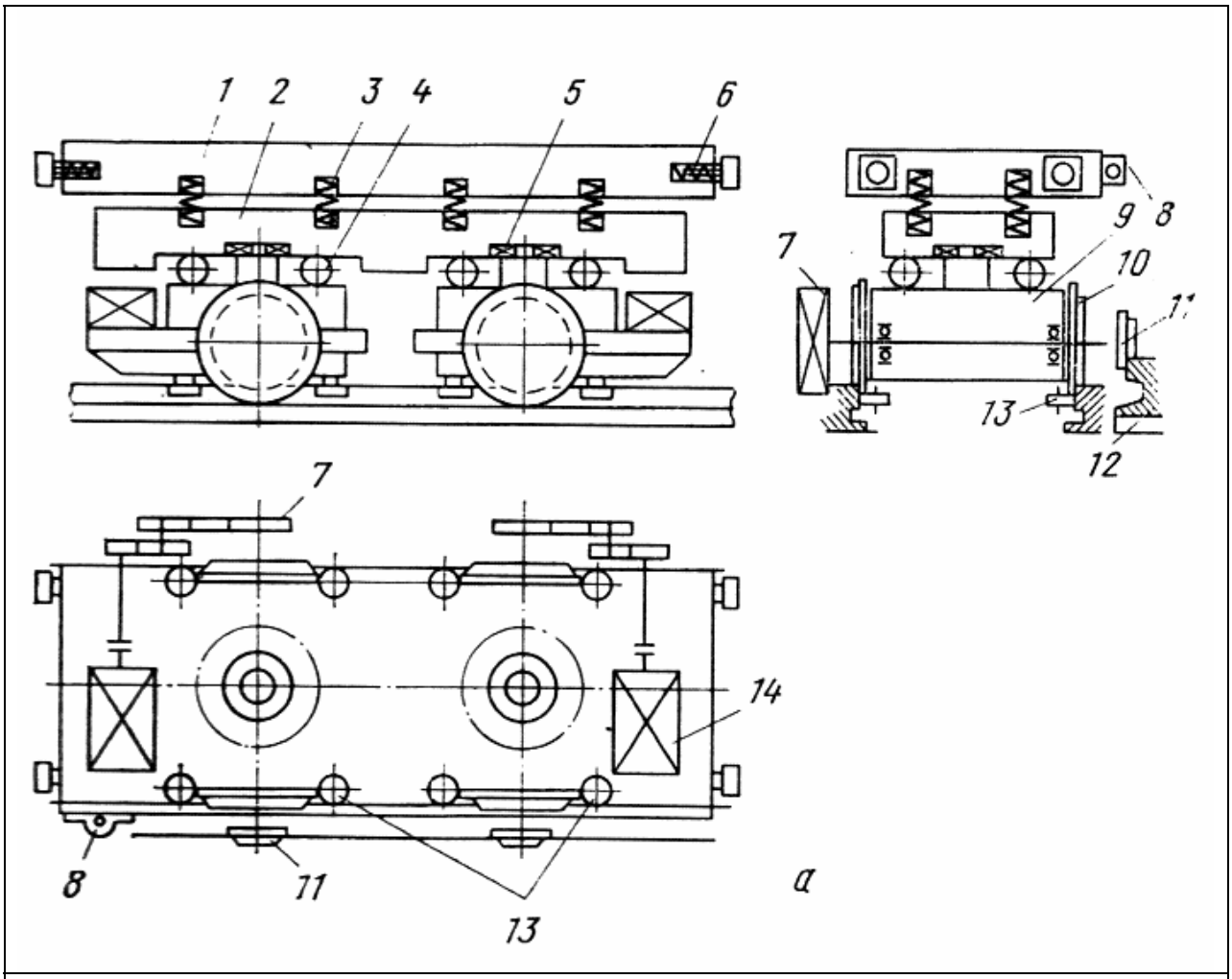


Рис.4.8. Слитковоз: 1-платформа; 2-плита; 3,6-амортизаторы; 4,5-роликовые подшипники; 7-редуктор; 8-подвод эл. энергии; 9-ходовые тележки; 10-колеса; 11-холостые бегунки;12-дополнительный рельс; 13-направляющие ролики;; 14-эл. двигатель

11 диаметром 630 мм» опирающиеся на дополнительный (третий) рельс *12,* расположенный выше основных рельсов для ходовых колес. При приближении к закругленному участку пути бегунки начинают опираться на постепенно повышающийся третий рельс, при этом первые боковые колеса приподнимаются и тем самым исключается их касание со своим рельсом. Таким образом, при движении с небольшой скоростью (1 —1,5 м/с) по закругленному участку пути слитковоз будет иметь четыре опоры: на два ходовых левых колеса и на два бегунка, что исключает буксование приводных колес по рельсу; направление слитковоза по закругленному рельсовому участку пути обеспечивается четырьмя парами направляющих роликов *13.*

Питание электродвигателей осуществляется при помощи шарнирно-телескопического соединения 8 с токосъемником от троллейных проводов, идущих сбоку вдоль всего пути слитковоза.

На слябингах прокатывают тяжелые слитки (16—30 т), поэтому укладка слитков, вынимаемых колодцевым клещевым краном из колодцев, в вертикальном положении на горизонтальные тележки-слитковозы весьма затруднительна и вызывает удар слитка о раму тележки.

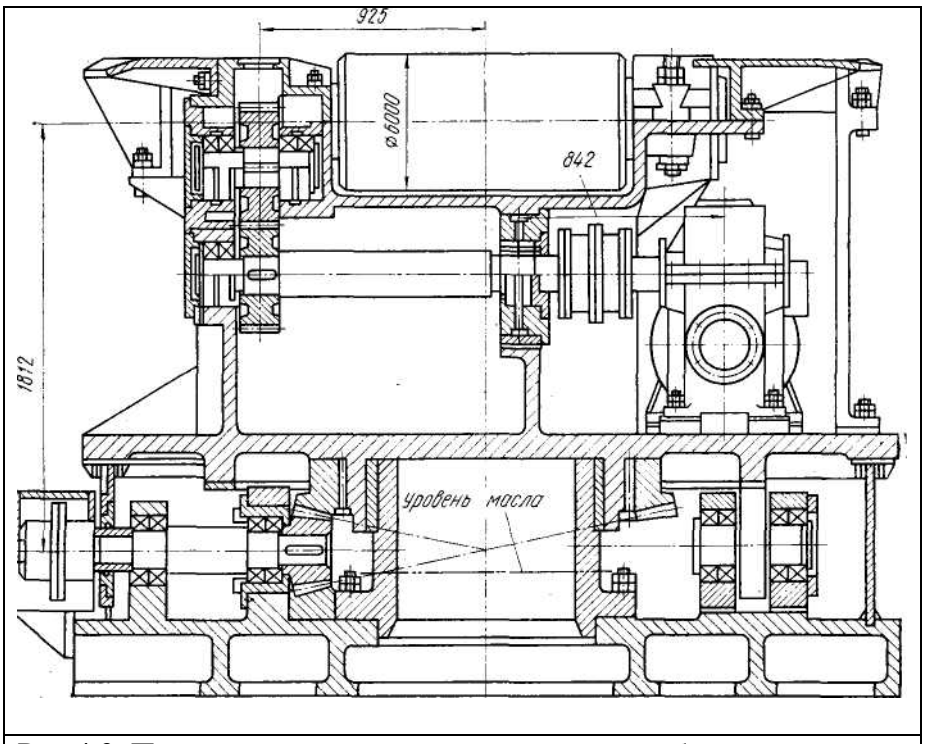


Рис.4.9. Приемный стол для слитков в линии рабочего рольганга блюминга

На слябинге конструкции НКМЗ для приема слитка в вертикальном положении предусмотрена специальная люлька, которая при подходе к приемному рольгангу автоматически поворачивается и укладывает слиток на горизонтальные ролики слитковоза, откуда слиток боковым сталкивателем сдвигается на приемный рольганг. Время опрокидывания люльки со слитком-10с; Опрокидывание осуществляется одним гидроцилиндром, а возврат другим.

Каждая тележка слитковоза приводится электродвигателем мощностью 180 кВт (474 об/мин) через зубчатую передачу**.** Скорость слитковоза на прямых участках 5 м/с, на закругленных 1 м/с. Для уборки окалины на прямом пути устанавливается скребок.

Для охлаждения электродвигателей и механизмов слитковоза установлен вентилятор.Для смазки механизмов имеется автономная система густой централизованной смазки.

Общая масса слитковоза 110т, в том числе рамы 44 т, двух тележек: 38 т, люльки 17,6 т.

Определим максимальное ускорение слитковоза из условия, что ограничивающим фактором является величина силы трения между колесами слитковоза и рельсами. Если за Q обозначить давление, воспринимающее ведущими колесами, а за G полную массу слитковоза, то максимальное ускорение равно

$$w_{max} = fg\frac{Q}{G}, \qquad (4.17)$$

где *f*-коэффициент трения коес по рельсам.

В случае, когда все колеса приводные, Q = G и тогда

$w_{max} = fg$.

4.2.2 *Поворотные, подъемные и подъемно-поворотные механизмы и устройства*

На блюмингах и слябингах слитки из отделения нагревательных колодцев подаются слитковозом на приемный рольганг в некоторых случаях широким концом вперед (слитки спокойной стали). Для уменьшения отходов дефектного металла на

ножницах за блюмингом (слябингом) эти слитки прокатывают узким концом вперед, чтобы прибыльная часть их, расположенная на широком конце, была позади прокатанного блюма и сляба.

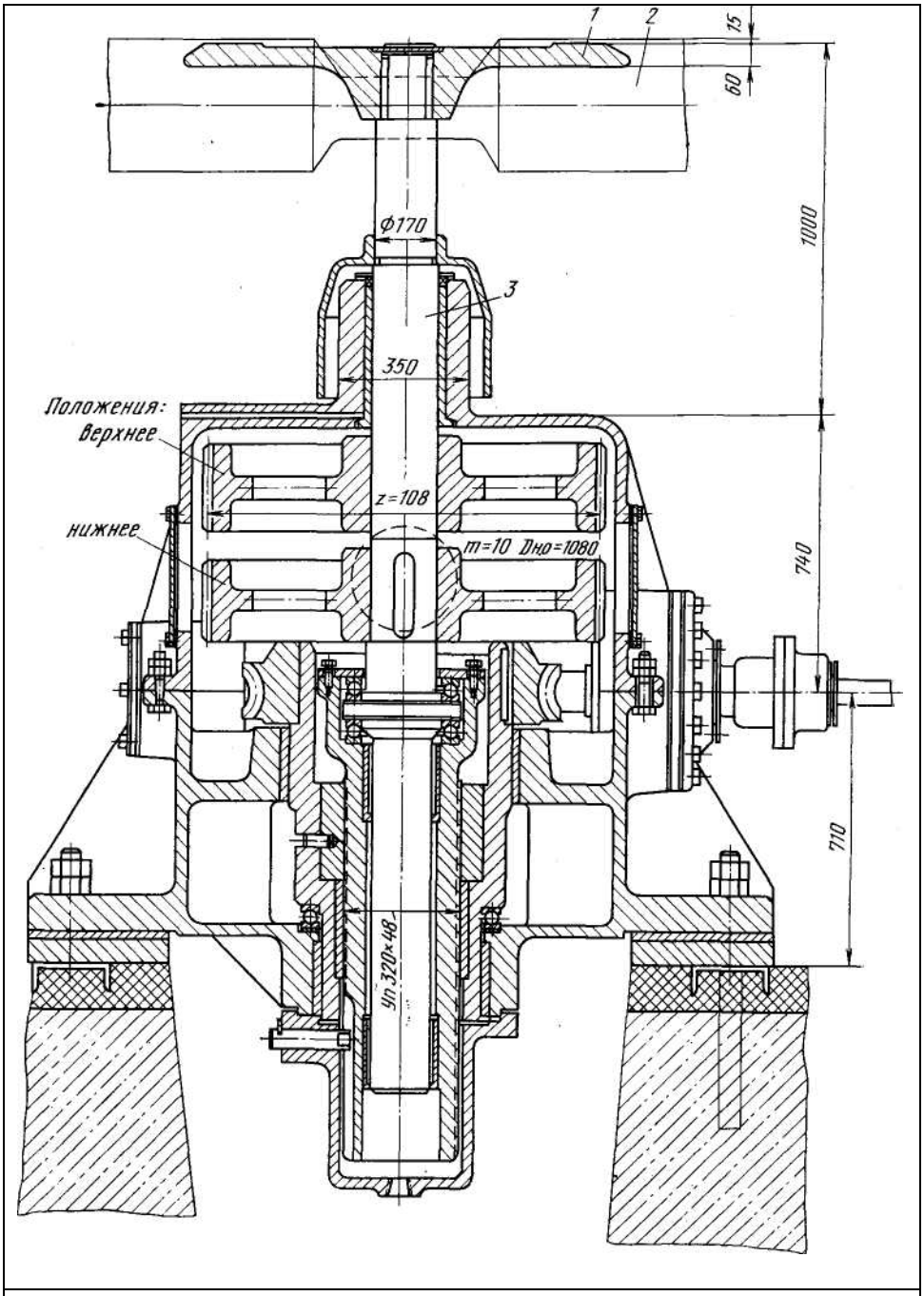


Рис.4.10. Подъмно-поворотное устройство в линии толстолистового стана: 1-крестовина; 2-ролики; 3-вертикальный вал

На рис. 4.9 показан общий вид поворотного стола для слитков массой до 20 т. Стол установлен непосредственно за приемным рольгангом. Поворотный стол для слитков в линии приемного рольганга блюминга и предназначен для поворота слитка на 180° в горизонтальной плоскости с целью последующего его направления к стану узким концом вперед.

Рама поворотного стола опирается на четыре катка диаметром 470 мм и центрирована на литой стальной втулке, установленной на фундаментной плите. Снизу к раме прикреплен зубчатый венец, сцепляющийся с конической шестерней. Привод поворота стола осуществляется от электродвигателя переменного тока мощностью 16 кВт (720 об/мин) через двухступенчатый редуктор (i = 29) и коническую передачу (i=4); стол поворачивается на 180° за 48,5с На столе смонтированы четыре ролика рольганга диаметром 600 мм, предназначенного для пиема слитка и передачи его (после поворота на 180°) на подводящий рольганг к стану. Ролики приводятся от электродвигателя переменного тока мощностью 45 кВт (514 об/мин) через червячный редуктор и цилии. ндрические шестерн

На рис. 4.10 показано подъемно-поворотное устройство для слябов, установленное перед черновой клетью стана 2800. При прокатке без уширения верхняя крестовина *1* расположена ниже уровня роликов *2* и не мешает движению слябов по

рольгангу. При необходимости уширения сляб останавливается на рольганге так, что его середина будет над крестовиной; затем вертикальный вал *3* с крестовиной поднимается на 300 мм, поднимает сляб, поворачивает его в горизонтальной плоскости на 90° и снова опускает на ролики рольганга.

Привод подъема и поворота крестовины осуществляется от отдельных электродвигателей, установленных на общей фундаментной раме, через червячные и цилиндрические шестерни, смонтированные в одном корпусе. Применяют также механизмы аналогичного назначения с отдельным приводом подъема и поворота крестовины от двух пневматических цилиндров, один из которых перемещает зубчатую рейку, соеди» ненную с зубчатым сектором, сидящим на вертикальном валу.

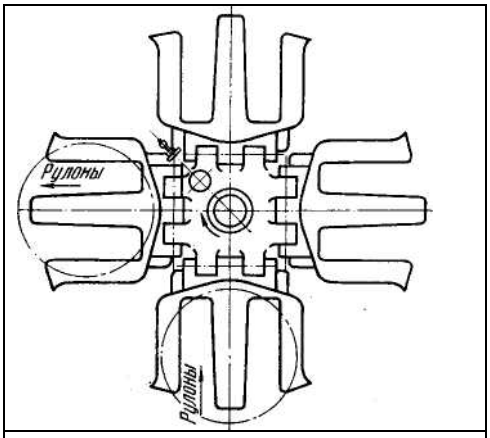


Рис. 4.11. Подъемно-поворотный стол в линии транспортера рулонов

На рис. 4.11 представлен общий вид подъемно-поворотного стола для рулонов горячекатаной полосы. Стол установлен за моталками непрерывного широкополосного стана 1700, в линии разветвления отводящего конвейера для горячих рулонов, и предназначен для подъема, поворота и передачи рулонов на другую ветвь конвейера, расположенную под углом 90° к подводящему конвейеру. Положение рулонов вертикальное.

Подъем верхней крестовины стола и рулона осуществляется плунжером гидравлического цилиндра (в центре). Поворот крестовины и рулона осуществляется от электродвигателя через отдельный редуктор и зубчатые шестерни, расположенные в корпусе стола; ведомая шестерня насажена на ступицу, составляющую одно целое с гидравлическим цилиндром. Корпус стола сварной из листов, опоры цилиндра и плунжера литые, стальные.

Толкатели, сталкиватели и упоры

Для подачи заготовок с загрузочных боковых решеток (стеллажей) на печные рольганги, загрузки металла в печь, продвижения его по поду печи и выдачи из печи, для подачи металла на холодильники и штабелирующие столы и т. д. применяют толкатели, выталкиватели и сталкиватели различной конструкции.

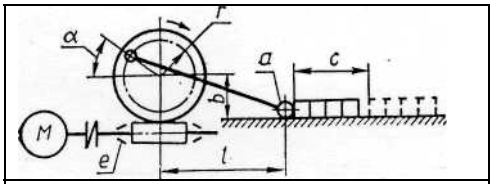


Рис.4.12. Сталкиватель заготовок

На рис.4.12,4.13 приведены два варианта конструктивного исполнения толкателей заготовок.

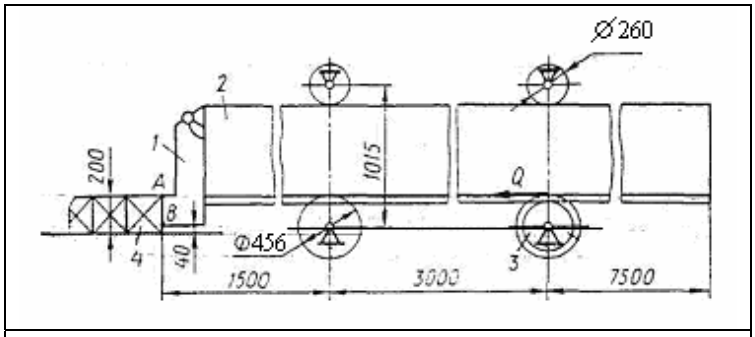


Рис.4.13. Сдвоенный печной реечный толкатель:
1 — упор штанги; *2* — штанга; *3* — приводная шестерня; *4* — сляб

Для остановки полос при прокатке с целью резки, формирования пачек, определения массы, сортировки, контроля и др. применяют упоры самой разнообразной конструкции. На рис.4.14 4.15 приведены некоторые изних.

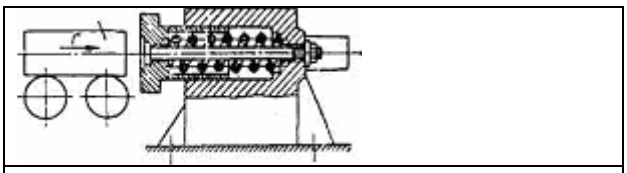


Рис.4.14. Стационарный пружинный упор

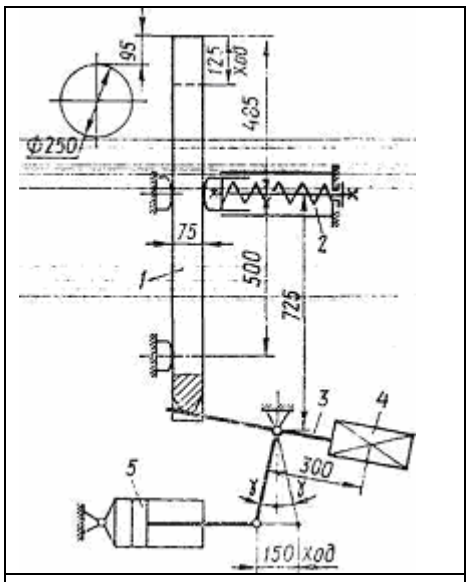


Рис. 4.15. Опускающийся упор:
1 – плита; 2 – амортизатор;
3 – рычаг; 4 – груз; 5 - цилиндр

Манипуляторы и кантователи

Манипулятор предназначен для передвижения металла по роликам рольганга параллельно их бочке с целью последующего правильного направления металла в валки (или их калибры). Одновременно с этим линейки манипулятора выпрямляют прокатываемую полосу (блюм, сляб, заготовки), если она искривилась при прокатке.

Манипуляторы применяют только при прокатке слитков и относительно толстой заготовки и полосы, т. е. на блюмингах, слябингах, рельсо-балочных и крупносортных станах и на толстолистовых станах.

Кантователи в линиях прокатки служат для поворота (кантовки) прокатываемой полосы (слитка, блюма, заготовки, профиля) относительно ее продольной оси на 90° перед задачей в следующий калибр валков для обеспечения равномерного обжатия металла по всему сечению. Такие кантователи применяют на блюмингах, слябингах, рельсо-балочных и сортовых станах.

В линиях отделки проката используют кантователи и манипуляторы различного типа в зависимости от их назначения (для кантовки толстых листов, рулонов, рельсов и т. д.).

На рис.4.16 показаны линейки манипулятора реверсивной клети стана 2800.

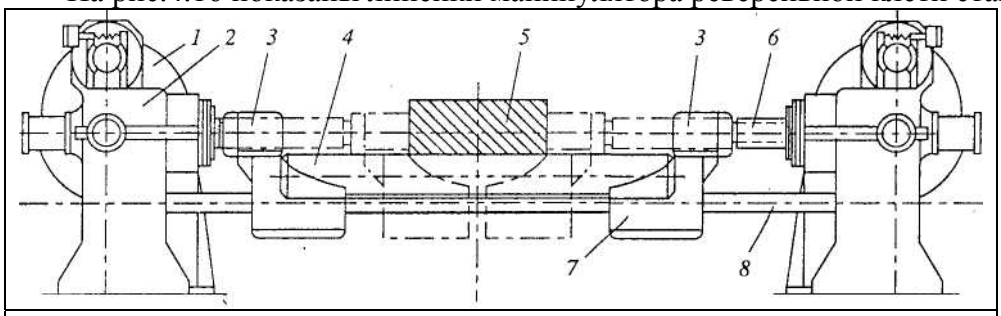


Рис.4.16. Манипулятор стана 2800: 1-двигатель; 2-червячный редуктор; 3-Линейки; 4-рольганг; 5-сляб; 6-винты; 7- ползуны линеек; 8-направляющие штанги

Передвижение сляба *5* вдоль рольганга *4* осуществляется двигателем *1,* червячными редукторами *2,* винтами *6,* передвигающими линейки *3.* Параллельность движения линеек обеспечивают ползуны линеек 7, центрирующиеся на направляющих штангах *8.*

Манипуляторы и кантователи блюминга (слябинга)

Манипуляторы установлены с передней и задней сторон рабочей клети. Каждый манипулятор снабжен двумя массивными стальными литыми линейками (массой по 15—40 т), установленными по бокам рабочего рольганга и передвигаемые при помощи длинных штанг с зубчатыми рейками. Передние и задние линейки как со стороны привода валков так и со стороны привода роликов рабочих рольгангов попарно приводятся от общего электродвигателя при помощи зубчатых шестерен, находящихся в зацеплении с рейками. Таким образом, левые или правые линейки передвигаются одновременно. Кроме того, левые и правые линейки могут одновременно передвигаться навстречу одна другой и «зажимать» металл либо удаляться одна от другой. Металл, направленный в валки передней парой линеек, с другой стороны клети принимается задней парой линеек и затем передвигается ими к следующему калибру валков. Средняя штанга с зубчатой рейкой соединена с валом кантователя и приводятся от электродвигателя.

На блюмингах и слябингах применяют кантователи крюкового типа.

Кантовка слитков массой до 21т осуществляется крюком 1(рис. 4.17), вал которого 2 поворачивается кривошипно-шатунным механизмом 3, приводимым от электродвигателя *4* постоянного тока мощностью 200 кВт (25 об/мин) при помощи длинного телескопического шпинделя *5* с шарнирами на подшипниках качения. Кантователь и шатунно-кривошипный механизм установлены на линейке манипулятора *6* и перемещаются при прокатке вместе с ней. Электродвигатель расположен на фундаменте вблизи рамы рольганга. Конструкция шпинделя при расстоянии между шарнирами 8000 мм позволяет иметь угол наклона в горизонтальной плоскости до 23°, что обеспечивает возможность независимого передвижения линейки манипулятора на3300 мм вдоль бочки роликов 7 рольганга. Достоинством кантователя является исключение из его привода сложного дифференциального редуктора (применяемого ранее на других блюмингах).

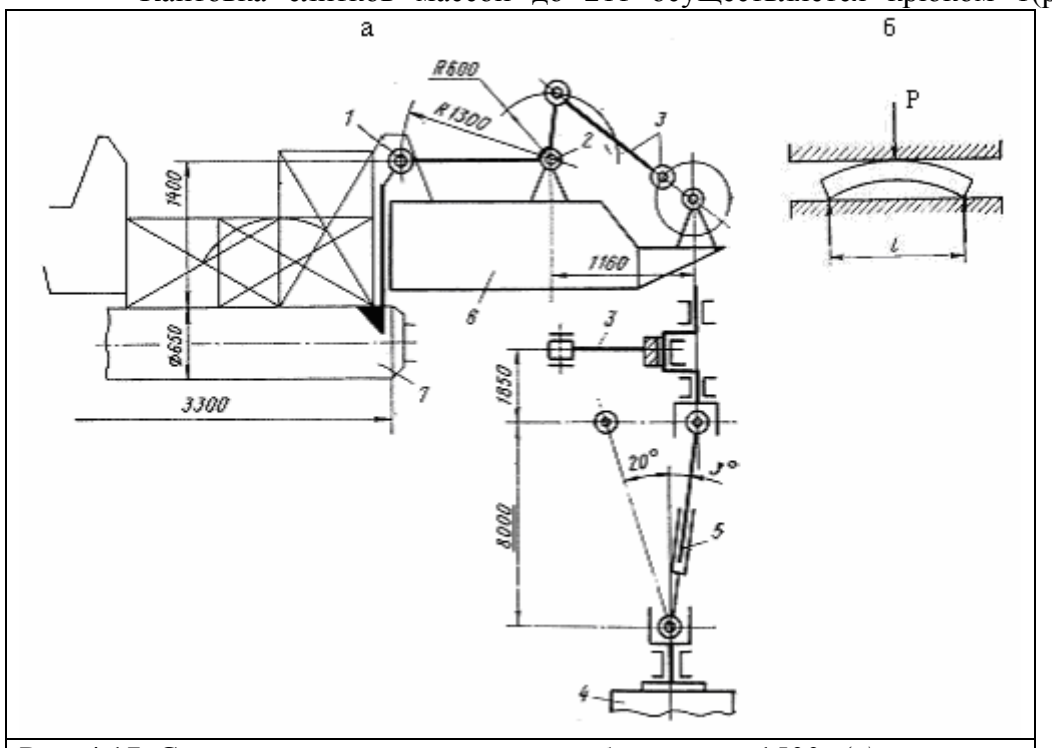


Рис. 4.17. Схема крюкового кантователя блюминга 1500 *(а)* и схема правки блюма (сляба) линейками манипулятора (б): 1-крюк кантователя; 2-вал; 3-кривошипно-шатунный механизм; 4-эл. двигатель; 5-телескопический шпиндель; 6-линейка манипулятора; 7-рольганг

Как было сказано выше, во время прокатки при помощи линеек манипулятора выпрямляют раскат, если он вышел из валков искривленным. Усилие на линейках,

требующееся для выпрямления полосы, можно определить из соотношения (см. рис. 4.12,

$$\text{б)}\ M_{из} = \frac{Pl}{4} = \sigma_s W_s, \qquad (4.18)$$

где l— длина полосы (при длине полосы, превышающей длину линейки манипулятора, необходимо принимать ее равной длине линейки), мм; σ_s — предел текучести стали при температуре правки (изгиба) полосы, МПа. При t =1100°С можно принимать σ_s = 50 ÷ 70 МПа; W_S — пластический момент сопротивления сечения полосы; для прямоугольного сечения $W_s = 0{,}25\ bh^2$, где b, h — ширина и высота сечения, мм. Таким образом, для выпрямления полосы необходимо усилие

$$P = \sigma_s \frac{bh^2}{l} \qquad (4.19)$$

Расчеты показывают, что для блюмингов можно принимать P = 1,2 ÷ 1,5 МН.

Кантователи проката на заготовочных и сортовых станах

На заготовочных и сортовых станах для кантовки заготовки или профильной полосы на ходу, во время движения ее к очередной клети, применяют кантователи типа так называемой кантующей втулки, устанавливаемой между роликами рольганга.

Универсальная кантующая втулка в линии рольганга

На рис. 4.18 показана схема универсальной кантующей втулки, примененной на крупносортном полунепрерывном стане 600. Кантователь позволяет осуществлять кантовку любого профиля на любой угол в пределах до 90° со смещением или без смещения кантуемой полосы по длине бочки роликов рольганга.

Левый нижний угол сменной втулки (проводки) *1* совмещен с центром вращения кантующей шайбы *2,* опирающейся на четыре ролика *3.* При повороте шайбы шатуном *4,* соединенным скривошипом *5* на валу редуктора *6,* происходит кантовка полосы со смещением ее влево от оси прокатки.

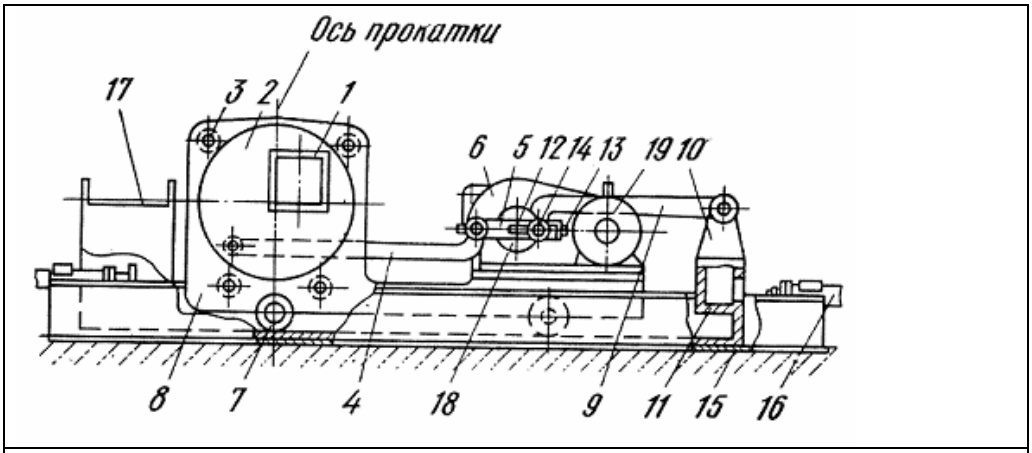


Рис. 4.18. Универсальная кантующая втулка в линии рольганга: 1-сменная втулка; 2-кантующая шайба; 3-опорные ролики; 4-шатун; 5-кривошип; 6-редуктор; 7-катки; 8-тележка; 9-шатун внутр. рамы; 10-стойка внутр. Рамы; 11-внутреннея рама; 12-кривошип; 13-регулировочный винт; 14-Шарнир; 15-наружная рама; 16-гидроцилиндр; 17-направляющий желоб; 18-командаппарат; 19-эл. двигатель

Если смещение не требуется, то одновременно с кантовкой ее происходит перемещение вправо на катках 7 всей тележки *8* кантователя. Это перемещение осуществляется вторым шатуном *9,* один конец которого шарнирно закреплен на стойке *10* внутренней рамы *11,* а другой конец шарнирно соединен со вторым кривошипом *12.* Величина перемещения всей тележки вправо регулируется изменением плеча кривошипа *12* винтом *13,* соединенным с шарниром *14* (при кантовке со со смещением этот шарнир должен быть совмещен с осью выходного вала редуктора). Для приема и кантовки полосы, выходящей из того или иного калибра валков, внутренняя рама *11* может перемещаться по направляющим внутри неподвижной наружной рамы *15* при помощи гидроцилиндров *16.* Если

кантовка не нужна, то при помощи этих же гидроцилиндров кантователь отводится вправо и на место кантующей втулки устанавливается направляющий желоб *17,* расположенный на конце внутренней рамы *11.*

Угол поворота кривошипа *5* фиксируется командоаппаратом *18,* воздействующим на электродвигатель *19.*

Для визуального осмотра качества верхней и нижней поверхностей толстых горячекатаных листов массой до 8 т и длиной 10—20 м после их охлаждения на холодильнике применяют кантователи.

Кантовка толстых листов на стане 2800 конструкции УЗТМ (рис. 4.19) осуществляется двумя системами рычагов при перекладывании листа с одного инспекционного рольганга на другой.

В исходном нижнем положении рычаги *2,3* находятся между роликами левого и правого рольгангов в различных плоскостях. Поворот рычагов осуществляется двумя шатунами*1*, соединенными с двумя кривошипами на концах выходного вала редуктора, причем в исходном положении кривошипы находятся в диаметрально противоположных положениях.

Кантовка листа на 180° выполняется за один оборот кривошипов, примерно в течение 10 с. При кантовке рычаги левого ряда встречаются с рычагами правого ряда под углом 5° от вертикали (в этот момент правый ряд рычагов занимает крайнее положение) и затем поворачиваются вместе по дуге в 10°, переходя вертикаль (не перекрещиваясь, т. е. не образуя «ножниц»); в это время лист перекладывается с рычагов левого ряда на рычаги правого ряда. При дальнейшем вращении кривошипов и встречном движении шатунов рычаги «расходятся» и при выключении электродвигателя командоаппаратом занимают исходное положение. Кантователь может работать в реверсивном режиме при изменении вращения кривошипов.

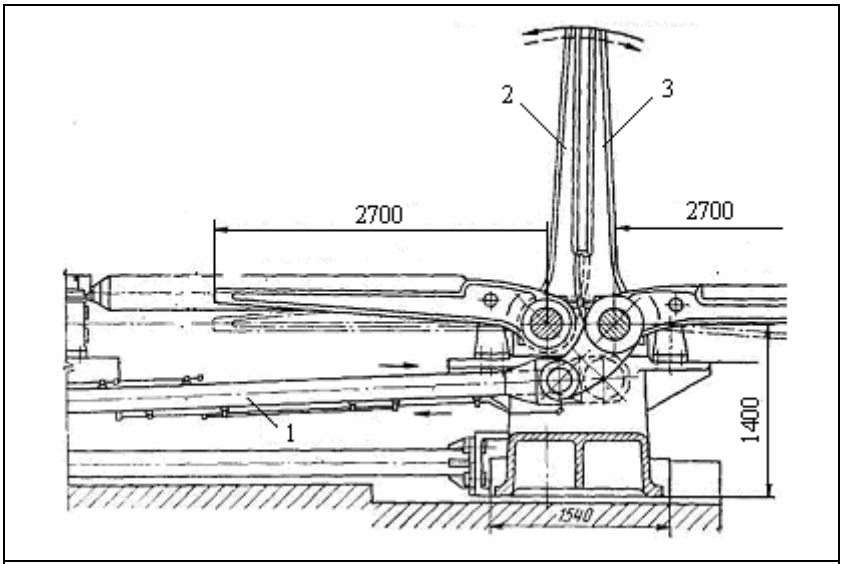


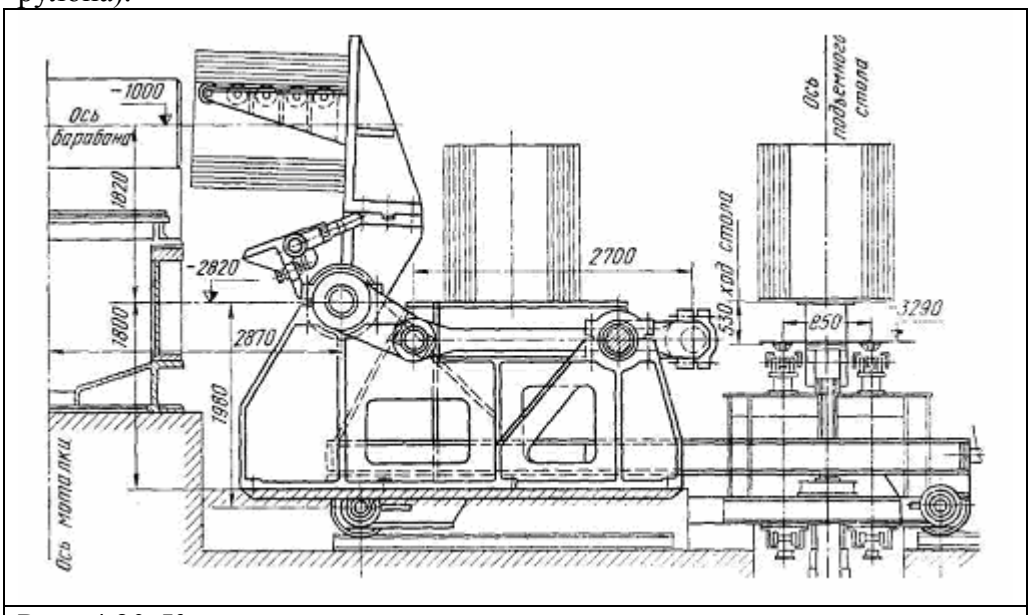
Рис. 4.19. Кантователь толстых листов на инспекционном рольганге: 1-шатуны; 2,3-кривошипы

Кантователь рулонов горячей полосы у моталок

От моталок непрерывного широкополосного стана рулоны горячей полосы (при температуре до 650 °С) транспортируют на склад или в цех холодной прокатки в вертикальном положении на торец (для предотвращения их деформации по диаметру). Для кантовки рулонов, сталкиваемых с барабана моталки в горизонтальном положении, применяют кантователи различного типа.

На рис. 4.20 показан кантователь рычажного типа, установленный напротив моталки непрерывного широкополосного стана конструкции НКМЗ. С моталки горячий рулон массой до 15 т сталкивается на консольный рычаг, укрепленный на валу с двумя отдельными опорами. Со стороны одной из опор вала предусмотрен кривошип, поворачиваемый на угол 125° шатуном, соединенным с коленчатым валом, приводимым во вращение электродвигателем мощностью 41 кВт (625 об/мин) через: редуктор (i=251).

Опоры коленчатого вала, редуктор и электродвигатель установлены на фундаменте. Между опорами приводного вала против кантующего рычага находится тележка, передвигаемая по рельсам при помощи штока пневмоцилиндра. Рама тележки имеет С-образную форму, открытая часть которой обращена в сторону проходящего рядом в перпендикулярном направлении пластинчатого цепного транспортера (для рулона).



Рисю4.20. Кантователь горячих рулонов у моталки непрерывного широкополосногостана

При помощи кривошипно-шатунного привода вал и рычаг поворачиваются вправо, рулон кантуется из горизонтального положения в вертикальное и укладывается на верхнюю часть С-образной рамы тележки. Затем штоком пневмоцилиндра тележка и рулон передвигаются вправо. При этом нижняя удлиненная часть рамы проходит между верхними и нижними цепями транспортера, а верхняя часть рамы располагается выше верхних цепей транспортера. Гидравлический подъемник, установленный между цепями транспортера, приподнимает рулон, тележка возвращается в исходное положение к моталке, а рулон опускается подъемником на верхнюю ветвь транспортера. Для кантовки рулона требуются 15 с, а для передвижения тележки вперед 7 с. Полный цикл кантовки и установки рулона на транспортер осуществляется приблизительно за 40 с.

Кантователь рулонов холодной полосы

Во многих случаях рулоны полосы, хранящиеся в вертикальном положении, в таком же положении передаются к агрегатам последующей обработки металла электромагнитами мостовыми кранами. Однако для задачи в разматывающее устройство поточной линии или агрегаты правки и резки рулоны должны быть расположены горизонтально.

Кантовка рулонов из вертикального положения в горизонтальное (или наоборот, если это требуется) осуществляется кантователем Г-образного типа (рис. 4.21). Рама *3* кантователя в форме неполной окружности опирается на боковые холостые ролики *4,* снизу к раме прикреплена дуговая зубчатая рейка, сцепляющаяся с шестерней *1,* приводимой от электродвигателя через червячный редуктор.

Рулон полосы посредством электромагнита мостового крана укладывают в вертикальном положении на горизонтальный роликовый стол *2* рамы. В начале поворота рамы вправо рулон будет опираться своими образующими на два ряда наклонных

роликов на вертикальном секторе рамы, в конце поворота рамы на 90° рулон окажется скантованным и будет горизонтальным.

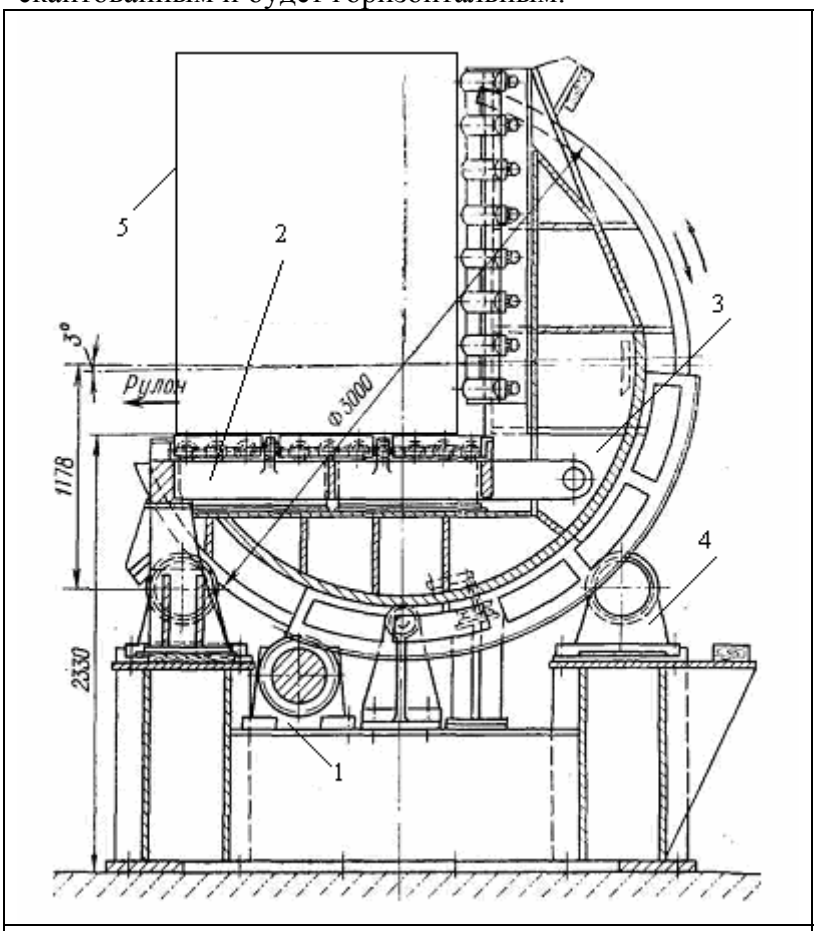


Рис. 4.21. Кантователь холодных рулонов: 1 – шестерня; 2 – роликовый стол; 3 – рама; 4 – холостые ролики; 5 – рулон

При дальнейшем повороте рамы на 3—5° рулон сползает по наклонным холостым роликам и переместится на склиз или рольганг по направлению к размывателю.

МАШИНЫ ДЛЯ СМАТЫВАНИЯ ПОЛОС И КАТАНКИ

Моталки применяют для сматывания прокатанного металла в рулоны (полоса, лента, штрипс) и бунты (катанка, мелкосортные профили).

По назначению и конструкции моталки можно разделить на четыре группы: 1) ролико-барабанные моталки для горячей полосы; 2) барабанные моталки для холодной полосы; 3) моталки — свертывающие машины для горячей полосы-штрипса; 4) моталки для сматывания в бунты горячих мелкосортных профилей (круг, квадрат) и проволоки (катанки).

Разматыватели (с отгибателями) предназначены для приема и центрирования рулонов, отгибания переднего конца рулона с целью направления полосы в прокатный стан (или агрегат резки, отжига, покрытия и т. д.) и создания натяжения полосы при разматывании рулона.

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ СМАТЫВАНИЯ МЕТАЛЛА

1. РОЛИКО-БАРАБАННЫЕ МОТАЛКИ ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ ПОЛОСЫ

Моталки являются весьма ответственными машинами непрерывного широкополосового стана. От их работы зависят успешная эксплуатация всего стана и качество готовой полосы.

На современных широкополосовых станах скорость прокатки полосы достигает 20—25 м/с, масса рулона 30—50 т.

Конструкция моталок должна обеспечивать следующие технологические и эксплуатационные требования:

1.Рулон должен быть плотным, без телескопичности витков; с этой целью сматывание необходимо производить при натяжении полосы и при правильном ее направлении специальными устройствами. При неплотном рулоне облегчается доступ кислорода воздуха к внутренним виткам, в результате чего образуется окалина, ухудшается микроструктура металла вследствие неравномерного охлаждения витков; при

наличии телескопических витков кромки полосы повреждаются при последующей транспортировке рулонов и их хранении на складе.

2. При захвате полосы моталкой и сматывании ее в рулон не должны образовываться петли и складки полосы на рольганге перед тянущими роликами.

3. Моталка должна иметь жесткую и износостойкую конструкцию в условиях непрерывной работы при высоких температурах (500—700 °С), при охлаждении водой, наличии окалины и при динамических нагрузках.

4. Ремонт моталок должен производиться в минимальное время.

5 Приемно-передающие устройства должны сохранять правильную форму рулона (без повреждения).

Чтобы обеспечить смотку полосы в плотный рулон без телескопичности необходимо, чтобы горизонтальные оси и образующие цилиндрические поверхностиверхних тянущих роликов, барабана моталки и формирующих прижимных роликов должны быть строго параллельными (рис.4.22). Кроме того, перед началом наматывания переднего конца полосы окружные скорости тянущих роликов, барабана моталки и формирующих роликов должны быть больше скорости полосы (на 10—20 %).

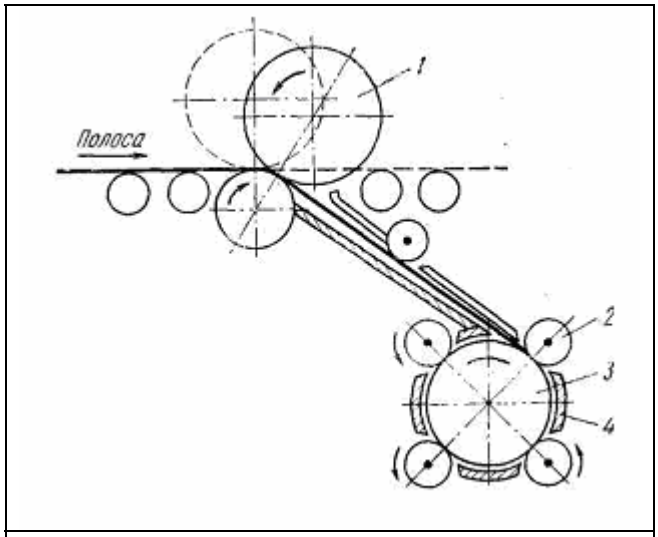


Рис.4.22. Схемы барабанных моталок для сматывания горячей полосы: *1* — подающие ролики; *2* — формирующие ролики; 3 — барабан; *4* — проводки

Для обеспечения захвата переднего конца полосы зазор между верхними тянущими роликами необходимо точно регулировать, что способствует также уменьшению динамических нагрузок.

Сматывание горячекатаной полосы на барабан моталки в плотные рулоны можно осуществить двумя способами: 1) барабаном моталки, создающим натяжение (без прижима к полосе формирующих роликов); 2) формирующими роликами, плотно прижатыми к полосе на барабане моталки, но без натяжения полосы барабаном моталки.

Как показывает опыт, работа моталок по первому варианту является более эффективной в части устранения эксцентричности рулона, а, следовательно, и снижения динамических нагрузок на механизмы моталки.

При сматывании тонкой горячей полосы (1—4 мм) после образования 2—3 первых витков формирующие ролики отводятся от рулона и дальнейшее сматывание осуществляется с натяжением полосы барабаном моталки; верхние тянущие ролики при этом работают в генераторном (тормозном) режиме или же они имеют зазор между роликами и полосой. В этом случае достаточно двух формирующих роликов с концентрическими проводками между ними.

В большинстве случаев сматывание толстой полосы (5—16 мм) осуществляется по второму способу, причем в моталке устанавливают 2—3 пары прижимных роликов более жесткой конструкции. После захвата переднего конца полосы барабаном моталки прижимные ролики остаются прижатыми к полосе и сматывание ее в рулон с натяжением осуществляется как прижимными роликами, так и барабаном моталки; верхние ролики в этом случае работают в режиме тянущих для полосы на рольганге и подающих для полосы, направляемой в моталку.

На широкополосном стане за чистовой клетью сначала устанавливают группу моталок для сматывания полос толщиной 1,2 – 4.0мм, а затем на расстоянии 30 – 50м по

ходу прокатки группу моталок для смотки полос толщиной 4,0 – 16мм; такая дистанция обеспечивает охлаждения более толстой полосы перед сматыванием. Наиболее целесообразно иметь в группе три моталки: две моталки обеспечивают непрерывность процесса прокатки, а третья может быть остановлена на ремонт.

Как правило, при выходе из последней чистовой клети и при движении по отводящему рольгангу к моталке передний конец полосы изогнут кверху. Для улучшения захвата переднего конца полосы верхний ролик тянущего устройства имеет увеличенный диаметр по сравнению с нижним роликом; для этой же цели верхний ролик по отношению к нижнему смещают на угол 15—20° вперед (по направлению движения полосы).

При изменении направления движения тянущими роликами полоса испытывает пластический изгиб в натяжных роликах относительно оси нижнего ролика. Для того чтобы не было проскальзывания роликов по полосе и, как следствие, появление рисок, необходимо, чтобы окружная скорость верхнего ролика (со стороны растянутых волокон металла) была несколько больше окружной скорости нижнего ролика. По этой причине верхний и нижний ролики имеют индивидуальный привод от отдельных электродвигателей постоянного тока с автоматическим регулированием их скорости в зависимости от скорости и толщины полосы.

Для предотвращения телескопичности витков на рольганге перед моталкой, устанавливают направляющие линейки, которые имеют двойной привод: электрический и пневматический, которые в автоматическом режиме осуществляют центровку полосы перед тянущими роликами моталки в течение периода сматывания полосы в рулон.

Консольный барабан имеет большую жесткость с целью уменьшения его прогиба от массы рулона и натяжения полосы при сматывании.

Для снятия рулона с барабана моталки применяют тележки-съемники (вместо ранее применявшихся сталкивателей, повреждавших кромки витков).

Привод формирующих роликов и барабана моталки и осуществляется непосредственно от электродвигателя. По сравнению редукторным приводом это повышает ресурс работы моталки, т.к. не требует применения подвергающихся значительному износу зубчатых зацеплений.

Конструкция моталок

На рис.4.23 представлена схема моталки конструкции НКМЗ для сматывания в рулон массой до 40 т горячей полосы (550—650 °С), выходящей из последней клети непрерывного широкополосного стана 2000. Толщина полосы 1,5—4 мм (или 4—16 мм), ширина 900—1850 мм; внутренний диаметр рулона 850 мм, максимальный наружный 2300 мм; предел текучести сматываемой полосы до 280 МПа, натяжение полосы 5—25 кН; скорость полосы в начале сматывания до 10 м/с; установившаяся скорость сматывания до 25 м/с.

Подающие ролики диаметром 900 и 400 мм имеют индивидуальный привод от электродвигателей и установлены наклонно по отношению к рольгангу. Четыре формирующих ролика имеют индивидуальный привод от электродвигателей постоянного тока мощностью по 29 кВт и попарно перемещаются от двух (или четырех для полосы толщиной 4—16 мм) пневматических цилиндров диметром 500 мм (давление воздуха 0,4—0,6 МПа), поворачивающих два вала, имеющих шарнирные рычажные системы. Все механизмы привода и перемещения формирующих роликов смонтированы в станине, которая при ремонте может выдвигаться в сторону по нижним направляющим на плитовинах при помощи гидравлического цилиндра (ход 4500 мм).

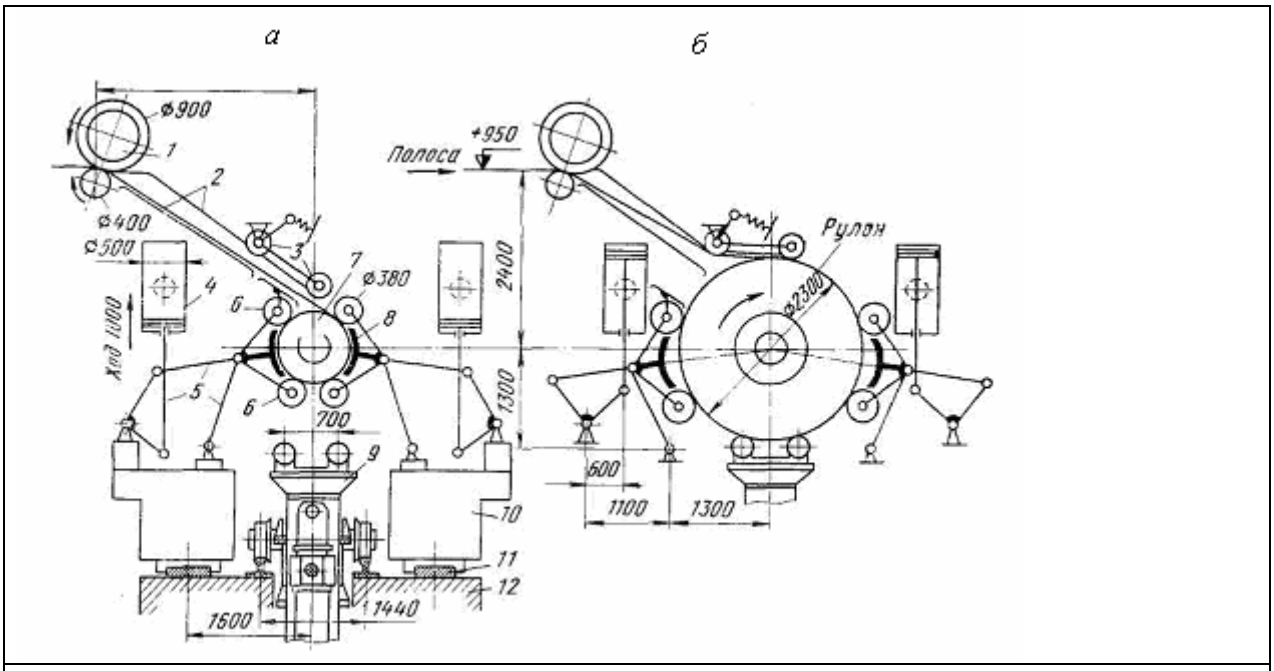


Рис. 4.23. Схема моталки для сматывания горячей полосы на непрерывном широкополосном стане 2000 конструкции НКМЗ: *а* — начало сматывания; б — конец сматывания; / — тянуще-подающие ролики; *2*— проводки; *3* — направляющие ролики с упором; *4* — шарнирные пневматические цилиндры; 5 — рычажная шарнирная система; *6* — формирующие приводные ролики; 7 — центральный приводной барабан моталки; *8*— проводки скольжения; *9* — тележка с гидроподъемным столом для снятия рулона массой до 40 т с барабана моталки; *10*— станина; *11* — направляющие планки для выдвижения моталки (при ремонте); *12* — фундаментная плита

Центральный барабан диаметром 850 и длиной 2000 мм приводится от электродвигателя мощностью 1150 кВт (220/440 об/мин). Благодаря тянущему усилию, создаваемому барабаном (после образования 2—3 витков полосы), а также и формирующему и тянущему действию периферийных формирующих роликов достигается большая плотность витков полосы в рулоне. После окончания сматывания полосы в рулон диаметр барабана уменьшается, рулон снимается в осевом направлении тележкой-съемником, кантуется из горизонтального положения в вертикальное и устанавливается на расположенный

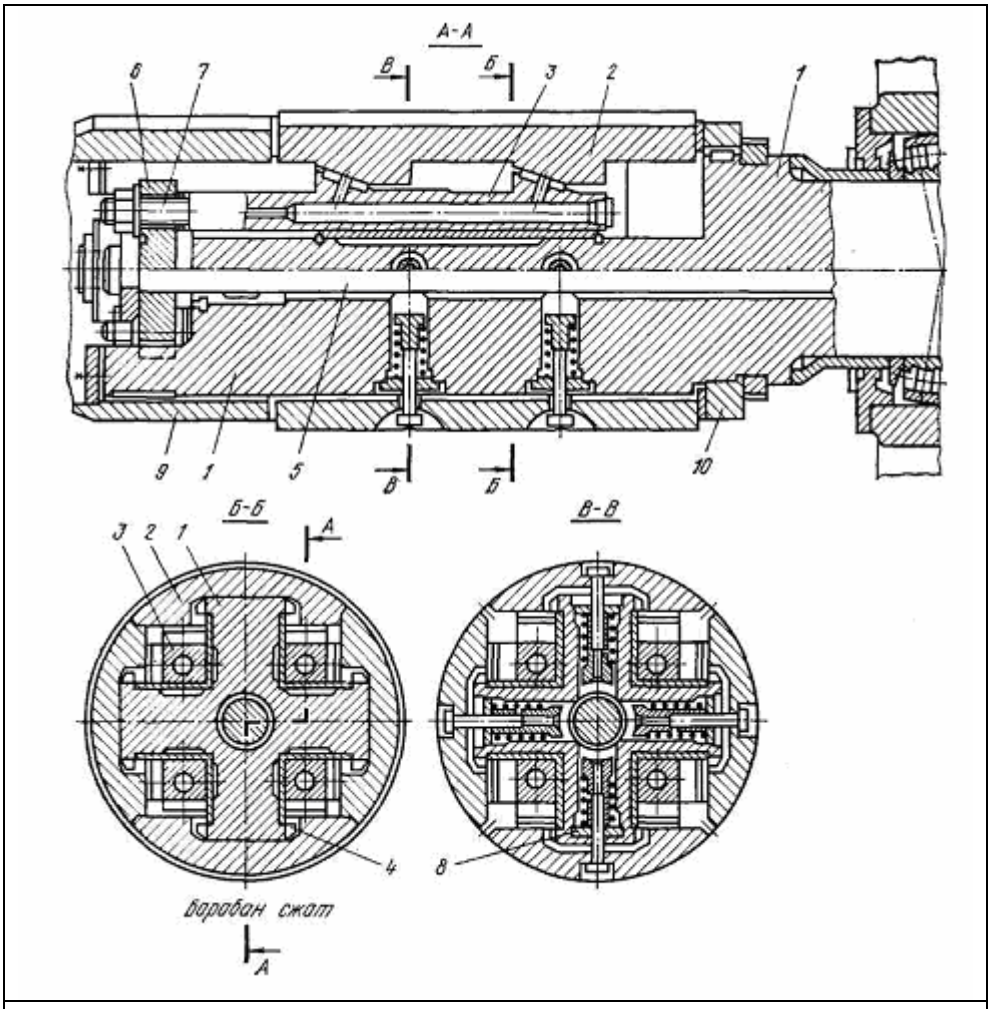


Рис4.24. Барабан моталки: 1 – вал; 2 – сегменты; 3 – квадраты; 4 – двусторонний замок; 5 – штанга; 6 – диск; 7 – резьбовое соединение; 8 – пружины; 9 – оправка; 10 - кольцо

рядом транспортер.

Барабан имеет внутренний крестообразный вал *1* большой жесткости и состоит из четырех сегментов *2* с Т-образным сквозным пазом, и четырех полых квадратов *3* с двусторонними клиновидными поверхностями (рис. 4.24). Наружные секторы барабана в разжатом положении удерживаются от действия центробежных сил двусторонним замком *4* по всей длине барабана. Через полый вал проходит штанга 5, на конце которой закреплен диск *6.* Полые квадраты крепятся к диску посредством регулируемого резьбового соединения 7, что обеспечивает плотный контакт клиновых поверхностей секторов и квадратов. При раздвижке сегментов барабана штанга (при помощи гидропривода со стороны электродвигателя) через диск толкает квадраты, которые своими клиновидными поверхностями прижимают секторы к Т-образным выступам на валу барабана. При сжатии барабана (перед снятием рулона) штанга тянет квадраты, и пружины 8, закрепленные на валу барабана, плавно перемещают секторы в радиальном направлении. Концевая оправка *9* и кольцо *10,* соединенные жестко с валом, служат торцовыми опорами движущихся сегментов.

Свертывающая моталка

На непрерывных штрипсовых (узкополосных) станах горячей прокатки из последней клети полоса выходит с большой скоростью (до 20 м/с). Сматывание штрипсовой полосы в бунт обычной моталкой барабанного типа при такой скорости невозможно. Для этого применяют свертывающие роликовые моталки.

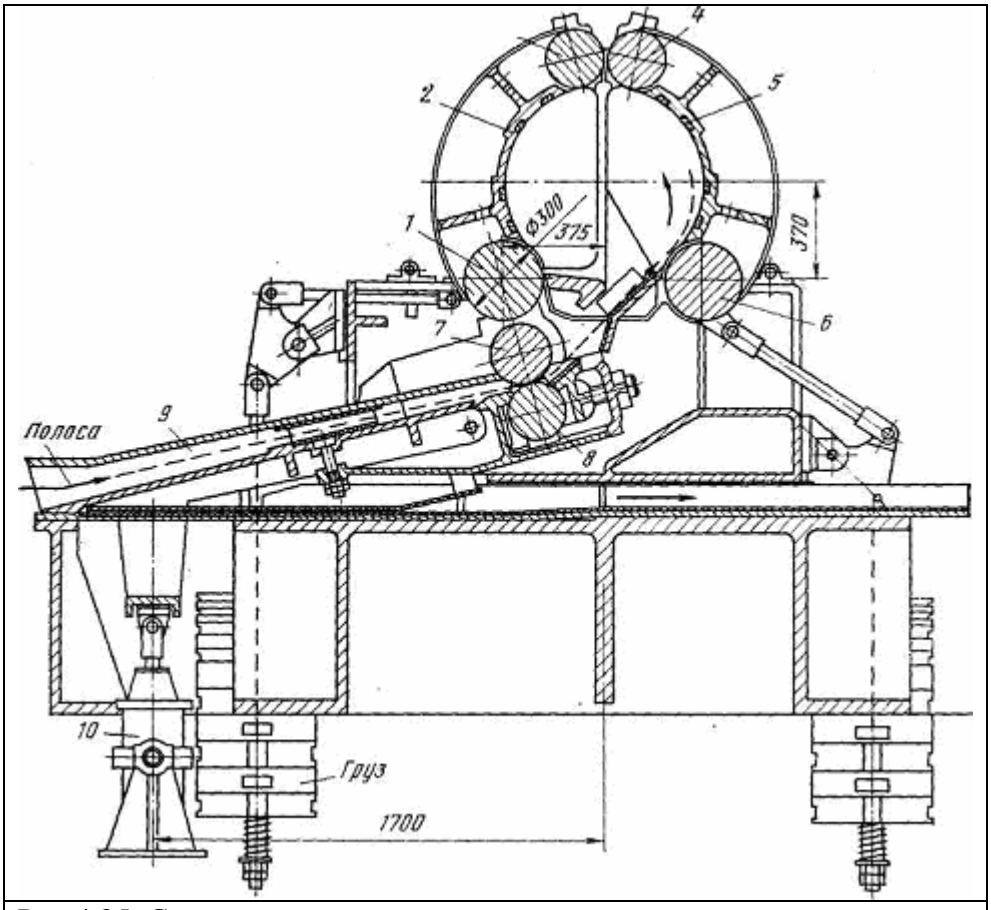


Рис.4.25. Свертывающая моталка непрерывного узкополосного (штрипсового) стана: 1,6 - приводные ролики; 2,5 – боковые сегменты; 3,4 – холостые ролики; 7,8 – подающие гибочные ролики; 9 - желоб

На рис. 4.25 показана роликовая моталка, установленная в конце отводящего рольганга непрерывного штрипсового стана конструкции ВНИИметмаша. Моталка предназначена для свертывания в рулон горячей полосы, движущейся со скоростью 7—21 м/с; толщина полосы 2—8 мм, ширина 116—400 мм, масса рулона- до 3,8 т. Моталка состоит из подающих гибочных роликов *8* и 7 (оба приводные) и боковых сегментов *2, 5.* Эти сегменты свободно установлены на конце приводных роликов *1* и *6,* и при помощи рычагов и контргрузов прижимаются вверху друг к другу своими холостыми роликами

Полоса по желобу 9 направляется в моталку. При помощи гибочных роликов передний конец ее изгибается и подается внутрь камеры, образуемой сегментами; таким образом, при непрерывной подаче полоса будет свертываться в рулон.

Для получения плотного бунта в моталке предусмотрена рычажно-грузовая система, плечи которой подобраны таким образом, что с увеличением диаметра рулона поджатие к нему расходящихся боковых сегментов будет непрерывно увеличиваться.

По окончании свертывания полосы в рулон вводится сбоку горизонтальная штанга консольного крана-подъемника; при помощи этой штанги рулон поднимается вверх и затем переносится краном на цепной транспортер. На стане установлены две моталки, работающие поочередно. Направление переднего конца полосы в одну или другую моталку осуществляется перемещением вводного желоба при помощи пневматического цилиндра *10.*

БАРАБАННЫЕ МОТАЛКИ ДЛЯ ХОЛОДНОЙ ПОЛОСЫ

Назначение моталок

Барабанные моталки применяют для сматывания в рулоны длинных полос и ленты при холодной прокатке. Эти моталки не только наматывают (или сматывают) полосу, но и одновременно сообщают ей натяжение, что необходимо для устойчивого процесса прокатки, получения плотного бунта и правильного направления полосы при входе ее в валки и при выходе из валков.

Барабанные моталки применяют при холодной прокатке длинных полос и ленты на реверсивных и нереверсивных станах.

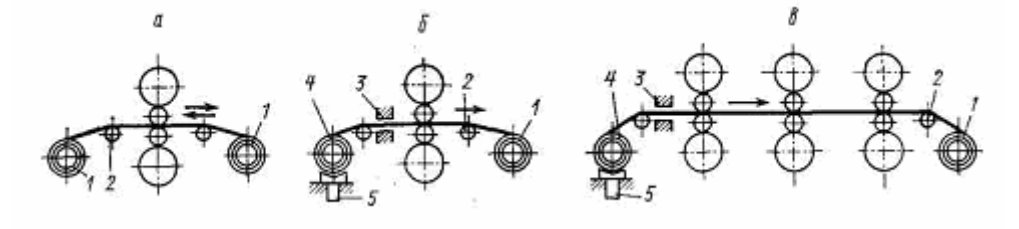


Рис.4.26. Схема расположения барабанных моталок на станах холодной прокатки полосы: *а* — реверсивном; *б* — нереверсивном одноклетьевом; *в* — непрерывном многоклетьевом; *1* — моталки; *2* — направляющие холостые ролики;*3* — прижимной стол с проводками; *4* — разматыватель; 5 — гидроцилиндр

На реверсивных одноклетевых станах моталки устанавливают по обеим сторонам рабочей клети (рис.4.26, *а).* Холодная прокатка на этих станах ведется в такой последовательности: горячекатаная полоса (лента) в виде рулона подается к стану, рулон устанавливается на разматыватель и с него полоса подается либо прямо в валки, либо перематывается на моталку для получения более плотного бунта и создания большего заднего натяжения при прокатке. Заправка переднего конца полосы в валки и затем в моталку происходит без обжатия этих участков полосы.

После того как конец ленты зажат во второй моталке, установленной за станом, начинается прокатка полосы в одну и другую стороны.

Роль моталок при этом все время меняется: из ведущей (передней) одна из моталок становится ведомой (задней), а ведомая (задняя) становится ведущей (передней). Таким образом, осуществляется прокатка в несколько проходов, в зависимости от толщины ленты, ее обжатия и степени наклепа. После чего рулон с одной из моталок снимают и направляют на отжиг для снятия наклепа. Недостаток реверсивного процесса холодной прокатки рулонов состоит в том, что передний и задний концы полосы оказываются непрокатанными. Для уменьшения количества отходов применяют рулоны большой массы (до 45 т).

На нереверсивных одноклетьевых станах и многоклетьевых непрерывных станах (рис..4.2,6,в) имеется только по одной передней моталке; на входной стороне станов установлены разматыватели и проводковые столы, создающие небольшое заднее натяжение. Масса рулонов на современных трех- шести клетьевых непрерывных станах достигает 15—60 т и прокатка осуществляется на больших скоростях (максимальная скорость на трех клетьевых станах доходит до 15 м/с и на шести клетевых до 45 м/с).

Конструктивно моталки применяют консольного типа, чтобы обеспечить удаление рулона с барабана моталки. Однако для повышения жесткости барабана при намотке с большим натяжением устанавливают отводную опору. Эта опора подводится к свободному концу вала моталки перед наматыванием на нее полосы и отводится в сторону при снятии рулона.

Поскольку прокатка полосы в рулонах осуществляется при постоянной скорости, то привод моталок при непрерывно изменяющемся диаметре рулона должен обеспечить постоянной линейную скорость смотки (размотки) полосы с учетом поддержания неизменным натяжения полосы при входе ее в валки и при выходе из валков. Это означат, что угловая скорость этих моталок должна непрерывно изменяться: на одной увеличиваться, а на другой уменьшаться. Эти весьма сложные условия ведения процесса выполняются благодаря применению индивидуального электропривода и точного автоматического регулирования режима работы моталок.

В процессе прокатки задняя моталка, создавая натяжение, оказывает тормозящее действие, а значит, при наличии отдельного привода ее электродвигатель при этом будет работать как генератор, отдавая энергию торможения задней моталки в сеть. Это является также преимуществом привода моталок от отдельных электродвигателей.

На рис. 4.27, *а* показан барабан моталки непрерывного пяти клетьевого четырех валкового стана 500 х 1300 х 1200 мм конструкции УЗТМ для холодной прокатки жести толщиной 0,15—0,5 и шириной 1000 мм при скорости 10—30 м/с. Диаметр барабана 500 мм, максимальное натяжение полосы 70 кН.

В жестком приводном валу *1* барабана два шарнирных сегмента *4* и 7 стянуты пружинами *8.* В нижней части на эти сегменты установлен неподвижный клин 5, на который опирается подвижный клин *6,* соединенный со штоком *3,* проходящим внутри вала барабана *1.* Передний конец полосы заводится в щель между корпусом барабана *1* и сегментом *4* (или7), *которые раздвигаясь зажим*ают *передний конец губками 2.*

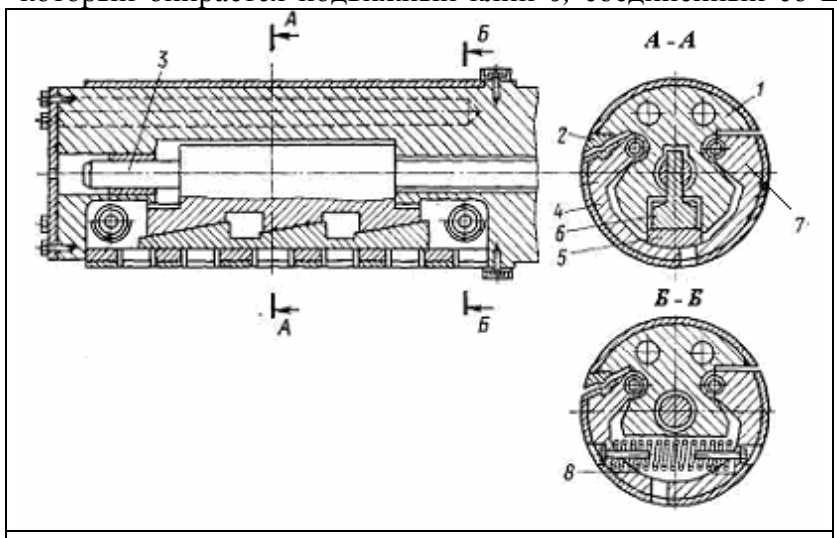


Рис. 4.27. Барабан моталки стана холодной прокатки*:*
1 – приводной вал; 2 – зажимные губки; 3 – шток; 4,7 – сегменты; 5 – неподвижный клин; 6 – подвижный клин

Перемещение штока с клином осуществляется устройством, состоящим из гидравлического цилиндра, под поршнем которого расположены тарельчатые пружины. При подаче масла в цилиндр поршень сжимает тарельчатые пружины и перемещает шток с клином. При этом спиральные пружины *8* стягивают между собой сегменты *4* и 7, что соответствует уменьшению диаметра барабана на 11 мм. При снятии давления масла в цилиндре тарельчатые пружины разжимаясь перемещают шток с клином в обратном направлении. При этом сегменты расходятся, растягивая пружины, и барабан принимает форму цилиндра диаметром 500 мм.

Такая конструкция барабана моталки приемлема только для наматывания тонкой полосы (*0,25 ÷ 1*мм). При толщине полосы менее 0,25 мм ее конец не заводится в щель и не зажимается губками, а при более толстой полосе (> 1 – 2 мм) при зажатии конца полосы губкам 2 сегменты *4* и 7 не могут полностью сойтись и занять положение, при котором диаметр барабана будет равен 500 мм. В этом случае при наматывании полосы произойдет смещение центра тяжести рулона по отношению к оси вращения барабана и вследствие его биения будет изменяться натяжение полосы. Это нежелательно, так как приведет к колебаниям толщины полос по длине проката.

При прокатке более тонких полос (<0,25мм) для создания натяжения первые два-три витка полосы вокруг барабана моталки образуются при помощи специального устройства — ременного заправщика (захлестывателя), установленного рядом с барабаном [1,2].

На непрерывных высокоскоростных станах применяют моталки с приводом барабана непосредственно от электродвигателя. Ввиду невозможности использовать в этом случае ранее рассмотренные конструкции по изменению диаметра барабана применяют более сложные пружинно-гидравлические устройства.С целью повышения несущей способности барабана применяют барабаны, приводной вал которых имеет пирамидальную или конусную форму (без внутреннего отверстия) с тремя-четырьмя сегментами.

На рис. 4.28 представлена моталка современного высокоскоростного стана холодной прокатки конструкции УЗТМ.

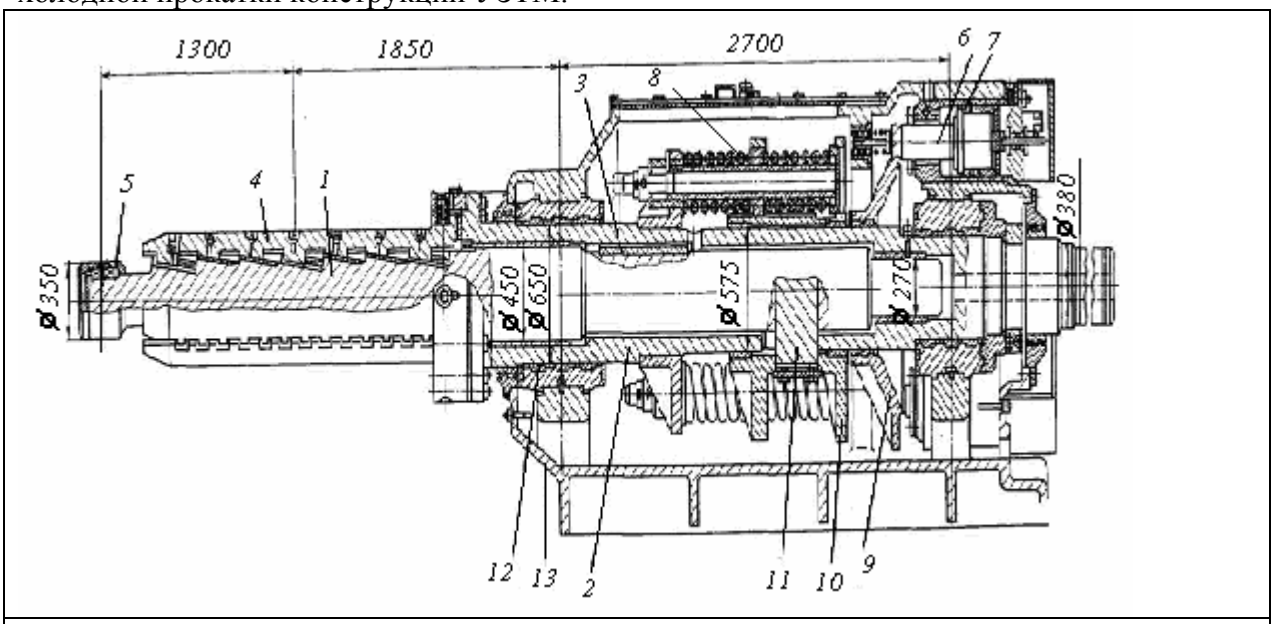


Рис. 4.28. Высокоскоростная моталка с приводом непосредственно от электродвигателя:
1 – ведущий вал; 2 – вал – гильза; 3 – направляющая шпонка; 4 – барабан; 5 – конический подшипник; 6 - плунжер; 7 – гидроцилиндр; 8 – пружина; 9 – упорный диск; 10 – диск; 11 – внутренняя чека; 12 – подшипник скольжения; 13 - корпус

Для уменьшения маховых масс и мощности электродвигателя моталка выполнена с приводом непосредственно от электродвигателя несущего вала *1* при помощи вала-

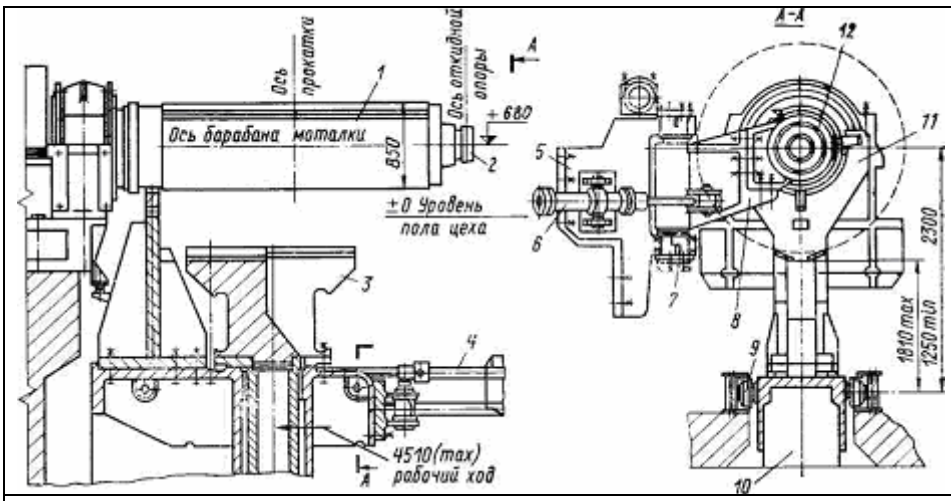


Рис. 4.29. Поворотная дополнительная опора для консольного барабана моталки и съемник рулона с барабана: 1 – барабан; 2 – коническая втулка; 3 – стол; 4 – шток; 5 – кронштейн; 6 – гидроцилиндр; 7 – ось; 8 – кронштейн; 9 – тележка; 10 – гидроцилиндр; 11 – скоба съемника; 12 – корпус

гильзы *2,* соединенного с ним направляющей шпонкой *3.* Барабан *4* консольный (с концевым подшипником 5 для дополнительной отводной опоры) трех- или четырех сегментного типа. Осевое перемещение вала *1* барабана *4* осуществляется плунжером *6* гидроцилиндров 7 и возвратными пружинами *8.* Для перемещения вала *2* влево (сжатие клинового барабана) плунжеры *6* нажимают на упорный диск 9; последний перемещает диск *10* и внутреннюю чеку *11* вала *1*, проходящую через отверстие в гильзе *2;* при этом пружины *8* сжимаются. Обратное перемещение вала *1* (раздвижка клинового барабана) осуществляется (при уменьшении давления рабочей жидкости в гидроцилиндрах *6)* при раздвижке пружин *8.* Приводной вал-гильза *2* смонтирован на подшипниках скольжения *12* в корпусе *13*

Моталка предназначена для сматывания тонкой полосы (0,5— 2,0 мм) шириной до 1550 мм при скорости до 25 м/с, массой рулона 45т. Для снятия рулона в осевом направлении предусмотрена поворотная опора (рис.4.29)

На конце вала барабана *1* находится коническая втулка *2.*На эту втулку надвигается корпус *12* с двухрядным коническим роликовым подшипником.
Корпус соединен с кронштейном *8,* поворачиваемым на оси 7 при помощи гидравлического цилиндра *6;* последний шарнирно-установлен на кронштейне 5, прикрепленном к стойке станины последней (четвертой) клети непрерывного стана. Перед снятием рулона с барабана моталки дополнительная опора отводится в сторону.

Съемник состоит из тележки *9,* в корпусе которой расположен гидравлический цилиндр *10,* стола *3,* скобы съемника *11* и штока *4* гидравлического цилиндра. Перед снятием рулона стол поднимается и упирается в нижнюю часть рулона. Затем при помощи штока тележка движется вправо, при этом рулон будет сниматься (сдвигаться) с барабана моталки скобой (вилкой).

Разматыватели

Для разматывания рулонов при холодной прокатке полосы или резке ее, а также в агрегатах очистки и отжига применяют разматыватели различного типа.

Разматыватель двух цанговый (рис. 4.30) установлен в агрегате поперечной резки холоднокатаной полосы толщиной 1,8—6 мм, шириной 700—1550 мм в рулонах массой 45 т, наружным диаметром до 2700 мм и внутренним диаметром 750 мм. Скорость разматывания полосы до 8 м/с, натяжение до 40 кН.

Рулоны подаются к разматывателю транспортером и устанавливаются (центрируются) по оси головок разматывателя при помощи гидравлического подъема. Под действием пружин головки находятся в сжатом состоянии и вводятся внутрь рулона при перемещении салазок гидроцилиндрами с диаметром поршня 400 мм. Зажим рулона на головках осуществляется подачей рабочей жидкости под поршень диаметром-360 мм; при этом перемещается внутренний вал головки и поверхностями раздвигает сегменты (цанги), увеличивая диаметр головки.

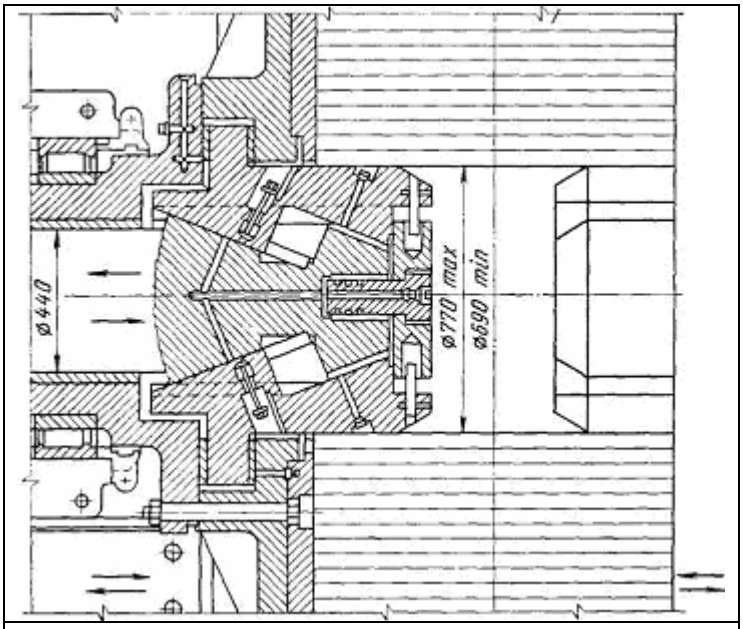


Рис.4.30. Разматыватель цанговый

Привод каждой головки осуществляется электродвигателем мощностью 200 кВт (400/1200 об/мин) через двухступенчатый редуктор (i = 6).

Гидроцилиндр головки: диаметр поршня 360 мм, ход 100 мм; гидроцилиндр перемещения салазок: диаметр поршня 400 мм, диаметр штока 150 мм, ход поршня 900 мм, давление масла 5,5 МПа.

Управление разматывателем осуществляется при помощи сельсин датчиков и конечных выключателей. Общая масса разматывателя 123 т.

Для размотки рулонов холоднокатаной полосы массой до 15 т и шириной 500 ÷ 1000 мм применяют консольные разматыватели без дополнительной передвижной опоры [1]. Внутренний диаметр рулона 500 мм, наружный до 1800 мм. Разматыватель установленв начале линии электролитической очистки полосы или линии ее резки.

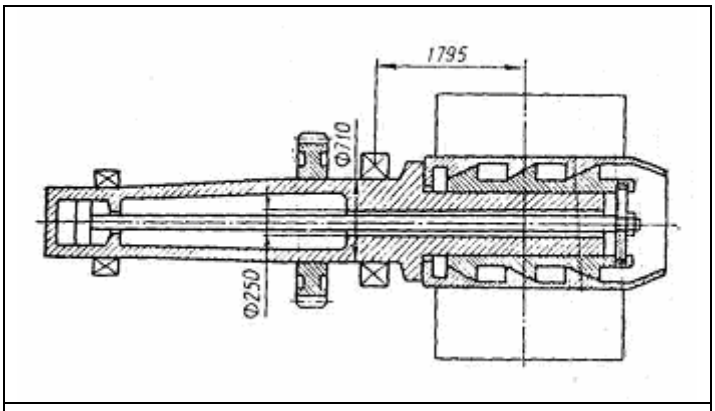


Рис.4.31. Барабан разматывателя рулонв с клиновым механизмом изменения диаметра барабана

Применяются также разматыватели рулонов с клиновым механизмом изменения диаметра барабана (рис.4.31) [1]. Вал барабана приводится от электродвигателя через двухступенчатый редуктор, смонтированный на корпусе разматывателя . С целью большей устойчивости рулона (при разматывании внутренних витков с большим натяжением) применен клиновый барабан с четырьмя сегментами.

Разматыватель предназначен для разматывания рулонов массой до 45 т со скоростью до 7 м/с: ширина полосы до 1500 мм, толщина до 2 мм, натяжение до 25 Кн

ОТГИБАТЕЛИ КОНЦА ПОЛОСЫ НА РУЛОНЕ

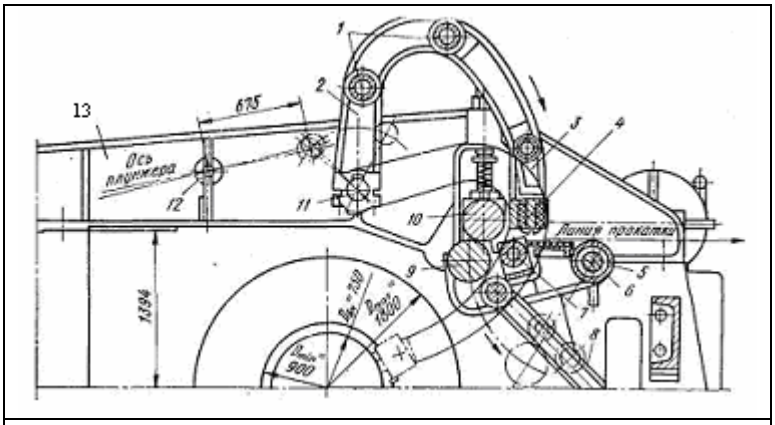


Рис. 4.32. Электромагнитный отгибатель конца полосы на рулоне: 1 – распорные трубы; 2,3 – боковые рычаги; 4 –электромагнит; 5 – направляющий ролик; 6 – ось; 7,9 – нижние ролики; 8 – кривошипно – шатунный механизм ; 10- верхний приводной ролик; 11 – ось; 12 – цапфа; 13 - траверса

После установки рулона в разматывателе необходимо отогнуть передний конец полосы и задать его в валки стана или в тянущие ролики агрегата для дальнейшей обработки металла. Отгибание конца полосы осуществляется специальными механизмами двух типов: электромагнитным или скребковым.

На рис. 4.32 представлен электромагнитный отгибатель конца полосы на рулоне, установленный у двух конусного разматывателя перед непрерывным пяти клетевым станом 1200 холодной прокатки жести конструкции УЗТМ.

Отгибатель состоит из собственно магнитного отгибателя *3* и правильно - тянущих роликов, из которых верхний *10* приводится от электродвигателя мощностью 15 кВт, а нижние ролики *9* и 7 являются не приводными. Перед отгибанием переднего конца полосы толщиной до 4 мм и шириной до 1000 мм нижние ролики *9* и 7 опускаются вниз при помощи кривошипно-шатунного механизма *8,* поворачиваясь вокруг оси *6* направляющего ролика 5. Электромагнит *4* закреплен на двух боковых рычагах *2, 3,* соединенных между собой распорными трубами *1*и поворачивающихся вокруг оси *11* при помощи боковых рычагов, соединенных с двумя гидравлическими цилиндрами, цапфы *12,* которые шарнирно соединены с кронштейнами сбоку траверс *13.* Поворачиваясь вокруг оси *11,* электромагнит опускается вниз до соприкосновения с рулоном, захватывает конец полосы, отгибает его и затем поднимает вверх. После этого при помощи шатуна нижние ролики поднимаются и прижимают полосу к верхнему приводному ролику *10;* при вращении последнего полоса разматывается с разматывателя, правится роликами (три ролика способны выправлять только одностороннюю рулонную кривизну полосы) и подается к стану для прокатки. Скорость

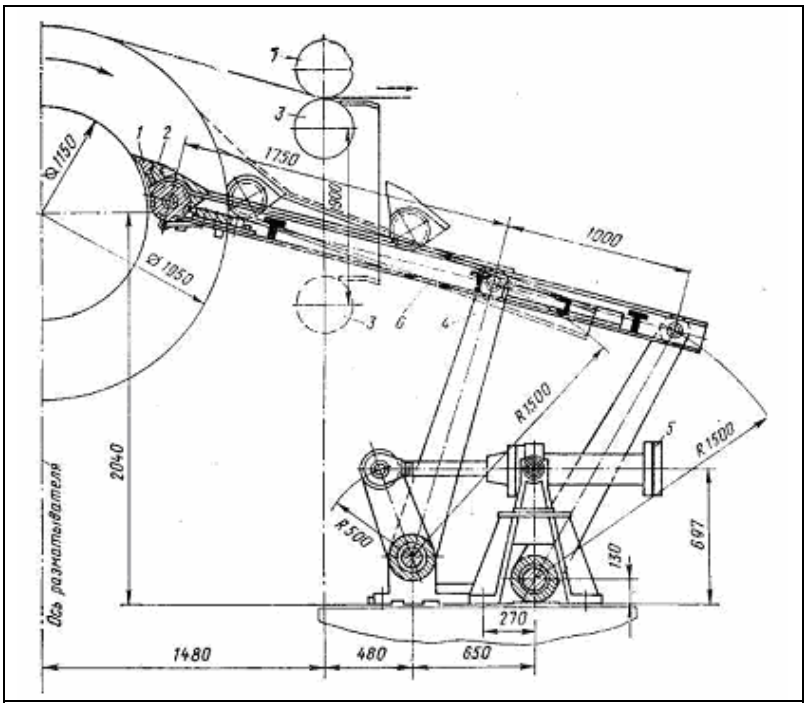


Рис. 4.33. Скребковый отгибатель конца полосы: 1 –скребок; 2 – головка; 3 – нажимной подвижный ролик; 4 – рычажно-параллограммный механизм; 5 – гидроцилиндр; 6 – рычажная рама; 7 – приводной ролик

разматывания 0,5 м/с; давление на верхний ролик при правке 100 кН; масса рулона до 15 т.

Электромагнитный отгибатель применяется только для магнитных материалов, таких как углеродистая сталь и, естественно, не может быть использован при обработке, например, нержавеющих марок сталей, а также большинства цветных сплавов.

Наиболее универсальным является скребковый отгибатель конца полосы. На рис. 4.33 представлен такой отгибатель, установленный у разматывателя дрессировочного четырех валкового стана 2500 конструкции ВНИИметмаша и НКМЗ. Скребок *1,* изготовленный из износостойкой легированной стали, прикреплен к головке *2,* шарнирно установленной на конце рычажной рамы *6.* При помощи рычажно параллелограммного механизма *4,* приводимого гидравлическим цилиндром *5,* скребок прижимается к рулону и при вращении барабана разматывателя отгибает конец полосы; последний прижимается затем нижним роликом 3 к верхнему приводному ролику 7 и направляется этими роликами к устройствам дальнейшей обработки металла.

Конструкция скребкового отгибателя весьма проста и надежна в эксплуатации. Скребковые отгибатели подобного типа применяют также на станах, обрабатывающих немагнитные цветные металлы и сплавы (например, дюралюминий).

ПРОВОЛОЧНЫЕ |И МЕЛКОСОРТНЫЕ МОТАЛКИ

Моталки этой группы предназначены для сматывания в бунты горячей проволоки (катанки) и мелкосортной стали размером 6 – 25мм, а также обручки и узкой ленты 3 – 10мм. Применяют моталки с неподвижным и вращающимся бунтом.

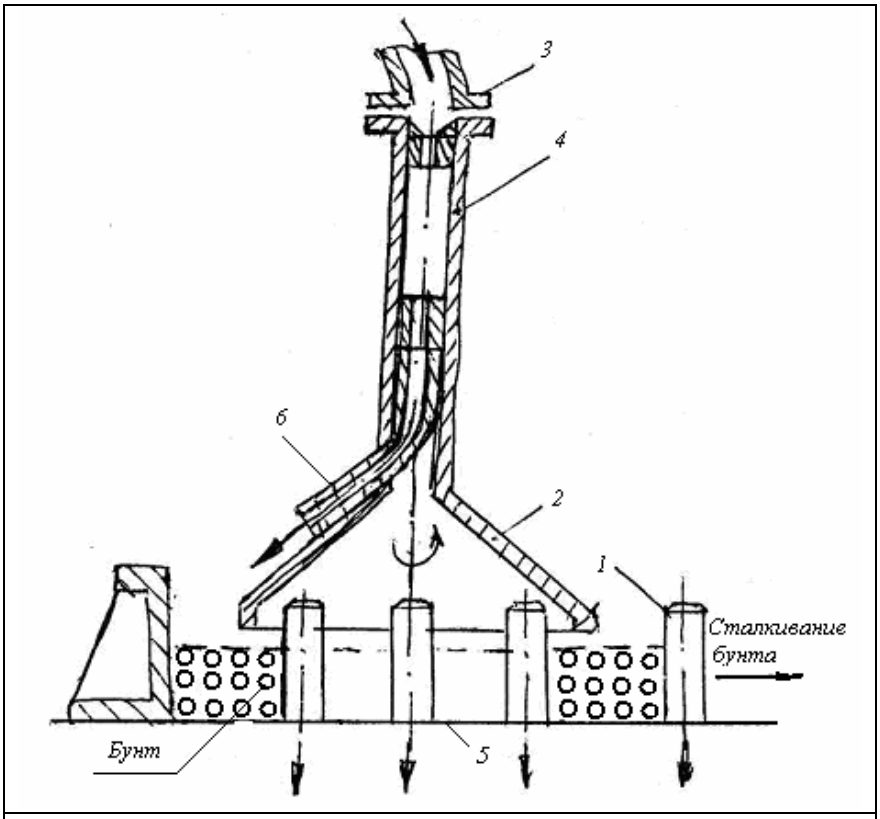


Рис. 4.34. Проволочная моталка с неподвижным бунтом:
1 – пальцы;2 – конус; 3 – приемная трубка; 4 – полый вал;
5 – плита; 6 - проводка

Моталки с неподвижным бунтом и осевой подачей металла(системы Эденборна) из-за скручивания металла при сматывании применяют только для круглых сечений, для которых это скручивание не имеет значения

На рис.4.34 показана проволочная моталка с неподвижным бунтом, установленная на непрерывном проволочном стане. Моталка предназначена для сматывания проволоки диаметром 5—10 мм. Масса бунта 200—500 кг. Пустотелый вал моталки *4* приводится через зубчатую передачу; к концу этого вала прикреплен конус *2,* вращающийся вместе с валом (на некоторых моталках вместо конической применена цилиндрическая зубчатая передача). Проволока из последней клети стана проходит по трубке *3* внутри полого вала *4* и поступает на конус *2,* с помощью которого она витками укладывается вокруг вертикальных пальцев *1.* Бунт

проволоки при этом будет находиться в горизонтальном положении на плите *5*. По окончании сматывания проволоки пальцы опускаются при помощи рычажного механизма, а бунт сталкивается на транспортер. Преимуществом моталки этого типа является то, что бунт не вращается и сматывание проволоки может происходить при любой скорости ее подачи. Например, на современных непрерывных проволочных станах проволока выходит из последней клети стана и поступает в моталку со скоростью 25—50 м/с. Кроме того, сбрасывание готового бунта осуществляется на ходу без остановки.

Прокатка мелкосортных профилей на современных непрерывных и полунепрерывных станах осуществляется при меньшей скорости (15—30 м/с) по сравнению со скоростью прокатки катанки на непрерывных проволочных станах (>50 м/с). Поэтому для сматывания в бунты простых мелкосортных профилей (круга, квадрата) применяют моталки второго типа, т. е. с вращающимся бунтом и тангенциальной подачей металла.

Моталки с тангенциальной подачей обеспечивают сматывание без скручивания металла и потому применяются как для проволоки, так и для мелкого сорта с формой сечения, отличной от круга.

Моталку, изображенную на рис.4.35, располагают под полом цеха. Металл поступает по трубке 1 и укладывается в кольцевом пространстве между двумя рядами концентрично расположенных штифтов 2, закрепленных на вращающемся грибовидном шпинделе 3. По окончании сматывания трубка 1 отводится вверх, а готовый бунт выталкивателем 4 при действии пневмоцилиндра поднимается на уровень настила 5, по которому сталкивается толкателем 6 в сторону на промежуточный транспортер, передающий его к канатно-крюковому холодильнику. В данной моталке удаление готового бунта несколько сложнее, чем у предыдущих напольных моталок с выбросом бунта вниз (иногда прямо на крюк канатно-крюкового холодильника).

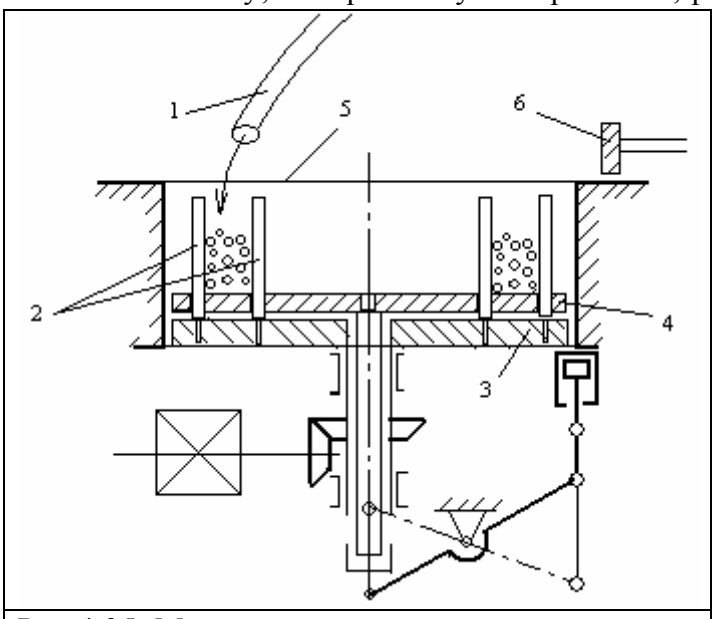


Рис.4.35. Мелкосортная моталка с тангенсальной подачей: 1-направляющая трубка; 2-штифты; 3-шпиндель; 4-выталкиватель; 5-уровень настила; 6-сталкиватель

Современные моталки с тангенциальной и осевой подачей приводятся в движение обычно от самостоятельных двигателей с электрической синхронизацией скорости с последней клетью стана.

Из-за больших вращающихся и неуравновешенных масс (бунт, барабан и т. д.) моталки этого типа применяют для сматывания проволоки при скоростях только до 10 м/с. Преимущество их в том что, кроме проволоки и круглой стали, на них можно сматывать и мелкие профили квадратного сечения.

Расчет мощности двигателя моталки

При сматывании полосы в рулоны материал по всей толщине полосы испытывает напряжения, близкие к пределу текучести, т.е. получает пластический изгиб, момент которого (кН-мм), как известно, выражается формулой $M_{изг} = \sigma_s W_s = \sigma_s (bh^2/4)$, где b — ширина полосы, h— толщина полосы, σ_s — предел текучести материала полосы, МПа.

Так как момент изгиба полосы действует в плоскости, перпендикулярной горизонтальной оси барабана моталки, то его можно переносить в пределах этой плоскости и считать, что этот момент приложен к валу привода барабана.
Сматывание происходит с натяжением полосы, поэтому необходимо учесть еще момент, возникающий от усилия натяжения *T:*

$$M_{нат} = TR = \sigma_н FR = \sigma_н bhR \qquad (4.20)$$

где $\sigma_н$ — напряжение натяжение полосы; обычно при сматывании полосы толщиной более 1 мм принимают $\sigma_н$ =(0,1 ÷ 0,3)σ_S; при сматывании полосы толщиной менее 1 мм $\sigma_н = 0{,}3 \div 0{,}8\sigma_S$; *R* — радиус барабана моталки (рулона).

Мощность электродвигателя привода барабана моталки (кВт) можно определять по формуле

$$N_{дв} = (М_{из} + М_{нат})\frac{2v}{\eta D}, \qquad (4.21)$$

v — скорость наматывания полосы, м/с; *D* — диаметр барабана моталки (рулона); η — к. п. д. привода моталки.

Добавление [40]

Требования к электроприводу моталок:
1) поддержание заданного натяжения; 2) сохранение натяжения при остановке стана; 3) широкий диапазон регулирования скорости; 4) совместное и раздельное управление станом; моталкой и разматывателем; 5) работа привода в двигательном или генераторном режиме. Этим требованиям в наибольшей степени отвечают двигатели постоянного тока.

На многих станах диапазон изменения абсолютных значений натяжений весьма велик – 30:1 (50:1). Одновременно требуется двигатель с минимальным маховым моментом, что достигается применением двух – трех моторный привод.

В динамических режимах натяжение полосы изменяется по формуле

$$P_н = \frac{EF}{\int_0^t V_1 dt}\int_0^t (V_2 - V_1)dt + P_{н0}, \qquad (4.22)$$

где *E* – модуль упругости металла*; F* –площадь поперечного сечения полосы; V_1 – скорость выхода полосы из последней клети прокатного стана; V_2 – линейная скорость намотки; *t* –время; $P_{н0}$ – начальное натяжение намотки.

Когда V_1 и V_2 постоянны, то выражение (4.22) принимает вид

$$P_н = \frac{\Delta V}{V_1}EF \qquad (4.23)$$

Очевидно,

$$V_2 = \frac{\pi D_p}{60}n, \qquad (4.24)$$

где D_p – диаметр рулона; n – угловая скорость моталки, об/мин.

Натяжение не будет изменяться, если $D_p n$ = Const, т.е.

$$D_б\, n_{нач} = D_p n \qquad (4.25)$$

или

$$n = n_{нач}/k, \qquad (4.26)$$

где k = Dp/Dб ; $D_б$ – диаметр барабана

Наибольший диапазон изменения скорости барабана

$$\frac{n_{нач}}{n_{конеч}} = \frac{D_{p\max}}{D_б} = k_{\max}. \qquad (4.27)$$

Момент натяжения в начале намотки

$$M_{нач} = \frac{P_{нач} D_б}{2} \qquad (4.28)$$

и при намотке полосы

$$M = \frac{PD_p}{2}, \qquad (4.29)$$

При условии, что P = Const.

$$M = M_{нач} \frac{D_p}{Dб} = M_{нач} k. \qquad (4.30)$$

Сечение рулона

$$S = \frac{\pi D_p^2}{4} - \frac{\pi D_б^2}{4} = hl, \qquad (4.31)$$

где *l* – длина полосы; h – толщина полосы.

При постоянной скорости намотки $l = V_2 t$,

тогда

$$S = V_2 th,$$

Подставляя это выражение в (4.31) и разрешая его относительно *k*, получим

$$k = \sqrt{1 + \alpha t}; \qquad \alpha = \frac{4hV_2}{\pi D_б^2}. \qquad (4.32)$$

В результате, с учетом зависимости (4.26) можно записать закон изменения угловой скорости барабана моталки можно записать так:

$$n = \frac{n_{нач}}{\sqrt{1 + \alpha t}}. \qquad (4.33)$$