

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

Н.А. Барков
В.П. Катрюк
Д.С. Ворошилов

Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов

Конспект лекций

Красноярск
СФУ
2011

УДК 621.771.02(07)

ББК 34.378Я73

Ф 20

Составитель Н.А. Барков.

Барков Н.А., Катрюк В.П., Ворошилов Д.С.

Ф 20 Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов. Конспект лекций.
[Текст] / сост. Н.А. Барков, В.П. Катрюк, Д.С. Ворошилов – Красноярск:
Сиб. федер. ун-т, 2011. – ?? с.

В конспекте лекций изложены основные сведения по курсу «Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов». Рассмотрены основные виды прокатного, прессового и волочильного оборудования для обработки цветных металлов и сплавов.

УДК 621.771.02(07)

ББК 34.378Я73

© Сибирский

федеральный

университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПРОКАТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	5
1.1 Определение прокатного стана	5
1.2 Главная линия прокатного стана	5
1.3 Классификация прокатных станов и их рабочих клеток	6
1.4 Валки	10
1.5 Расчет на прочность валков двухвалковых клеток	12
1.6 Расчет на прочность валков четырехвалковых станов	14
1.7 Расчет прогиба валка при прокатке листов и полосы	15
1.8 Устройства для уменьшения поперечной разнотолщинности полосы	17
1.9 Подшипники прокатных валков	20
1.9.1 Подшипники скольжения открытого типа	20
1.9.2 Подшипники жидкостного трения	20
1.9.3 Подшипники качения	23
1.10 Механизмы и устройства для установки и смены валков	24
1.10.1 Нажимные механизмы	24
1.10.2 Нажимные винты и гайки	26
1.10.3 Устройства для уравнивания валков	28
1.10.4 Механизмы и устройства для смены валков	29
1.11 Проводки	30
1.12 Станины рабочих клеток	31
1.13 Привод валков рабочей клетки	31
1.13.1 Шпиндели	31
1.13.2 Шестеренные клетки	34
2. ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	36
2.1 Классификация гидравлических прессов и их приводов	36
2.2 Горизонтальный гидравлический пресс	39
2.3 Вспомогательные устройства и механизмы, обслуживающие гидравлические прессы	45
2.4 Прессовый инструмент	46
2.4.1 Инструментальная наладка и условия работы прессового инструмента	46
2.4.2 Матрицы	48
2.4.3 Контейнеры	50
2.4.4 Пресс-штемпели и пресс-шайбы	53
2.4.5 Иглы и оправки	54
2.4.6. Материалы для прессового инструмента	55
2.5 Гидравлические приводы прессовых установок	56
3 ВОЛОЧИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	60
3.1 Классификация волочильных станов	60

3.2 Волоочильные станы с прямолинейным движением материала	61
3.3 Барабанные станы однократного волочения	63
3.4 Многократные станы со скольжением	64
3.5 Многократные станы без скольжения	66
3.6 Многократные станы, работающие с противонатяжением	70
3.7 Беспетлевые станы	71
3.8 Трубоволоочильные станы	72
3.9 Волоочильный инструмент	76

1. ПРОКАТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

1.1. Определение прокатного стана

Прокатным станом называется комплекс машин и агрегатов, предназначенных для осуществления пластической деформации металла в валках (собственно прокатки), дальнейшей его обработки (правки, резки и т.д.) и транспортировки.

Оборудование прокатного стана делится на две группы:

1. Оборудование, входящее в линию рабочей клетки;
2. Прочее оборудование, предназначенное для отделки и транспортировки металла.

1.2. Главная линия прокатного стана

Основным рабочим инструментом каждого прокатного стана являются валки, вращающиеся в подшипниках, установленных в рабочих клетях. Привод валков осуществляется от электродвигателя через промежуточные передаточные механизмы и устройства. Механизмы и устройства, предназначенные для передачи вращения валкам и восприятия возникающих при обжатии металла усилий и крутящих моментов, составляют главную линию рабочей клетки.

Оборудование, входящее в главную линию (рис. 1.1), состоит из рабочей клетки, шпинделей, шестеренной клетки, коренной муфты, редуктора, моторной муфты и главного электродвигателя.

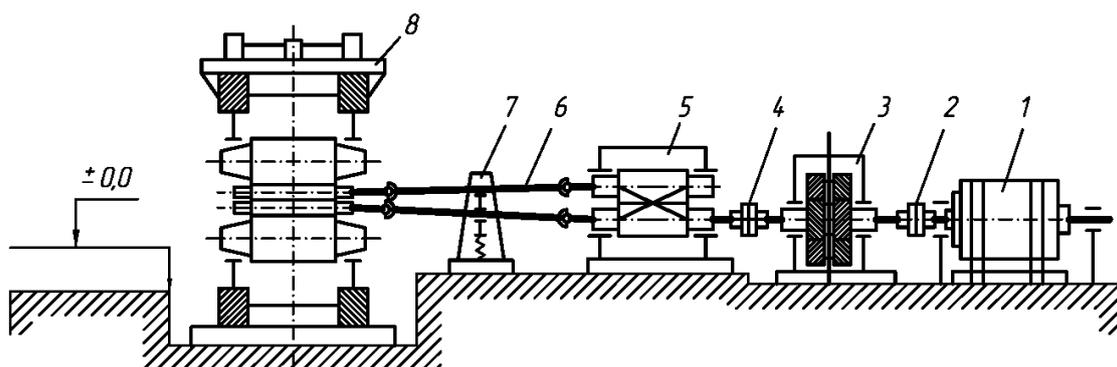


Рис. 1.1. Главная линия прокатного стана: 1—электродвигатель; 2—моторная муфта; 3—редуктор; 4—коренная муфта; 5—шестеренная клетка; 6—шпиндели; 7—уравновешивание шпинделей; 8—рабочая клетка.

Рабочая клеть состоит из двух массивных стальных литых станин, установленных на плитовины, которые крепятся к фундаменту анкерными болтами. В станинах смонтированы подушки с подшипниками и валками, а так же устройства для перемещения верхнего валка по высоте и его осевой фиксации, направляющие проводки для металла и т.д.

1.3. Классификация прокатных станов и их рабочих клетей

Классификация рабочих клетей по количеству и расположению валков

Рабочей клетью называется устройство, являющееся основной частью прокатного стана, служащее для прокатки (обжатия, деформации металла).

В зависимости от конструкции и расположению валков (рис. 1.2) прокатные клетки можно разделить на шесть групп:

1. Клетки дуо (двухвалковые)

Клетки дуо применяют как нереверсивные и как реверсивные. Клетки дуо нереверсивные – с постоянным направлением вращения валков и с обоими приводными валками. Эти клетки получили большое применение в непрерывных станах для прокатки заготовок, тонких полос, проволоки и т.д. В каждой клетке этих станов осуществляется только по одному пропуску металла в одном направлении. Клетки дуо реверсивные – с переменным направлением вращения валков и с обоими приводными валками. В этих клетках валки реверсируются, т.е. периодически изменяют направление вращения, и прокатываемый металл проходит через валки вперед и назад несколько раз. Клетки этого типа применяют в блюмингах, слябингах, толстолистовых станах и т.д.

2. Клетки трио (нереверсивные)

Сортовые клетки трио применяли, т.к. на их валках можно расположить значительно больше калибров, чем на валках клетки дуо. Металл движется в одну сторону между средним и нижним валками, и в другую сторону – между средним и верхним валками. Для подъема прокатываемой полосы и задачи ее между верхним средним валками около клетки устанавливают подъемно-качающиеся столы.

Листовые клетки трио применяли для прокатки толстых и средних листов в виде полос длиной 10–20 м. Металл движется так же, как и в сортовых станах трио. Средний валок делают меньшего диаметра, и он приводится не от электродвигателя, а прижимается при прокатке то к верхнему, то к нижнему валку и вращается ими в результате трения. Около клетки также устанавливают подъемно-качающиеся столы. Вследствие малой производительности и жесткости эти станы сейчас не применяются.

3. Клетки кварто (четырёхвалковые)

В рабочей клетке кварто четыре валка, расположенные один над другим: два рабочих валка меньшего диаметра (средние) и два опорных валка большего диаметра (крайние верхний и нижний).

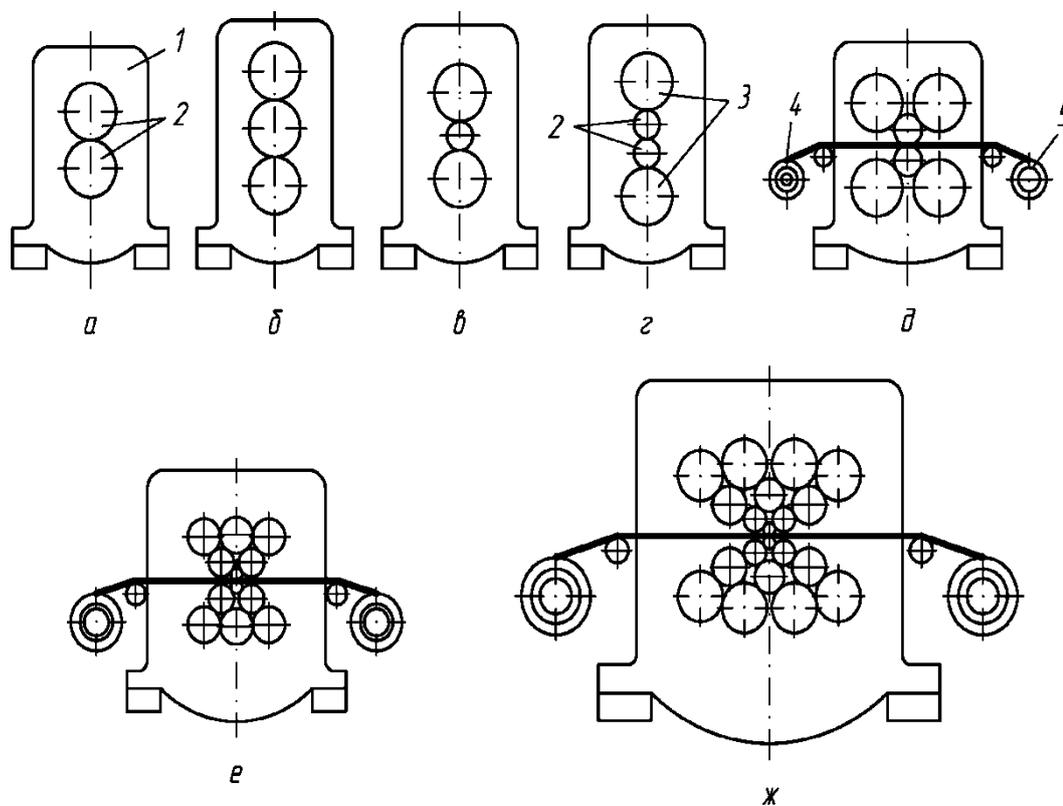


Рис. 1.2. Рабочие клетки с различным количеством валков: а–двухвалковая; б–трехвалковая (валки одинакового диаметра); в–трехвалковая (средний валок меньшего диаметра); г–четыревалковая; д–шестивалковая; е–двенадцативалковая; ж–двадцативалковая; 1–клеть; 2–рабочие валки; 3–опорные валки; 4–разматыватель; 5–моталка.

Назначение опорных валков – воспринимать давление при прокатке и уменьшать прогиб рабочих валков. Станы с клетями кварто получили очень широкое применение при прокатке тонких и толстых листов и полос, а также при прокатке броневых плит.

Листовые клетки кварто применяют как нереверсивные, когда металл проходит через валки только в одном направлении, и как реверсивные.

Клетки кварто для прокатки рулонов используются как нереверсивные в непрерывных станах холодной прокатки и как реверсивные в одноклетевых станах горячей и холодной прокатки. В первом случае перед клетью устанавливают разматыватель рулонов, а позади моталку, во втором случае моталки устанавливают с обеих сторон клетки.

4. Многовалковые клетки.

Шестивалковые клетки с двумя рабочими и четырьмя опорными валками ввиду жесткости рабочей клетки служат для холодной прокатки тонких полос и узких лент в рулонах. Практика показала, что преимущества этих клеток по сравнению с клетями кварто невелика, а конструкция сложнее, поэтому

большого применения они не нашли (применяются главным образом при прокатке узкой стальной и медной ленты).

Двенадцати – и двадцативалковые клетки широко применяются в прокатном производстве. Благодаря использованию рабочих валков очень малого диаметра (10–50 мм) и большой жесткости всей рабочей клетки они успешно используются для рулонной прокатки тонких и тончайших лент из высокопрочных сплавов. Толщина проката 5–100 мкм и ширина 100–1500 мм, допуск по толщине 1–5 мкм. Рабочие валки – неприводные, они опираются на ряд приводных, а те в свою очередь на опорные.

5. Универсальные клетки.

Клетки с горизонтальными и вертикальными валками. Применяют главным образом как реверсивные клетки дуо или кварто (толстолистовые). На этих клетях обжатие металла осуществляется как горизонтальными, так и вертикальными валками. Последнее предотвращает растрескивание боковых граней. Вертикальные валки располагают, как правило, с одной стороны рабочей клетки.

6. Клетки специальной конструкции.

К этой группе относятся клетки, входящие в прокатные станы узкого назначения: колесопрокатные, бандажепрокатные, кольцепрокатные, шаропрокатные и т.д.

Классификация станов по расположению рабочих клеток

В зависимости от расположения рабочих клеток (рис. 1.3) прокатные станы разделяются на следующие группы:

1. Одноклетьевые станы.

Наиболее просты, к ним относятся блюминги, слябинги, толстолистовые кварто и универсальные станы.

2. Линейные станы.

Такие станы приводятся от одного электродвигателя. Станы этого типа не реверсивные; их применяют как проволочные, сортовые, рельсобалочные и толстолистовые.

3. Непрерывные станы.

При прокатке на станах такого типа металл находится одновременно в нескольких клетях, поэтому скорость вращения валков в клетях должна регулироваться и подбираться так, чтобы расход металла в единицу времени

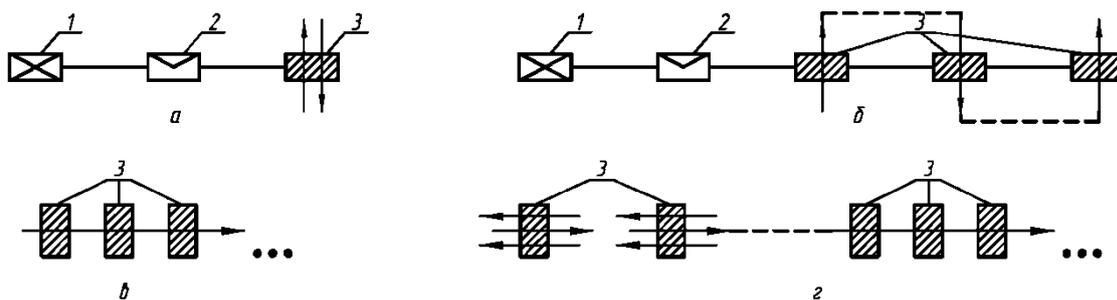


Рис. 1.3. Схема расположения рабочих клеток станов: а–одноклетьевого; б–линейного; в–непрерывного; г–полунепрерывного; 1–двигатель; 2–шестеренная клетка; 3–рабочая клетка.

в любой клетке был постоянным и равным.

$$F_1 V_1 = F_2 V_2 = \dots = F_n V_n = \text{const.}$$

где F_1, F_2, \dots, F_n – площадь поперечного сечения металла на выходе из первой, второй и последующей клетки;

V_1, V_2, \dots, V_n – скорости полосы при выходе из валков этих клеток.

Допускается некоторая несогласованность скоростей валков, образующая при этом небольшая петля полосы, поддерживается петледержателем. Для непрерывных станов характерна очень большая производительность. Их применяют как станы заготовочные, широкополосные, для рулонной прокатки.

4. Полунепрерывные станы.

Состоят из одной или двух реверсивных клеток и непрерывной группы. Полунепрерывные станы находят применение для горячей прокатки рулонов и листов.

Классификация станов по назначению

В зависимости от назначения (т.е. от вида выпускаемой продукции) прокатные станы можно разделить на следующие группы:

1. Станы горячей прокатки: обжимные, заготовительные, рельсобалочные, крупно-, средне- и мелкосортные, толсто-, средне- и тонколистовые, широкополосные и штрипсовые (выпускающие штрипс – заготовку для труб в виде полосы шириной до 400 мм).
2. Станы холодной прокатки: листовые, жестепрокатные и станы для прокатки тонкой и тончайшей ленты.
3. Станы узкого назначения (специальной конструкции): колесопрокатные, бандажепрокатные, для прокатки полос и профилей переменного и периодического сечения и т.д.

За основной параметр сортовых станов обычно принимают диаметр валков. Например: «стан 300» означает, что диаметр рабочих валков чистовой клетки равен 300 мм.

Основным параметром листовых станов является длина бочки валка, которая определяет максимальную ширину прокатываемых на стане листов и полос. Например: «стан 2500» означает, что длина бочки рабочих валков равна 2500 мм, и на стане можно прокатывать листы и полосу шириной около 2300 мм.

1.4. Валки

Валки прокатных станов выполняют операцию прокатки – пластическую деформацию (обжатие) металла. В процессе деформации металла, вращающиеся валки воспринимают давление, возникающее при обжатии металла, и передают это давление на подшипники. Валки прокатных станов можно разделить на две основные группы: листовые и сортовые.

Листовые валки служат для прокатки листов, полос и лент. Бочки у этих валков цилиндрической формы, поэтому иногда эти валки называют гладкими. Бочка валков для горячей прокатки листов вогнутая, при разогреве середина валка расширяется. Для холодной прокатки валок выпуклый. В результате изгиба при прокатке бочка валка становится цилиндрической.

Сортовые валки служат для прокатки различного сортового профиля. На поверхности бочки этих валков есть углубления, соответствующие профилю покатываемого металла. Эти углубления называют ручьями (ручьи двух валков образуют калибр), а валки ручьевыми.

Валок состоит из нескольких элементов (рис. 1.4):

1. Бочка валка (диаметром D и длиной L), которая при прокатке непосредственно соприкасается с металлом;
2. Шейки (диаметром d и длиной l), расположенных с обеих сторон бочки и опираются на подшипники валка.
3. Трефов, имеющих вид крестовины и служащих для соединения валка со шпинделем, через промежуточную, тоже трефовую, муфту.

В листовых валках с бочкой диаметром более 200 мм часто выполняют сквозные осевые каналы диаметром 40–120 мм, а в бочках крупных рабочих валков дополнительно растачивают камеры диаметром $\approx (0,15–0,25)D$. При этом удаляется металл усадочной ликвидной зоны валкового слитка, который служит источником концентрации напряжений при закалке и последующей эксплуатации валка. Осевые отверстия служат для охлаждения валка при закалке, что обеспечивает появление остаточных напряжений сжатия на контуре осевого отверстия и повышает благодаря этому работоспособность валка при действии изгибающих напряжений.

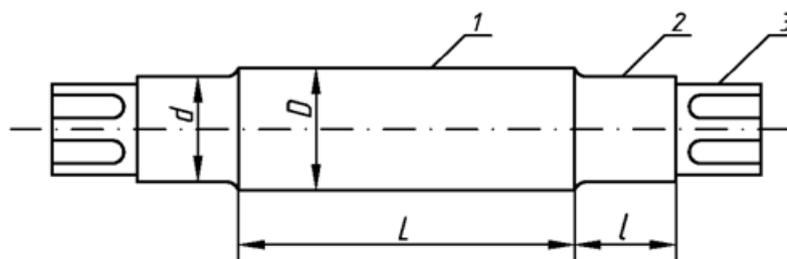


Схема прокатного вала

Рис. 1.4. Схема прокатного вала.

Опорные валки четырехвалковых клетей выполняют литыми, цельноковаными и бандажированными. У бандажированного вала после износа рабочего слоя заменяется только бандаж, тогда как ось используется многократно.

Основные размеры валков должны обеспечивать их необходимую прочность и жесткость.

Валки станов для холодной и теплой прокатки, а также для горячей прокатки полос из труднодеформируемых сплавов выполняются из кованной легированной стали марок 9Х, 9Х2, 9ХФ, 9Х2МФ, 9Х2В, 9Х2СВФ, 60Х2СМФ. Важнейшие характеристики сталей, применяемых для изготовления валков – твердость и прокаливаемость. Высокая твердость рабочего слоя валков увеличивает их износостойкость. Твердость поверхностей стальных кованых валков для холодной прокатки, в зависимости от класса твердости (А, Б, В, Г) находится в интервале 95–102 – 45–69 *HSD* (по Шору).

Прокаливаемость валковой стали должна обеспечить получение закаленного слоя глубиной не менее 3 % радиуса вала. Глубина закаленного слоя определяет срок службы вала: при каждой ремонтной перешлифовке бочки рабочего вала снимается слой толщиной 0,01–0,5 мм; когда суммарная толщина снятого слоя при перешлифовках достигает 10–15 мм, валки заменяют или отправляют на перезакалку, после которой используют следующие 10–15 мм толщины его поверхностного слоя.

Опорные валки выполняют из стали марок 9Х2, 9ХФ, 75ХМ, 65ХНМ. Излишне высокая твердость опорных валков при ударных нагрузках приводит к образованию сколов поверхностного слоя рабочих валков, поэтому твердость опорных валков должна быть ниже твердости рабочих валков на 20–30 *HSD*. При ремонтных перешлифовках опорных валков поверхностный слой используют на глубину до 40–50 мм.

Рабочие валки многовалковых станов обычно изготавливают из стали марок 9Х и 9ХФ. В последнее время все шире используют рабочие валки из твердых сплавов на основе карбида вольфрама; получают их горячим прессованием или спеканием пластифицированных заготовок, в состав которых входит 85–90 % карбида вольфрама и 10–15 % кобальта. В

настоящее время изготавливают цельные валки диаметром до 80 мм и длиной до 1500 мм; их твердость достигает 115–125 *HSD*. Износостойкость валков из твердых сплавов в 30–50 раз выше, чем валков из легированных сталей, они обеспечивают получение полос с шероховатостью поверхности $R \leq 0,05$ мкм. Несмотря на высокую стоимость твердосплавных валков, их применение при прокатке труднодеформируемых материалов обеспечивает большой экономический эффект. Основным недостатком твердосплавных валков – повышенная хрупкость, что исключает возможность их эксплуатации при ударной нагрузке и больших прогибах.

Опорные валки многовалковых станов обычно изготавливают из инструментальной стали содержащей 1,5 % углерода и 12 % хрома; твердость их после термообработки 75–88 *HSD*.

1.5. Расчет на прочность валков двухвалковых клетей.

Усилие, действующее на валок со стороны прокатываемого металла (рис. 1.5), может быть принято в виде равномерно распределенной нагрузки:

$$q = P/b,$$

где P – давление металла на валки; b – ширина проката.

Со стороны привода к валку приложен крутящий момент $M_{кр}$.

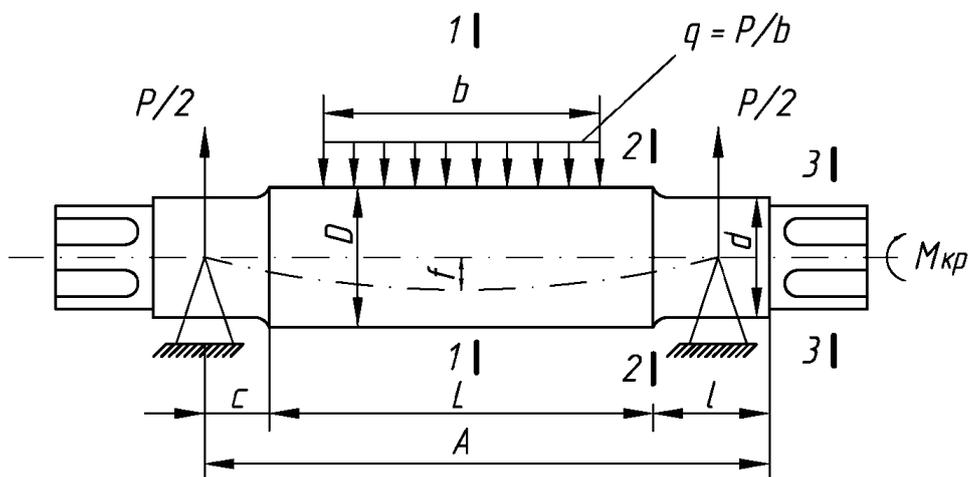


Рис. 1.5. Схема к расчету валка.

Наибольшие изгибающие моменты возникают в среднем сечении 1–1 бочки; опасными для прочности валков также могут быть напряжения в

сопряжении шейки и бочки – сечение 2–2 и в приводном конце валка – сечение 3–3.

Напряжение изгиба в бочке валка определяют по формуле:

$$\sigma_b = (M_{изг} / W_b) = (M_{изг} / 0,1D^3),$$

где $M_{изг}$ – изгибающий момент, действующий в рассматриваемом сечении бочки валка;

W_b – момент сопротивления поперечного сечения бочки валка на изгиб. (Напряжение кручения в бочке валка не подсчитывают ввиду его незначительной величины по сравнению с напряжением изгиба).

Максимальный изгибающий момент в середине бочки валка:

$$M_{изг} = \frac{P}{4} \cdot \left(A - \frac{b}{2} \right)$$

Шейку валка рассчитывают на изгиб ($\sigma_{ш}$) сечения I-I и кручение ($\tau_{ш}$) по формулам, принимая $c = 1/2$,

$$\sigma_{ш} = \frac{M_{изг.ш}}{W_{изг.ш}} = \frac{P/2 \cdot l/2}{0,1 \cdot d^3} = \frac{P \cdot l}{0,4 \cdot d^3};$$
$$\tau_{ш} = \frac{M_{кр.ш}}{W_{кр.ш}} = \frac{M_{кр.ш}}{0,2 \cdot d^3},$$

где l и d – длина и диаметр шейки;

$M_{кр.ш}$ – крутящий момент, прилагаемый к валку (шейке) со стороны привода его шпинделем.

Результирующие напряжения определяют по формулам для стальных валков

$$\sigma_{рез} = \sqrt{\sigma_{ш}^2 + 3 \cdot \tau_{ш}^2};$$

для чугунных валков

$$\sigma_{рез} = 0,375 \cdot \sigma_{ш} + 0,625 \cdot \sqrt{\sigma_{ш}^2 + 3 \cdot \tau_{ш}^2}$$

Результирующее напряжение, определенное таким расчетом, не должно превышать допустимого для данных валков.

Треф валка рассчитывают только на кручение, в сечении 3–3 действует момент $M_{кр}$, вызывающий напряжения:

$$\tau_{тр} = \frac{M_{кр}}{W_{тр}},$$

где W_{mp} – момент сопротивления сечения 3–3 кручению.

Статистическая прочность валка определяется при действии максимальных нагрузок: P_{max} , $M_{кр max}$. При этом принимают пятикратный запас (n) напряжений по временному сопротивлению материала валка и касательных напряжений по пределу прочности на кручение:

$$\sigma_b, \sigma_{рез} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_b}{5};$$

$$\tau_{тр} \leq [\tau] = \frac{\tau_{пч}}{5}.$$

На основании изложенного допустимое напряжение можно принимать следующим: для легированных кованых валков станов холодной прокатки, имеющих $\sigma_b = 700–750$ МПа, значение $[\sigma] = 140–150$ МПа; для кованых валков из углеродистой стали с $\sigma_b = 600–650$ МПа, значение $[\sigma] = 120–130$ МПа; для валков из стального углеродистого литья с $\sigma_b = 500–600$ МПа, значение $[\sigma] = 100–120$ МПа; для чугунных валков с $\sigma_b = 350–400$ МПа значение $[\sigma] = 70–80$ МПа.

1.6. Расчет на прочность валков четырехвалковых станов

При прокатке полосы (листа) между рабочими валками изгибаются как опорные, так и рабочие валки.

Если рабочий и опорный валки имеют строго цилиндрическую форму, то они оба изгибаются на одинаковую величину, т.е. стрела прогиба рабочего валка будет равна стреле прогиба опорного валка.

Стрела прогиба вала, лежащего на двух опорах, обратно пропорциональна величине диаметра вала, возведенной в четвертую степень.

Таким образом, для изгибающихся совместно рабочего и опорного валков можно написать

$$f_p = k \cdot \left(\frac{P_p}{D_p^4} \right); \quad f_{on} = k \cdot \left(\frac{P_{on}}{D_{on}^4} \right),$$

где k – коэффициент пропорциональности.

Так как $f_p = f_{on}$, то получим $(P_{on} / P_p) = (D_{on} / D_p)^4$.

Усилие на валки, приложенные к рабочему валку, частично поглощается при его упругом прогибе (P_p), а большей своей частью передается на опорный валок (P_{on}). Так как $P = P_{on} + P_p$, то подставляя это значение в предыдущую формулу, получим усилия, приходящиеся на рабочий и опорный валки:

$$P_p = P \cdot \frac{1}{1 + \left(\frac{D_{on}}{D_p}\right)^4}; P_{on} = P - P_p.$$

Для пояснения полученных формул положим, что диаметр опорного вала в 2,5 раза больше диаметра рабочего вала, т.е.

$$(D_{on} / D_p) = 2,5^4 = 39.$$

Таким образом:

$$P_p = P \cdot \frac{1}{1 + 39} = \frac{P}{40},$$

т.е. только 1/40 часть общего давления металла на валки воспринимается рабочим валком и изгибает его, а остальное усилие (около 97,5 %) передается опорному валку.

Очевидно, что для ориентировочных подсчетов можно принимать, что все давление металла на валки целиком передается на опорный валок и последний надо рассчитывать на изгиб, исходя из этого полного давления. Рабочие валки рассчитываются на кручение.

1.7. Расчет прогиба вала при прокатке листов и полосы

Ввиду больших давлений при прокатке валки изгибаются, поэтому толщина прокатываемого металла будет неравномерной по ширине. Влияние прогиба валков необходимо учитывать особенно при прокатке тонких листов и полос, так как в этом случае допускается весьма небольшая их разнотолщинность по ширине.

Наибольший прогиб валков происходит под действием изгибающих моментов. Но поскольку диаметр валков по сравнению с длиной бочки относительно велик ($D / L = 0,4-1$), необходимо также учитывать прогиб, возникающий под действием перерезывающих сил, вызывающих неравномерные касательные напряжения в поперечных сечениях и относительный сдвиг их. Таким образом, суммарный прогиб f вала (рис.1.5) в любом сечении на расстоянии x от опоры будет равен:

$$f = f_1 + f_2$$

где f_1 – прогиб в результате действия изгибающих моментов;

f_2 – прогиб вследствие действия поперечных сил.

На основании теоремы Кистальяно получим формулы А.И. Целикова:

$$f_1 = \frac{P}{384 \cdot E \cdot J_1} \cdot \left[8 \cdot A^3 - 4 \cdot A \cdot b^2 + b^3 + 64 \cdot c^3 \cdot \left(\frac{J_1}{J_2} - 1 \right) \right];$$

$$f_2 = \frac{P}{\pi \cdot G \cdot D^2} \left[A - \frac{b}{2} + 2 \cdot c \cdot \left(\frac{D^2}{d^2} - 1 \right) \right],$$

где E и G – модуль упругости и модуль сдвига для материала валков;

J_1 – момент инерции сечения бочки валка, $J_1 = \frac{\pi D^2}{64}$;

J_2 – момент инерции сечения шейки валка, $J_2 = \frac{\pi d^2}{64}$.

Достоинством этих формул является то, что в них учтены влияние шейки валка, диаметр которой меньше диаметра бочки, а также распределение нагрузки q , происходящее не по всей длине бочки.

Подставляя, $a = b = 1$ и $c = 0$, получим известные из курса сопротивления материалов формулы для двухопорной балки с распределенной нагрузкой по всей длине:

$$f_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{P \cdot l^3}{E \cdot J}; \quad f_2 = \frac{1}{8} \cdot \frac{P \cdot l}{G \cdot F}.$$

Допустимые суммарные прогибы: $f = 0,05-0,2$ мм при холодной прокатке и $f = 0,3-1,0$ мм при горячей прокатке (в зависимости от ширины листов).

С целью компенсации влияния прогиба листовых валков бочку их делают выпуклой при шлифовке на станке со специальным копировальным приспособлением.

Однако во многих случаях (для профилирования бочки) нас интересует не суммарный прогиб в середине бочки валка, а разность между суммарными прогибами в середине и у края листа (на расстоянии $b/2$ от середины). Разность прогибов приводит к получению листа неодинаковой толщины (по ширине его) при прокатке. Во избежание этого необходимо при шлифовке валков придать бочке такую выпуклость, чтобы при длине ее, равной ширине листа, эта выпуклость компенсировала указанную выше разность прогибов, возникающую при прокатке.

Разность прогибов в середине бочки валка и у края прокатываемого листа, возникающая под действием изгибающих моментов Δf_1 и поперечных сил Δf_2 , определяют по формулам:

$$\Delta f_1 = \frac{P}{18,8 \cdot E \cdot D^4} \cdot (12 \cdot A \cdot b^2 - 7 \cdot b^3); \quad \Delta f_2 = \frac{P}{\pi \cdot G \cdot D^2} \cdot \frac{b}{2}; \quad \Delta f = \Delta f_1 + \Delta f_2,$$

где E – модуль упругости материала валков;
 G – модуль сдвига для материала валков.
Можно принять для стальных валков, Н/мм²:

$$E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ и } G \approx \frac{3}{8} \cdot E = 0,82 \cdot 10^5$$

1.8. Устройства для уменьшения поперечной разнотолщинности полосы

Кроме продольной разнотолщинности (по длине), полоса (лист) после прокатки имеет также поперечную разнотолщинность. На тонкой полосе поперечная разнотолщинность обнаруживается визуально в виде коробоватости по середине полосы и волнистости по краям полосы, которые являются следствием неравномерной вытяжки (обжатия) продольных волокон металла по ширине полосы.

По выходе из валков полоса имеет поперечный профиль, в точности соответствующий профилю зазора между валками (упругая «отдача» тонкой полосы незначительна, и ее можно не учитывать). Если бы при прокатке профиль зазора между валками был строго прямоугольным (образующие валков параллельны), то и поперечный профиль выходящей из валков полосы был бы также прямоугольным, т.е. полоса не имела бы разнотолщинности по ширине при наличии некоторой разнотолщинности по длине. Однако профиль зазора между валками не является прямоугольным вследствие изгиба валков, их упругого контрактного сплющивания, неравномерного износа, неравномерного теплового расширения по диаметру и т.п. Поэтому и толщина выходящей из валков полосы не является постоянной по ширине.

Если опорные и рабочие валки имеют цилиндрическую форму, то при прокатке образующие рабочих валков в зоне деформации примут вогнутую форму и выходящая из валков полоса посередине ширины будет выпуклой. С целью уменьшения разнотолщинности (выпуклости) полосы рабочие валки при шлифовке делают также выпуклыми (0,05–0,5 мм в зависимости от толщины и ширины полосы) с таким расчетом, чтобы эта выпуклость была равна ожидаемому прогибу вала при прокатке. Обычно для каждой рабочей клетки имеются 3–4 комплекта рабочих валков с различной исходной профилировкой для прокатки узкой, средней и широкой полосы. Для получения полосы с минимальной поперечной разнотолщинностью и хорошей планшетностью (без коробоватости и волнистости) профилировка этих валков корректируется в процессе прокатки регулированием подачи охлаждающей эмульсии по длине бочки валков. Однако этот способ регулирования тепловой выпуклости валков обладает значительной инерционностью (вследствие небольшой скорости теплопередачи) и при высоких скоростях прокатки является недостаточно эффективным.

За последние годы при горячей и особенно при холодной прокатке широкой полосы (более 1000 мм) все шире применяют новый метод

регулирования (уменьшения) поперечной разнотолщинности и улучшения планшетности полосы - метод гидромеханического регулирования прогиба, (и упругого контактного сплющивания) валков в процессе прокатки в зависимости от профиля и формы выходящей из валков полосы. На практике этот метод осуществляется тремя способами (рис. 1.6):

1. Противоизгиб рабочих валков (способ I–I). Рабочие валки имеют цилиндрическую форму (или небольшую профилировку, постоянную для данного сортамента полос по ширине). Прогиб валков под действием давления P металла на валки уменьшается принудительным "встречным" изгибом (противоизгибом) рабочих валков при приложении распирающих усилий к их шейкам. Гидравлические цилиндры размещены в расточках в подушках нижнего рабочего валка, а их плунжеры упираются в подушки верхнего рабочего валка. Требуемое усилие гидрораспора невелико ($0,15 \cdot P$), поэтому и габариты устройства небольшие (диаметр цилиндров 80–100 мм при давлении жидкости до 30 МПа). Во время холостого хода стана это устройство выполняет также обычные функции уравнивания верхнего рабочего валка (поджатия его к бочке опорного валка). Недостатком является необходимость отсоединения маслопроводов (для подвода рабочей жидкости к гидроцилиндрам, находящимся в подушках) при смене рабочих валков с подушками. Регулирование противоизгиба рабочих валков наиболее эффективно при прокатке полосы, когда отношение ее ширины к длине бочки валков $b / L \ll 0,7$, т.е. когда плечо приложения распирающих усилий большое.

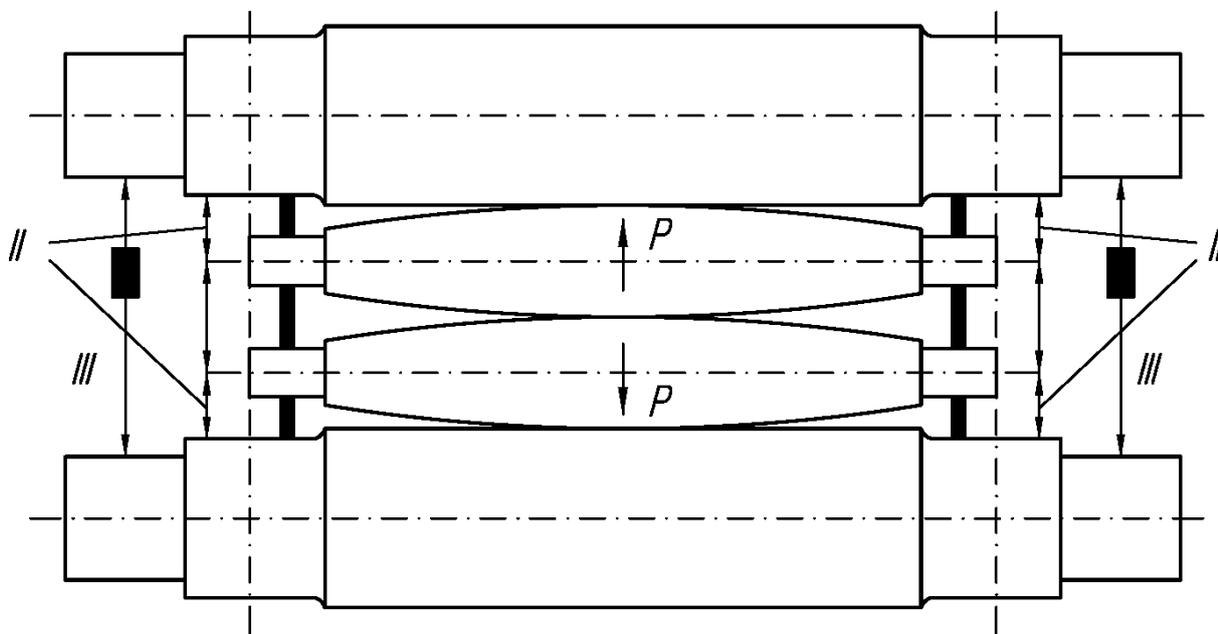


Рис. 1.6. Схема гидроизгиба валков.

2. Дополнительный изгиб рабочих валков (способ II–II). Рабочие валки имеют начальную увеличенную выпуклость. Гидравлические цилиндры расположены в подушках опорных валков, а их плунжеры упираются в подушки рабочих валков. Дополнительно к прогибу вследствие действия давления металла на валки P рабочие валки принудительно изгибаются в том же направлении силами, приложенными к их шейкам (подушкам) со стороны подушек опорных валков ($\approx 0,2 \cdot P$); при этом бочкообразный профиль валков в зоне контакта с полосой становится прямолинейным.

При смене рабочих валков (с подушками) не требуется отсоединения маслопроводов от гидроцилиндров. Однако остаются необходимыми обычные гидроцилиндры между подушками рабочих валков для уравнивания верхнего рабочего валка при холостом ходе стана, а гидроцилиндры для дополнительного изгиба должны включаться только после захвата валками переднего конца полосы и выключаться по окончании прокатки.

Способ является наиболее эффективным при прокатке более широкой полосы ($b / L = 0,8–0,9$), так как плечо приложения силы относительно контакта бочкообразного рабочего валка с опорным является значительным (рабочий валок «отжимается» от опорного).

На практике иногда применяют на одном стане комбинированную систему, позволяющую использовать оба способа (I–I и II–II).

3. Противоизгиб опорных валков (способ III–III). К удлиненным консольным цапфам опорных валков прилагают усилия, направленные в сторону действия давления металла на валки; таким образом, опорные валки принудительно изгибаются силами "навстречу" изгибу от действия силы P , уменьшая тем самым прогиб рабочих валков (аналогично первому способу I–I).

Так как диаметр опорного валка в 2,0–2,5 раза больше диаметра рабочего валка, то для противоизгиба опорного валка требуется значительно большее усилие ($\approx P$), чем при первых двух способах. Для восприятия этого усилия на консольных цапфах опорных валков требуется установка крупногабаритных роликовых подшипников. Гидравлические цилиндры и их опоры имеют большие габариты. Все это значительно усложняет конструкцию рабочей клетки. Этот способ применяют на толстолистовых станах с длинной бочки валков свыше 3000 мм.

С целью одновременного регулирования толщины и поперечного профиля (планшетности) горячую полосу из сплавов алюминия прокатывают на новых, так называемых шестивалковых станах. Кроме рабочих и опорных валков стан имеет два опорных валка-ролика с короткой бочкой: один установлен на верхнем опорном валке, а второй под нижним. Усилия дополнительного противоизгиба опорных валков создаются гидроцилиндрами, расположенными между шейками опорных роликов и траверсами (верхней и нижней) рабочей клетки. Этот способ наиболее эффективен при прокатке широкой полосы (3200–4800 мм).

1.9. Подшипники прокатных валков

Подшипники опор валков прокатных станов передают усилия, возникающие при деформации металла, от валков на станину и другие узлы рабочей клетки и удерживают валки в заданном взаимном положении.

Особенность работы этих подшипников является высокая удельная нагрузка (в несколько раз превышающая нагрузку подшипников общего назначения), которая обусловлена сравнительно малыми габаритами шейки валка и большими усилиями прокатки. Поэтому и выбору материала подшипников прокатных валков и их конструкции предъявляют особые требования.

В настоящее время для прокатных валков применяют подшипники трех типов:

1. Подшипники скольжения открытого типа.
2. Подшипники скольжения закрытого типа (ПЖТ)
3. Подшипники качения.

1.9.1. Подшипники скольжения открытого типа

Рабочей частью подшипников скольжения открытого типа являются вкладыши, которые шейку валка охватывают частично.

В зависимости от конструкции подшипники скольжения открытого типа могут быть двух видов:

1. С металлическими вкладышами.
2. С неметаллическими вкладышами.

Подшипники с металлическими вкладышами (бронза, баббит и др.) применяются на станах старой конструкции. Смазка осуществляется маслом от специальной системы.

Неметаллические подшипники (текстолитовые и др.) находят применение на станах горячей прокатки (обжимные, сортовые и др.), смазываются водой или водной эмульсией. Подшипники из текстолита характеризуются чрезвычайно малым коэффициентом трения (в 10–20 раз меньше, чем бронзовые), при больших скоростях вращения почти равны коэффициенту трения роликовых подшипников. Для сравнения приведем следующие цифры: коэффициент трения бронзовых подшипников равен 0,06–0,1, роликовых 0,002–0,005, текстолитовых 0,004–0,006.

1.9.2. Подшипники жидкостного трения (ПЖТ)

В процессе работы сопротивления в ПЖТ сводятся к внутреннему трению в слое масла, разделяющем трущиеся поверхности. В зависимости от вязкости масла, скорости, нагрузки и величины зазоров в подшипниках

коэффициент трения 0,002–0,008. Режим жидкостного трения в ПЖТ может быть достигнут двумя основными способами – гидродинамическим и гидростатическим.

В гидродинамическом ПЖТ грузоподъемность слоя масла обеспечивается благодаря вращению цапфы (рис. 1.7); при пусках и остановках подшипник работает в режиме полужидкостного трения, когда $f = 0,03–0,07$; для уменьшения трения и износа в эти периоды на внутреннюю поверхность втулки-вкладыша наносят слой баббита.

ПЖТ выполняют радиально – упорными (с упорным узлом качения) или только радиальными.

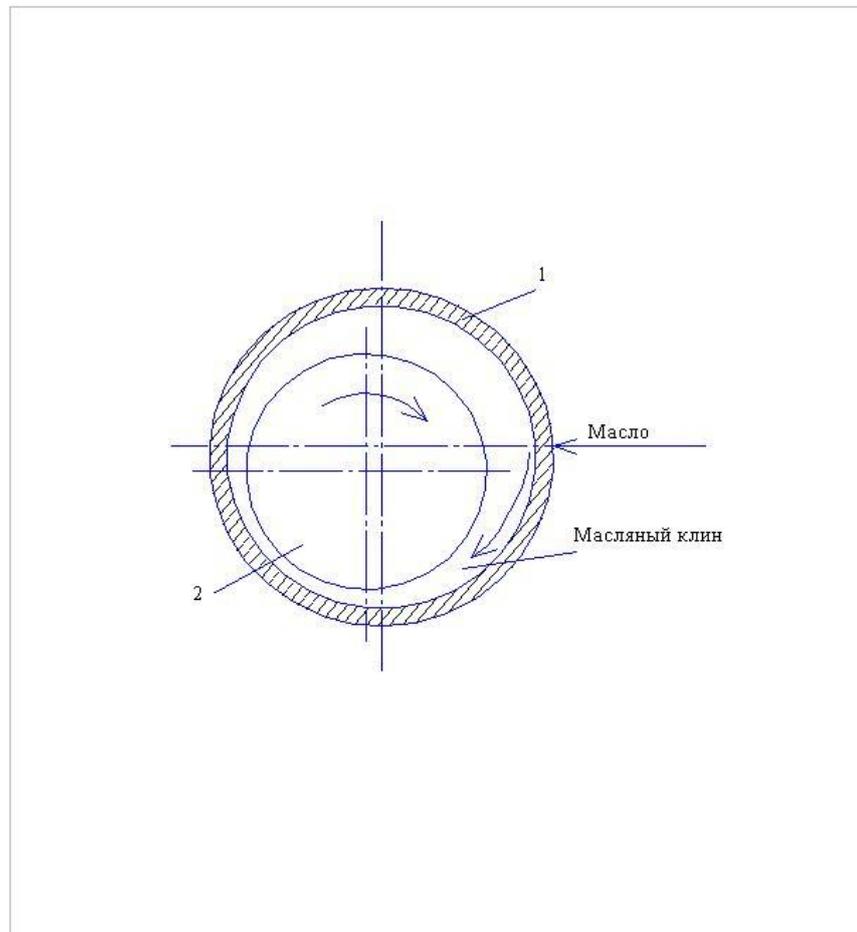


Рис. 1.7. Схема гидродинамического ПЖТ: 1–втулка-вкладыш в подушке вала; 2–втулка-цапора на шейке вала.

Подвод масла в ПЖТ осуществляется через отверстия, которые соединяются с двумя полукольцевыми выточками в подушке. Из выточек масло через отверстия в стенке втулки-вкладыша попадает в ее масляные карманы и распределяется по длине подшипника. Из карманов масло при вращении цапфы увлекается в зазор между трущимися поверхностями, затем через торцы подшипника вытекает в маслосборные карманы подушки, из которых по сверлению попадает в сливной трубопровод.

В тяжело нагруженных подшипниках используют масло П-28, при маленьких нагрузках – авиационные и турбинные масла. В подшипник масло попадает под давлением 0,1–0,2 МПа.

Втулки-вкладыши изготавливают из стали марки 25, на внутреннюю поверхность центробежным способом заливают слой баббита Б83 толщиной 1–5 мм. Втулки-цапфы изготавливают из сталей марок 55Х, 45Х и 40ХН.

Недостатки гидродинамических ПЖТ – зависимость их грузоподъемности от скорости и непостоянная толщина слоя масла; кроме того, в переходных режимах (пуск и торможение под нагрузкой) в подшипниках не обеспечивается жидкостное трение. Все это осложняет эксплуатацию полосовых станов холодной прокатки: снижается долговечность подшипников; момент трения при пуске под нагрузкой резко возрастает, это приводит к «застаиванию» опорных валков, в результате чего повреждается их рабочая поверхность и увеличиваются простои стана из-за внеплановых перевалок; пусковой ток двигателей при запуске иногда возрастает до величин, при которых срабатывает их токовая защита, что так же увеличивает простои стана.

В гидростатических ПЖТ грузоподъемность слоя масла создается с помощью насоса высокого давления (40–150 МПа) в поддерживающие карманы, расположенные во втулке-вкладыше; режим жидкостного трения сохраняется при любой скорости вращения цапфы. Однако из-за трудностей обеспечения надежной и долговечной работы оборудования системы смазки высокого давления гидростатических ПЖТ не получили широкого распространения.

В современной прокатке наиболее эффективно использование гидростатодинамических ПЖТ, в которых сочетается преимущества гидродинамических и гидростатических подшипников.

В переходных режимах в поддерживающие карманы подшипника подается смазка под высоким (40–150 МПа) давлением, благодаря чему и обеспечивается жидкостный режим трения. При установившейся скорости прокатки подача смазки высокого давления прекращается, после чего подшипник работает как гидродинамический. При этом система гидростатического привода работает около 5–10 % времени цикла прокатки.

В ряде случаев при прокатке тонких полос во избежание резких изменений толщины рабочего слоя масла в подшипниках, гидростатический подпор не отключается и при установившемся режиме. При этом по мере увеличения толщины слоя масла в подшипнике давление снижают до величины 7–20 МПа. При постоянном использовании гидростатического подпора также увеличивается охлаждение ПЖТ и его скорости могут быть увеличены в 1,3–1,8 раз по сравнению с чисто гидродинамическим режимом.

В гидростатодинамическом ПЖТ с изменением скорости толщина смазочного слоя изменяется незначительно, что позволяет повысить точность проката.

В отечественной практике гидростатодинамические ПЖТ выполняют с четырьмя поддерживающими карманами, в зарубежной – с одним центрально расположенным.

ПЖТ по сравнению с подшипниками качения имеет ряд важных преимуществ: небольшие радиальные габариты, позволяющие значительно повысить прочность и жесткость шейки валка; высокую нагрузочную способность при высоких скоростях; длительный срок службы – до 30000 ч и более; малую чувствительность к кратковременным динамическим перегрузкам. Эти факторы определили широкое применение ПЖТ в качестве подшипников опорных валков станов горячей и холодной прокатки.

ПЖТ имеют и недостатки: высокую стоимость изготовления, высокую стоимость масел и оборудования систем смазки, трудоемкость обслуживания и др.

1.9.3. Подшипники качения

Подшипники качения широко применяют в станах кварто горячей и холодной прокатки для рабочих валков, а также в двухвалковых заготовочных и сортовых станах. Для валков этих станов применяют роликовые подшипники с коническими роликами (2-х и 4-х рядные), так как они хорошо самоустанавливаются и способны воспринимать большие осевые нагрузки.

В станах кварто горячей и холодной прокатки ПЖТ устанавливают только на опорных валках; на рабочих валках вследствие сравнительно небольших давлений на шейке и ограниченности габаритов между валками ПЖТ применяют весьма редко, вместо них устанавливают роликовые подшипники. На каждой шейке валка устанавливается два 2-х рядных подшипника. Смазка подшипников осуществляется от автоматической централизованной системы густой смазки.

Так как валки вследствие их износа необходимо часто менять и перешлифовывать, то с целью удобства монтажа и демонтажа роликовые подшипники обычно устанавливают с гарантированным посадочным зазором. При установке подшипника, его внутреннее отверстие и шейку валка смазывают тонким слоем густой смазки. Однако при работе (особенно при прокатке со скоростью более 6 м/с) внутреннее кольцо подшипника часто проворачивается, что приводит к задирам и износу посадочных поверхностей, особенно шеек валка.

Многорядные подшипники с цилиндрическими роликами монтируют на шейки валков с неподвижной посадкой: при смене валков внутренние кольца остаются на шейках валков. Такие подшипники применяют при больших скоростях до 30–50 м/с. Для восприятия осевых усилий рядом с такими подшипниками ставят упорные.

1.10. Механизмы и устройства для установки и смены валков

Для нормального процесса прокатки, валки в рабочей клетки должны занимать определенное положение. Для этого в рабочей клетки предусмотрены механизмы и устройства, которые в общем случае имеют назначение:

1. Вертикальная установка валков (нажимные механизмы).
2. Уравновешивание верхнего валка.
3. Осевая установка валков (смена валков).

1.10.1. Нажимные механизмы

Нажимные механизмы должны обеспечивать требуемые точность и быстродействие установки валков при изменении их раствора. В клетях с горизонтальными валками положение нижнего валка в процессе прокатки не изменяется, и раствор устанавливают путем перемещения верхнего валка. Во время прохода полосы величину обжатия корректируют обычно только в полосовых станах; в клетях станов, прокатывающих заготовку небольшой длины, положение валков изменяют в паузах между обжатиями.

Необходимое быстродействие нажимных механизмов определяется условиями прокатки. На практике скорость перемещения валков составляет: у толстолистовых станов 5–25 мм/с, у сортовых 2–5 мм/с, у полосовых 0,05–1,0 мм/с.

Наибольшее распространение до сих пор имеют электромеханические нажимные механизмы с парами винт-гайка (рис. 1.8). Такие нажимные механизмы улучшают путем совершенствования схем управления двигателем, увеличивая быстродействие и точность установки. В настоящее время в электромеханических нажимных устройствах полосовых станов без ущерба для точности установки валков удалось достичь скорости перемещения винта около 1 мм/с и ускорения до 2 мм/с². При значительной частоте отклонений толщины полосы (например, биение валков) нажимной механизм все время работает в режимах разгона и торможения, т.е. с повышенной нагрузкой. Упругое закручивание муфты в звеньях затрудняют работу САРТ на высокоскоростных полосовых станах, вследствие чего приходится предусматривать широкие зоны нечувствительности, т.е. снизить точность регулирования.

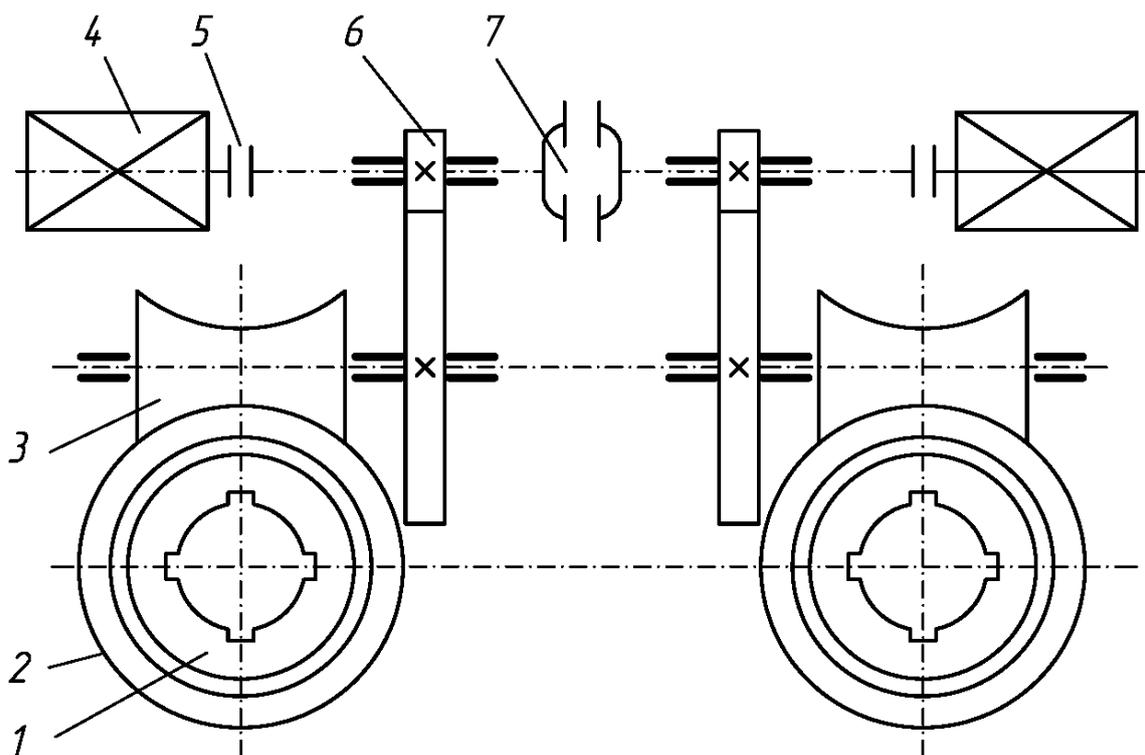


Рис. 1.8. Схема электромеханического нажимного механизма: 1–нажимной винт; 2–червячное колесо; 3–червяк; 4–электродвигатель; 5–муфта зубчатая; 6–редуктор; 7–электромагнитная муфта.

Кроме того, такие нажимные механизмы имеют большие массы и габариты, требует применение бронзы (гайка, венец червяка), снижают прочность и др.

Поэтому в настоящее время в полосовых станах они вытесняются гидравлическими нажимными устройствами (ГНУ). Эти устройства обладают малой инерционностью, большим ускорением до 500 мм/с^2 , что в 250 раз больше, чем в электромеханических нажимных механизмах. Преимуществами ГНУ является также малые массы и габариты, надежность, точность и др. ГНУ позволяет реализовать работу клетки с постоянной величиной раствора валков или с постоянным усилием прокатки. В последнем случае исключаются аварийные перегрузки, и соответственно повышается надежность стана.

Работа ГНУ происходит следующим образом (рис. 1.9). Показания датчиков 2 о положении штока 1 гидроцилиндра усредняются в усилителе 5; в усилителе 4 разность фактического положения S_f и заданного S_0 усиливается и подается на сервоклапан 3, имеющий коэффициент усиления мощности $(10-20) \cdot 10^3$. Отработка перемещения штока происходит до тех пор, пока выходной сигнал усилителя 4 не станет равен нулю.

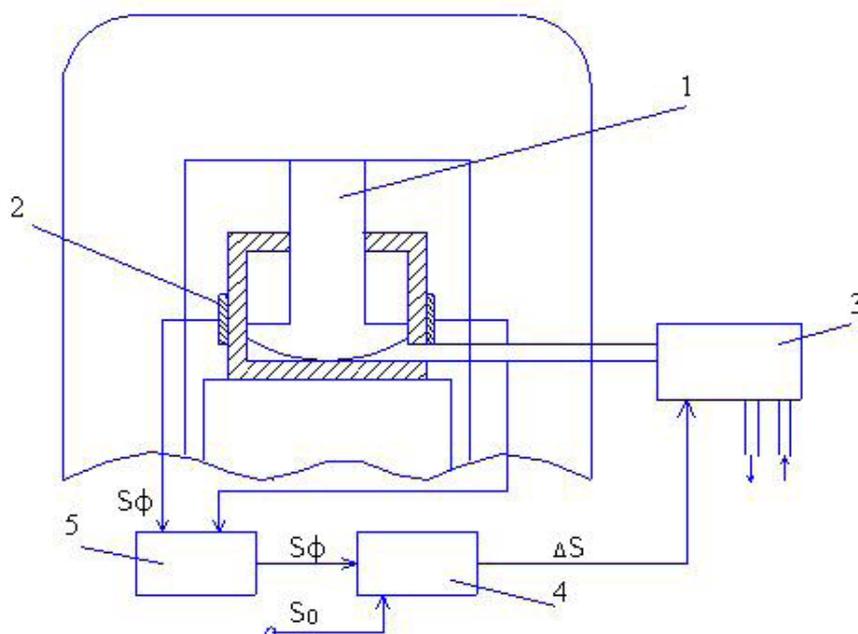


Рис. 1.9. Схема работы ГНУ.

Наибольшее распространение в настоящее время имеют прямодействующие ГНУ с системами дроссельного регулирования и электрогидравлическими усилителями мощности (сервоклапанами). Сервоклапан состоит из электромеханического преобразователя, промежуточного усилителя мощности типа сопло-заслонка и распределительного золотника. Достоинства сервоклапанов – низкая мощность сигнала управления, быстродействие, малые масса и габариты. Недостаток – необходимость тщательной очистки масла.

Гидроцилиндры ГНУ устанавливаются либо под подшипниками нижнего, либо над подшипниками верхнего опорного валка. Нажимной гидроцилиндр, расположенный вверху, удобнее для обслуживания и контроля. Для повышения жесткости гидроцилиндра ход его небольшой 90–120 мм.

В клетях с ГНУ обеспечивается прокатка с точностью размеров по длине полосы в пределах 2–4 мкм.

1.10.2 Нажимные винты и гайки

Нажимной винт воспринимает усилие на валки при прокатке, приходящее на одну шейку валка, и передает его через нажимную гайку станине. Поверхности трения в пяте нажимного винта предана сферическая форма для лучшей самоустановки подушек с подшипниками по оси нажимного винта.

На обжимных станах угол подъема винтовой линии до $2^{\circ} 30'$ на листовых – до 1° .

Нажимной винт вращается в ступице (из высокопрочного чугуна) червячного колеса и перемещается в ней по вертикали. Верхний конец нажимного винта делают квадратным (у обжимных станков) или цилиндрическим со шлицами (у листовых станков).

Резьба нажимных винтов и гаек бывает двух видов:

1. Упорная одноходовая трапецеидальная.
2. Двухсторонняя трапецеидальная.

Последний профиль резьбы (как более прочный) применяют для нажимных винтов и гаек тонколистовых станков холодной прокатки, которые воспринимают при прокатке весьма большие усилия.

На нажимных винтах обычно применяют одноходовую резьбу и только в быстроходных нажимных механизмах иногда используют двухзаходную резьбу. Для уменьшения износа резьбы нажимные винты подвергают поверхностной закалке и шлифовке.

Диаметр нажимного винта определяют в зависимости от усилия, действующего на него при прокатке:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot P_1}{\pi \cdot [\sigma]}},$$

где d_1 – внутренний диаметр нарезки винта;

P_1 – максимальная сила, действующая на винт при прокатке;

$[\sigma]$ – допустимое напряжение на сжатие винта.

Нажимные винты изготавливают из ковanej стали марок ст. 5, 40X, 40XH с $\sigma_b = 600\text{--}750$ МПа. Тогда $[\sigma] = \sigma_b/5 = 120\text{--}150$ МПа.

Гайки нажимных винтов – наиболее быстроизнашивающиеся детали. Их изготавливают из литой бронзы марок АЖ9–4 и АЖМц10–3–1,5. Для экономии бронзы нажимные гайки могут быть составными, в этом случае наружный бандаж изготавливают из высокопрочного чугуна. Смазка нажимной пары винт-гайка осуществляется жидкой или густой смазкой.

Диаметр нажимной гайки D и высоту ее H обычно выбирают из следующих соотношений: $D = (1,5\text{--}1,8) \cdot d_0$; $H = (0,95\text{--}1,1) \cdot D$,

где d_0 – наружный диаметр нарезки винта.

Для вращения нажимного винта, когда на него действует давление, к верхнему концу нажимного винта необходимо приложить определенный крутящий момент:

$$M_{\epsilon} = Y \cdot \left[\mu_n \cdot \frac{d_n}{3} + \frac{d_{cp}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \right],$$

где Y – сила, действующая на нажимной винт;

d_n – диаметр пяты винта;

μ_n – коэффициент трения в пяте;

d_{cp} – средний диаметр резьбы винта;

α – угол подъема резьбы;
 φ – угол трения резьбы $\operatorname{arctg} \varphi = \mu_p$;
где $\mu_p = 0,1$, тогда $\varphi = 5^\circ 40'$).

Сила Y , действующая на нажимной винт определяется:

1. Нажимной винт перемещается только во время паузы между проходами; на него не действует давление металла на валки. Однако на винт действует сила со стороны уравнивающего устройства, которая больше на 20–40 % веса уравнивающих деталей.

Тогда $Y = (1,2-1,4) \cdot G/2$,

где G – сила тяжести уравниваемых деталей.

2. Перемещение валка осуществляется при полном давлении металла на валки (тонколистовые станы).

Тогда $Y = P/2$,

где P – сила прокатки.

Определив крутящий момент для вращения нажимного винта, находим крутящий момент двигателя (скорость перемещения винта задана) и мощность двигателя:

$$M_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{в}}}{i \cdot \eta},$$

где i – передаточное число привода от двигателя к винту;

η – КПД передачи.

$$N_{\text{дв}} = M_{\text{дв}} \cdot \omega_{\text{дв}} \text{ (кВт)},$$

где $M_{\text{дв}}$ – момент двигателя, кН · м;

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{\pi}{30} n_{\text{дв}}, \text{ мин}^{-1}.$$

Нужный тип двигателя подбирают по каталогам.

Для установочных механизмов, работающих в повторно-кратковременном режиме (обжимные и реверсивные станы) момент и мощность двигателя определяют исходя из условия нагрева двигателя, а также из условия быстрого разгона двигателя, чтобы время установки валков было минимальным.

1.10.3. Устройства для уравнивания валков

Если тем или иным способом подушки верхнего валка были бы подвешены к концам нажимных винтов и установка верхнего валка осуществлялась бы только перемещением винтов вверх и вниз, то возникли бы следующие отрицательные явления:

1) при холостом ходе стана под действием массы верхнего валка и его подушек между торцами нажимных винтов и их подпятников, а также в резьбе нажимной гайки неминуемо образовались бы зазоры. При последующей задаче металла в валки возникали бы динамические нагрузки

на шейки валка и нажимные винты, которые сопровождались бы сильными ударами;

2) раствор между валками никогда не соответствовал бы требуемому обжатию, поскольку величина указанных зазоров неизвестна.

Во избежание этих отрицательных явлений у всех рабочих клеток предусмотрены специальные устройства для уравнивания верхнего валка и его подушек. Эти устройства выбирают зазоры, возникающие в сопряжениях деталей, которые воспринимают усилия прокатки. Благодаря этому исключается их соударения при поступлении металла в валки. Кроме того, во время пауз уравнивающее устройство обеспечивает заданное положение верхних валков за счет прижатия их подушек к нажимным винтам или гидроцилиндрам нажимных устройств.

Для уравнивания верхнего валка с подушками применяют гидравлические, пружинные и грузовые устройства.

Наиболее удобны в эксплуатации гидравлические уравнивающие устройства; они обеспечивают удобство настройки, постоянство рабочих усилий и широко применяются на станах всех типов. Гидравлическое уравнивание лишено недостатков, свойственных грузовому уравниванию, работает бесшумно и без толчков, имеет небольшие габариты и легко управляемы при работе стана. Такое устройство, например, включает две траверсы, концы которых входят в пазы подушек, две сдвоенные тяги, две поперечины и один гидроцилиндр, установленные в расточки верхней траверсы. Уравнивание может также проводиться при помощи 4-х гидроцилиндров, расположенных в подушках нижнего валка.

Пружинное уравнивание применяется, если перемещение валков и масса уравнивающих деталей невелика (сортовые, ленточные четырехвалковые станы).

Грузовое уравнивание применяется в станах старой конструкции.

1.10.4. Механизмы и устройства для смены валков

Регулярная смена валков – необходимая операция при работе каждого стана. При интенсивной работе стана валки быстро изнашиваются. Операция смены валков в практике называется перевалкой. Особенно большое значение имеет своевременная смена валков на станах холодной прокатки, т.к. от состояния и формы поверхности этих валков в значительной мере зависит качество выпускаемой продукции. Практически на этих станах валки сменяют через каждые 2–7 ч.

Операция смены валков требует простоя стана, в результате чего снижается его производительность. Поэтому смену валков следует выполнять в минимально короткие сроки.

На мелкосортных, среднесортных и проволочных станах часто применяют комплексную смену не валков, а всей рабочей клетки. В рабочих

клетях сортовых станов со станинами открытого типа смену валков выполняют также быстро, снимая краном крышки со станины и устанавливая новые валки иногда прямо вместе и их подушками и подшипниками.

Значительно сложнее осуществлять смену валков в больших рабочих клетях со станинами закрытого типа. В этом случае валки при помощи того или иного приспособления извлекают из клетки в горизонтальном положении, переносят их краном, а на их место ставят другие.

Смена рабочих валков на четырехвалковых станах относительно проста, т.к. масса рабочих валков вместе с его подушками невелика.

Смена рабочих валков осуществляется муфтой противовесом, S-образной скобой или специальной тележкой, перемещающейся по рельсам против рабочей клетки.

Комплект валков с подушками извлекается из рабочей клетки на платформу тележки; эта платформа перемещается поперек основной тележки, при этом установленная ранее на платформу новая пара валков совмещается с осью рабочей клетки и затем вводится в окно станины. На смену валков требуется 5–7 мин.

Смена опорных валков осуществляется 1–2 раза в месяц при помощи длинного гидроцилиндра, шток которого имеет ход 5–6 м. После извлечения рабочих валков (с подушками) верхний опорный валок опускается вниз, при этом его подушки соединяются с подушками нижнего опорного валка. Конец штока имеет постоянное сочленение с салазками, на которые опираются подушки нижних опорных валков.

Комплект валков и подушками штоком извлекается по направляющим из рабочей клетки и убирается краном. Новый комплект валков устанавливается штоком в окно станины. Вся операция смены комплекта валков требует затраты времени 15–20 мин.

1.11. Проводки

Для правильного направления металла в валки и выхода его из валков между станинами по обеим сторонам валков устанавливают проводки. Проводки, расположенные с передней стороны стана (со стороны задачи металла), называют вводными, а находящиеся с задней стороны (со стороны выхода металла из валков) – выводными.

На сортовых и проволочных станах для направления металла в валки устанавливают специальные проводки, а на тонколистовых станах – так называемые проводковые столы.

Для устранения рисков, образующихся на прокатываемом металле вследствие трения во вводных пропусках, и облегчения задачи металла в валки применяют роликовые пропуска–проводки.

Ролики, профиль которых соответствует профилю задаваемой в валки полосы (овал, ромб и т.д.), на шариковых или роликовых подшипниках или

текстолитовых втулках устанавливают на осях, закрепленных в корпусе проводки. Во время работы ролики непрерывно охлаждаются водой.

1.12. Станины рабочих клеток

Станины рабочей клетки - самые ответственные детали прокатного стана. В них монтируют подушки валков стана, а также другие устройства и механизмы, обеспечивающие заданную точность прокатки и производительность стана. Все давление металла на валки, возникающее при прокатке, воспринимается станинами. Поэтому при конструировании и изготовлении станин особое внимание уделяется их прочности и жесткости.

По конструкции станины делят на две группы: закрытого и открытого типов.

Станина закрытого типа представляет собой, литую массивную жесткую раму, в середине которой сделано окно для установки в нем подушек валов. Внизу станина имеет приливы (лапы). В приливах предусмотрены отверстия для болтов, крепящих станины к плитовинам.

Размеры станин определяются возможностью размещения в их окнах подушек валков и конца нажимного винта, а также необходимой прочностью и жесткостью.

Верхнюю и нижнюю части называют поперечинами (в станинах открытого типа верхней поперечиной является крышка), а боковые - стойками.

Сечения стоек обычно прямоугольные. Стойки прямоугольного сечения легче отливать, вследствие чего их чаще применяют, особенно для четырех валковых станов.

В верхних поперечинах станин сделаны расточки для установки бронзовых гаек нажимных винтов.

Диаметр болтов, скрепляющих станины с плитовинами и плитовины с фундаментом, обычно определяют из соотношения $d = (0,09-0,15) \cdot D_p + 10$ мм, где D_p - диаметр рабочих валков, мм.

1.13. Привод валков рабочей клетки

1.13.1. Шпиндели

Шпиндели предназначены для передачи валкам рабочей клетки крутящих моментов от шестеренной клетки или непосредственно от приводных электродвигателей.

По конструкции шпиндели прокатных станов могут быть универсальными и трефовыми (станы старой конструкции).

В основу конструкции универсальных шпинделей положен принцип шарнира Гука, поэтому шпиндели могут передавать вращение и крутящий момент под углом наклона до $8-10^\circ$.

Трефовые шпиндели допускают угол наклона до $1-2^\circ$, только за счет зазоров между трефами шпинделя, валка и трефовой муфтой.

В настоящее время в рабочих линиях прокатных станов чаще всего используют шпиндели двух основных типов: универсальные (шарнирные) и зубчатые (наиболее совершенная «форма» трефового шпинделя). Универсальные шпиндели благодаря шарнирной конструкции работают плавно, позволяют передавать большие крутящие моменты, их применяют для привода валков отжимных, толстолистовых, сортовых и листовых станов горячей прокатки. Зубчатые шпиндели используют для привода валков высокоскоростных станов холодной прокатки.

Схема установки шпинделей в рабочей линии стана приведена на рис. 1.10.

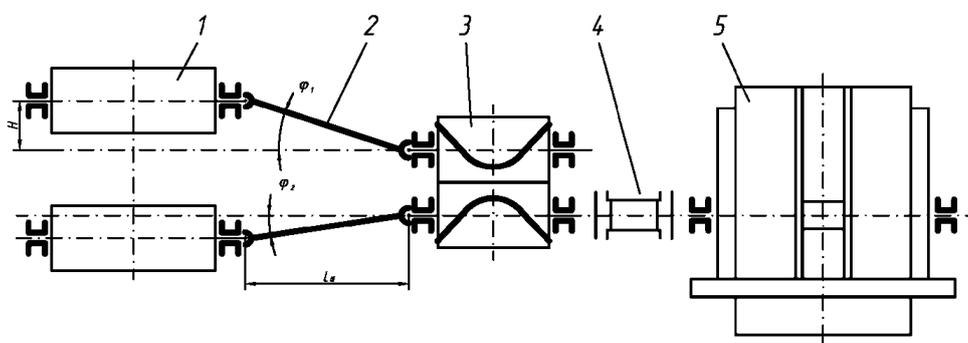


Рис. 1.10. Схема установки универсальных шпинделей в рабочей линии стана: 1–рабочая клеть; 2–шпиндели; 3–шестеренная клеть; 4–муфта; 5–главный двигатель.

Длину шпинделя $L_{ш}$ определяют, исходя из допустимого значения его угла наклона φ и высоты подъема валка $H: L_{ш} = H \cdot \text{ctg } \varphi$. Если от смещений по горизонтали зафиксирован шарнир на стороне привода, то на стороне рабочей клетки необходимо обеспечивает смещение шарнира на величину $C_{ш} = L_{ш} \cdot (1 - \cos \varphi)$. В том случае, когда шпиндель в горизонтальном направлении фиксируется с помощью подшипника уравнивающего устройства, оба шарнира выполняют плавающими, с возможностью горизонтальных смещений. Если оба шарнира не смещаются по горизонтали, то в теле шпинделя обычно предусматривают шлицевое соединение, обеспечивающее возможность увеличения расстояния между шарнирами при наклоне шпинделя.

Наибольшее распространение в настоящее время имеют шарнирные шпиндели с вкладышами скольжения, отличающиеся высокой нагрузочной способностью.

При большой массе шпинделей для уменьшения износа деталей шарниров и дополнительных нагрузок на подшипники рабочих и шестеренных валков применяют уравнивание шпинделей. Наиболее удобны гидравлические уравнивающие устройства: они просты, компактны и обеспечивают требуемое фиксированное положение шпинделей при смене валков. Если шпиндели не уравнивают, то при смене валков они фиксируются в заданном положении с помощью поддерживающих устройств.

На характер и интенсивность износа вкладышей и других деталей шарниров большое влияние оказывают условия их смазки. Обычно на трущиеся поверхности подают пластичную смазку. Ее подвод от централизованной системы выполняют по специальным сверлениям в теле и вилке шпинделя через подшипник уравнивающего устройства. Используют также ручную смазку (при остановках стана) через тавотницы, установленные в вилках шарниров. Однако эти способы не обеспечивают удовлетворительного смазывания шарниров.

В особенно тяжелых условиях работают детали шарниров на стороне рабочей клетки: кроме более высоких удельных нагрузок (из-за ограниченных габаритов шарнира), они подвергаются воздействию вымывающих смазку охлаждающих жидкостей, высоких температур (при горячей прокатке) и загрязнений. В этих условиях хорошие результаты дает применение для смазки шарниров масляного тумана, который подается, например, через осевые каналы в теле шпинделя к конденсаторам, установленным в сверлениях вилки, откуда по сверлениям во вкладышах масло поступает на поверхности трения и распределяется по ним с помощью канавок. В осевой канал шпинделя масляный туман подается через специальный подвод с манжетными уплотнениями, эффективность и стойкость которых повышается тщательной обработкой уплотняемых поверхностей и их смазкой. Результаты применения масляного тумана для смазки шарниров шпинделей показывают, что износ вкладышей по сравнению с использованием пластичной смазки уменьшается более чем в 5–10 раз, разогрев вкладышей, следы задиров отсутствуют; расход масла на один шарнир диаметром 700 мм не превышает 0,5–0,8 л/сут.

Неудовлетворительная износостойкость, трудности смазки вкладышей и увеличение динамических нагрузок в рабочей линии стана послужили причинами разработки конструкций универсальных шпинделей с шарнирами на подшипниках качения. Преимущества последних – малые зазоры в шарнирах, простая и долговечная закладная смазка подшипников. Работоспособность шарнира существенно зависит от точности центровки его осей, которая должна исключить биение шпинделя при его вращении.

Когда значительные размеры подшипников качения не позволяют обеспечить требуемую грузоподъемность шарнира при его ограниченных габаритах, возможно применение комбинированных шпинделей, у которых

большой по габаритам шарнир на стороне привода выполняют на подшипниках качения, а на стороне рабочей клетки - с вкладышами скольжения.

При больших скоростях прокатки стойкость вкладышей и подшипников качения шарнирных шпинделей резко снижается. В этих условиях используют зубчатые шпиндели с бочкообразным профилем зуба. Угол наклона зубчатого шпинделя при рабочей нагрузке и оптимальной стойкости зубьев принимают равным не более $0^{\circ}30'$ (реже – до 1°); при перевалках угол наклона шпинделя достигает 2° . Чаще всего зубчатые зацепления смазывают пластичной закладной смазкой; при больших скоростях прокатки необходима жидкая циркуляционная смазка. В шпиндельном соединении стана 1800 холодной прокатки алюминиевых сплавов расход масла на один шпиндель составляет 12 л/мин.

Опыт работы зубчатых шпинделей в рабочих линиях станов показал, что при перевалках следует исключить замены зубчатых втулок в приработавшихся парах, которые составляют зубчатые втулки и обоймы.

1.13.2. Шестеренные клетки

Шестеренные клетки предназначены для разделения крутящего момента, получаемого от приводного электродвигателя, и передачи его валкам рабочей клетки. Шестеренные клетки не используют при индивидуальном приводе валков, который характерен лишь для рабочих линий блюмингов, слябингов и в некоторых случаях толстолистовых станов.

Шестеренные клетки делают открытыми (со съемной крышкой). Они состоят из следующих основных элементов: станины, крышки, шестерен (шестеренных валков) и подушек с подшипниками. Станины и крышки отливают из высокопрочного или модифицированного чугуна; шестерни изготавливают из ковanej легированной стали марок 40ХН, зубья подвергают поверхностной закалке. Подшипники применяют роликовые конические или (реже) баббитовые (если конструктивно нельзя использовать роликовые из-за их больших габаритов). К подшипникам и в зубчатое зацепление непрерывно подается жидкий смазочный материал (брайтсток) от центральной циркуляционной смазочной станции, располагаемой обычно в подвале цеха вблизи рабочей и шестеренной клетей. Для шестерен и подшипников должно быть предусмотрено хорошее уплотнение.

Шестерни шестеренной клетки часто называют шестеренными валками. Диаметр начальной окружности шестерен шестеренной клетки зависит от диаметра валков стана и величины наибольшего расстояния между ними при прокатке. Так как высота подъема верхнего валка в процессе прокатки изменяется, то диаметр шестеренных валков нужно выбирать исходя из условия, что угол наклона верхнего шпинделя не должен превышать допустимой величины ($8-10^{\circ}$).

Зубья шестеренных валков обычно выполняют шевронными, с проточкой по середине для выхода червячной фрезы. Применение шевронных зубьев в шестеренных клетях обеспечивает плавность хода шестерен и исключает возникновение осевых нагрузок в клетях.

2. ПРЕССОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

При производстве труб, прутков и профилей из цветных металлов и сплавов прессование является не только основной заготовительной операцией, но и в ряде случаев окончательной операцией. Прессование-это процесс выдавливания металла из замкнутой полости через отверстие требуемой формы в матрице.

Прессование обеспечивает возможность деформации металла с наибольшими обжатиями по сравнению со всеми другими видам обработки давлением и позволяет получать изделия самой различной конфигурации. Прессованием можно получать изделия из материалов, не поддающихся прокатке и волочению вследствие того, что заготовка при прессовании подвергается всестороннему сжатию.

Время переналадки инструмента при прессовании меньше, чем при прокатке, что особенно важно при производстве полуфабрикатов из цветных металлов, характеризующемся широким сортаментом изделий и сравнительно небольшими объёмами продукции одного размера.

Достоинства процесса прессования определили его широкое применение при производстве труб, прутков и профилей из лёгких и тяжёлых цветных металлов и сплавов.

2.1. Классификация гидравлических прессов и их приводов

Гидравлические прессы классифицируют по конструктивным особенностям, технологическому назначению и методу прессования.

По основным конструктивным особенностям различают вертикальные и горизонтальные прессы; по технологическому назначению - прессы для получения прутков, профилей и труб из цветных металлов и сплавов и прессы для КШП (ковочные, штамповочные, гибочные, прошивочные, вытяжные и др.); по методу прессования (горизонтальные прессы для получения прутков, профилей и труб из цветных металлов и сплавов) - пресса с прямым и обратным прессованием слитка и пресса с использованием активных сил трения на контейнере.

Характерными конструктивными особенностями прессов являются расположение силовых цилиндров и тип станины. Силовые цилиндры в прессах могут располагаться вертикально или горизонтально. Вертикальные прессы бывают с верхним и нижним расположением силовых цилиндров. Чаще всего прессы выполняют с верхним расположением силовых цилиндров. Вертикальные прессы применяют в основном в кузнечно - штамповочном производстве. Горизонтальные прессы применяют для получения труб прутков и профилей из цветных металлов и сплавов. По типу станины прессы делятся на колонные (двух, трёх и четырёх колонные), рамные и консольные.

Горизонтальные прессы получили широкое распространение благодаря большей производительности, простоте автоматизации, возможности прессования более длинных изделий, а так же изделий большего поперечного сечения. Горизонтальные прессы подразделяют по виду прессуемого изделия на прутковые и профильные. Трубопрофильные прессы имеют прошивную систему, а прутковопрофильные нет. Тяжёлые горизонтальные прессы обычно проектируют как универсальные машины, способные выполнять различные сложные работы. Для этого их оснащают различными средствами механизации, необходимыми для подачи плоских или круглых слитков, плоских или круглых пресс-шайб, устройств для отделения пресс-остатков, резки и уборки готовых изделий со стола.

Горизонтальные гидравлические прессы можно классифицировать и по методу прессования. Наиболее распространены два метода: прямое и обратное. Достоинства метода прямого прессования и сплошных, и полых изделий - широкий диапазон размеров прессуемых изделий, возможность использования подвижных и застопоренных игл, удобство расположения независимой прошивной системы, простота механизации автоматизации процессов. Недостаток прямого прессования состоит в том, что в процессе выдавливания слиток перемещается относительно контейнера. Преодоление реактивных сил трения между контейнером и слитком требует дополнительно значительных затрат энергии.

При обратном прессовании слиток не перемещается относительно контейнера, поэтому общее усилие прессования снижается, так как отсутствуют затраты энергии на преодоление сил трения между контейнером и прессуемым металлом. Однако при обратном методе прессования затруднена механизация разделения матрицы, изделия и пресс-остатка, особенно на универсальных прессах. Это увеличивает вспомогательное время и приводит к потере преимуществ, упомянутых ранее.

Метод прессования с использованием активных сил трения на контейнере (активное прессование) наиболее универсальный. И прямое обратное прессование являются частными случаями активного прессования. Метод активного прессования обеспечен высокую равномерность течения и однородность деформации материала, что приводит к повышению годного и производительности при прессовании и к более высоким качественным характеристикам пресс изделий. Однако, для реализации этого метода необходимы специализированные прессы с мощным приводом контейнера.

Для работы гидравлических прессов необходимы источники низкого (0,4–0,8 МПа) и высокого давления жидкости (32 МПа). Низкое давление жидкости используется для совершения холостых ходов подвижных поперечин, так как рабочие цилиндры мощных прессов имеют большие

Таблица 2.1. Технические характеристики горизонтальных трубопрофильных и прутковопрофильных гидравлических прессов УЗТМ. Рабочее давление в гидросистеме 32 МПа.

диаметры и осуществление этих ходов при помощи жидкости высокого давления неэкономично. Приводы для создания высокого давления делятся на две основные группы: насосные безаккумуляторные и насосно – аккумуляторные.

Насосные безаккумуляторный привод называют также индивидуальным – он обслуживает только один пресс, в то время как насосно – аккумуляторный привод обслуживает чаще всего одновременно несколько прессов. При насосном безаккумуляторном приводе жидкость подается в рабочие цилиндры непосредственно насосом. Насосный безаккумуляторный привод имеет следующую особенность: давление, развиваемое насосом, всегда соответствует тому сопротивлению, которое оказывает заготовка. Поскольку сопротивление деформированию заготовки во время рабочего хода изменяется, давление жидкости в насосе является переменным. Скорость перемещения подвижной поперечины зависит не от выполняемой операции, а от производительности насоса. Поэтому насосы и двигатели к ним приходится выбирать с учетом максимальной скорости, с которой должна двигаться подвижная поперечина, и максимального давления, которое должен развивать пресс. На практике далеко не всегда нужно, чтобы пресс работал с максимальными параметрами. Поэтому на многих операциях мощность насосов полностью не используется даже при рабочих ходах и особенно при обратных и холостых ходах.

При создании быстроходных прессов с большими усилиями требуются насосы очень высокой производительности и двигатели большой мощности, что не всегда целесообразно. Тем не менее, в большинстве случаев прессовые установки с безаккумуляторным приводом оказываются наиболее экономичными и их к.п.д. относительно высок (0,6–0,8). Благодаря отсутствию громоздкого аккумулятора установка имеет небольшие размеры. Насос с редуктором и электродвигателем иногда устанавливают прямо на прессе.

У насосно – аккумуляторного привода между насосом и прессом установлен аккумулятор, т.е. емкость, в которой аккумулируется жидкость высокого давления. При этом скорость подвижной поперечины не зависит от производительности насоса, а определяется сопротивлением заготовки. Аккумулятор может за короткое время отдать запас накопленной жидкости высокого давления, а затем восполнить его.

Следовательно, аккумулятор как бы дополняет недостающую производительность насосов и мощность двигателей, обеспечивая в нужный момент высокую скорость движения подвижной поперечины и нужное усилие прессы. Чтобы при постоянном давлении в аккумуляторе давление в гидросистеме прессы во время рабочего хода находилось в соответствии с переменным сопротивлением заготовки, необходимо дросселировать жидкость, поступающую в рабочий цилиндр. Поэтому в гидропрессовой

установке с насосно-аккумуляторным приводом обычно больше потерь, чем в установке с насосным безаккумуляторным приводом. Большие потери энергии при насосно-аккумуляторном приводе обуславливаются также большей длиной трубопровода. Таким образом, в насосно-аккумуляторном приводе избыток давления (сверх давления, необходимого, для деформации заготовки) расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений в клапанах, трубах и пр.

Для дополнительного повышения давления жидкости перед подачей ее в рабочие цилиндры при насосном безаккумуляторном или насосно-аккумуляторном приводах применяют мультипликаторы. Мультипликатор обычно состоит из двух цилиндров различных диаметров. В большой цилиндр поступает пар или воздух (паровоздушный мультипликатор) или жидкость от насосно-аккумуляторной станции или насоса (гидравлический мультипликатор). Из малого цилиндра мультипликатора жидкость высокого давления поступает в рабочий цилиндр пресса. Гидравлические мультипликаторы применяют в настоящее время как дополнение к насосно-аккумуляторному приводу для получения дополнительной ступени усилия.

2.2. Горизонтальный гидравлический пресс

Действие гидравлического пресса основано на законе Паскаля, из которого следует, что давление жидкости p передается равномерно во все стороны замкнутой системы.

Параметрами гидравлических прессов, в совокупности определяющими их технологические возможности и конструктивные особенности, являются номинальное усилие, рабочий ход и скорость движения прессующей траверсы, а также размеры контейнера.

Номинальное усилие пресса равно произведению максимального рабочего давления жидкости на сумму площадей плунжеров рабочих цилиндров. Номинальное усилие – условная характеристика гидравлического пресса, так как оно не учитывает потери на преодоление сил трения, гидравлические потери и пр. Действительное рабочее усилие пресса, которое он развивает в процессе прессования, составляет часть номинального усилия. Поэтому наибольшее усилие прессования, рассчитанное по всему принятому для данного пресса сортаменту пресс-изделий, должно составлять 70–90 % номинального усилия.

Рабочий ход прессующей траверсы и размеры контейнера пресса определяются размерами наибольшей заготовки. Скорость движения прессующей траверсы при рабочем ходе устанавливается в зависимости от допустимых скоростей истечения обрабатываемого материала и находится в следующих пределах: при горячем прессовании алюминиевых сплавов 0,2–25 при горячем прессовании титана – 50–300 мм/с.

На рис. 2.1. представлена типовая конструкция современного прутково – профильного горизонтального гидравлического пресса номинальным усилием 24,5 МН для прессования алюминиевых сплавов с прямым истечением металла.

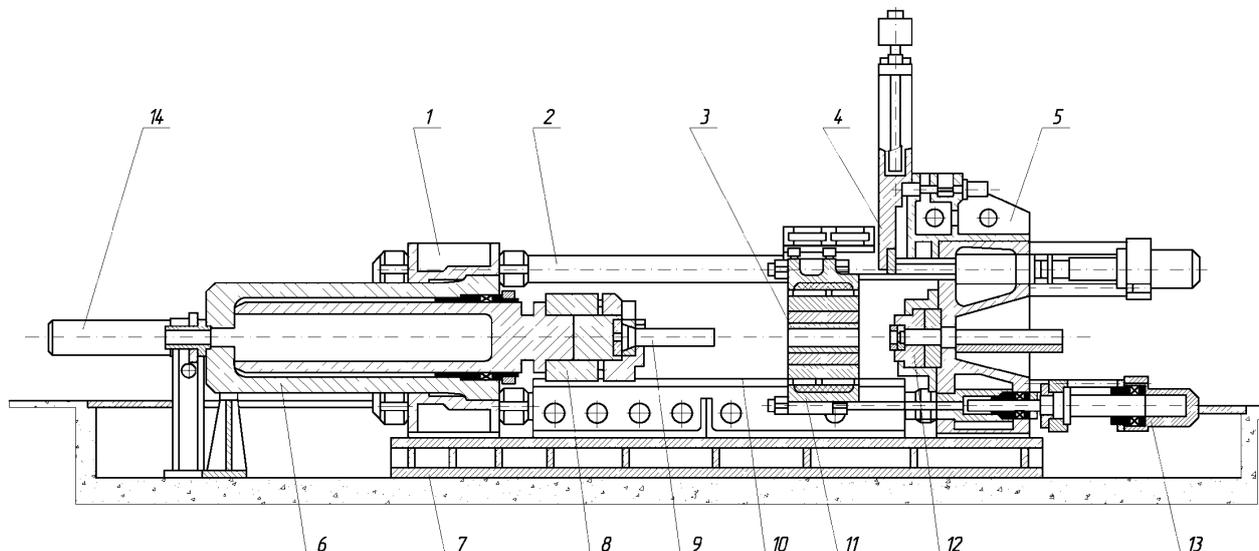


Рис. 2.1. Схема типовой конструкции современного прутково – профильного горизонтального гидравлического пресса.

Основные узлы пресса – станина, прессующая траверса 8, рабочий 6 и форсирующий 14 цилиндры, контейнер 3 с контейнеродержателем 11 и устройство для отделения пресс-остатка от изделия – ножницы 4.

Станина состоит из неподвижных передней 5 и задней 1 поперечин, соединенных колоннами 2 в жесткую раму, образующую замкнутый силовой контур пресса, и устанавливается на фундаментальной плите 7. Заднюю поперечину, в которой монтируют все цилиндры привода прессующей траверсы, жестко крепят на плите от продольных и поперечных перемещений с помощью шпонок и клиньев. Переднюю поперечину, в которой размещены матрицедержатель, ножницы для отделения пресс-остатка и цилиндры передвижения контейнера, не крепят к фундаментальной плите. Ее устанавливают на призматических направляющих с помощью винтовых домкратов, которыми производят выверку ее положения относительно оси пресса.

На фундаментальной плите между задней и передней поперечинами монтируют призматические направляющие 10, по которым скользят опорные башмаки прессующей траверсы и контейнеродержателя при их перемещениях в цикле прессования. Башмаки снабжены винтовыми домкратами и служат для установки прессующей траверсы и контейнеродержателя по оси пресса.

Прессующая траверса 8 пресса служит для передачи усилия от рабочего цилиндра на прессуемую заготовку через закрепленный на ней пресс-штемпель 9 и связана с плунжерами рабочего, возвратных и форсирующих цилиндров. Полное усилие прессования создается рабочим (главным)

цилиндром и двумя форсирующими, последние, кроме того, обеспечивают ускоренный холостой ход вперед прессующей траверсы. Возвратные цилиндры, имеющие общий плунжер с форсирующими, предназначены для обратного холостого хода прессующей траверсы.

Усилие холостого хода пресса, которое складывается из усилий форсирующих и рабочего цилиндров при низком давлении наполнения, обычно составляет 10–12 % номинального усилия пресса и должно обеспечивать достаточно высокую, среднюю скорость движения прессующей траверсы (до 400 мм/с) и надежное заталкивание заготовки с пресс-шайбой в контейнер пресса. Усилие возвратных цилиндров составляет 6–10 % номинального усилия пресса и должно обеспечивать такую же скорость обратного холостого хода.

Для крепления пресс-штемпеля в держателе прессующей траверсы выполнен подковообразный паз, в который сверху устанавливают пресс-штемпель с центрирующим кольцом. Держатель прижимают к прессующей траверсе шпильками, и одновременно он поджимает пресс-штемпель через кольцо к опоре в траверсе. Для замены пресс-штемпеля достаточно ослабить гайки шпилек, тогда держатель под действием пружин отойдет от прессующей траверсы и создаст осевой зазор в подковообразном пазе. Такое быстросменное крепление позволяет значительно сократить время простоев пресса.

Полный ход прессующей траверсы пресса составляет примерно 2,5 длины контейнера, что позволяет производить одновременно отделение пресс-остатка с пресс-шайбой от изделия и загрузку новой заготовки с пресс-шайбой в контейнер.

Контейнер пресса – многослойный, состоит из трех втулок, посаженных с натягом. Для обеспечения требуемого температурного режима прессования наружная втулка контейнера снабжена встроенным индуктором. Контейнер установлен в контейнеродержателе на продольных шпонках, обеспечивающих сохранение осевой центровки пресса в процессе работы, несмотря на интенсивный нагрев контейнера. Корпус контейнеродержателя выполнен неразъемным. Величина хода контейнеродержателя определяется его перемещением, необходимым для смены контейнера и прохода к матрице устройства для отделения пресс-остатка от изделия. Усилие цилиндра контейнеродержателя при прижиге контейнера к матрице обычно составляет 8–10 % номинального усилия пресса, что позволяет вести прессование со смазкой. Усилие отвода контейнера от матрицы обычно составляет 12–15 % номинального усилия пресса и обеспечивает возможность прессования через язычковую матрицу с отрывом пресс-остатка.

Матрицедержатель выполнен в виде салазок с поперечным перемещением в направляющих, закрепленных на передней поперечине пресса 5. Он имеет две позиции для размещения матричных комплектов и передвигается для совмещения любого из них с осью прессования при

помощи гидравлических цилиндров. Такая конструкция матрицедержателя позволяет производить смену матриц, очистку, смазку и контроль формы ее рабочего канала без остановки процесса прессования.

Устройство для отделения пресс-остатка и пресс-шайбы от изделия выполнено в виде ножниц, которые крепят с внутренней стороны передней поперечины пресса. Ножницы производят рабочий ход при отводе контейнера от матрицы.

Последовательность технологических операций при прессовании профилей сплошного сечения из алюминиевых сплавов на рассматриваемом прессе схематически показана на рис. 2.2. В исходном положении перед подачей нагретой заготовки прессующая траверса с пресс-штемпелем максимально удалена от контейнера. Заготовку с пресс-шайбой специальным механизмом подают на ось пресса в зазор между пресс-штемпелем и торцом контейнера (позиция 1). При холостом ходе прессующей траверсы вперед пресс-штемпель заталкивает заготовку и пресс-шайбу в контейнер, после чего подающий механизм возвращается в исходное положение, освобождая пространство для дальнейшего движения прессующей траверсы (позиция 2).

При последующем движении пресс-штемпеля после прижатия контейнера к матрице происходит процесс прессования заготовки. Прессование идет, до тех пор, пока длина пресс-остатка не достигнет заданной величины, после чего прессующую траверсу останавливают. Для удаления пресс-остатка вместе с пресс-шайбой из контейнера последний отводят от машины, тогда освобождается пространство для прохода ползуна ножниц и приемника пресс-остатков (позиция 4). Движением ножниц пресс-остаток с пресс-шайбой отделяют от изделия и специальным механизмом транспортируют в разделительное устройство, расположенное вне пресса, где производят отделение пресс-остатка от пресс-шайбы. Ползун ножниц возвращается в исходное положение (позиция 5).

Одновременно с операциями отделения пресс-остатка и пресс-шайбы от изделия происходит возвращение пресс-штемпеля в крайнее заднее положение и загрузка следующей заготовки с пресс-шайбой в контейнер пресса, т.е. начинается следующий цикл прессования.

В зависимости от вида истечения металла при прессовании гидравлические прессы подразделяют в основном на прессы для прессования с прямым истечением и с обратным истечением.

На прессах с прямым истечением контейнер вместе с заготовкой в период прессования остается неподвижным, а движение получает пресс-штемпель, закрепленный на прессующей траверсе при этом заготовка перемещается относительно контейнера.

На прессах с обратным истечением контейнер вместе с заготовкой движется под действием прессующей траверсы относительно матрицы, которую в этом случае закрепляют на удлиненном матрицедержателе. Перемещение заготовки относительно контейнера отсутствует. Характерная

особенность прессов с обратным истечением по сравнению с прессами с прямым истечением – большой ход контейнера; он равен или больше его длины.

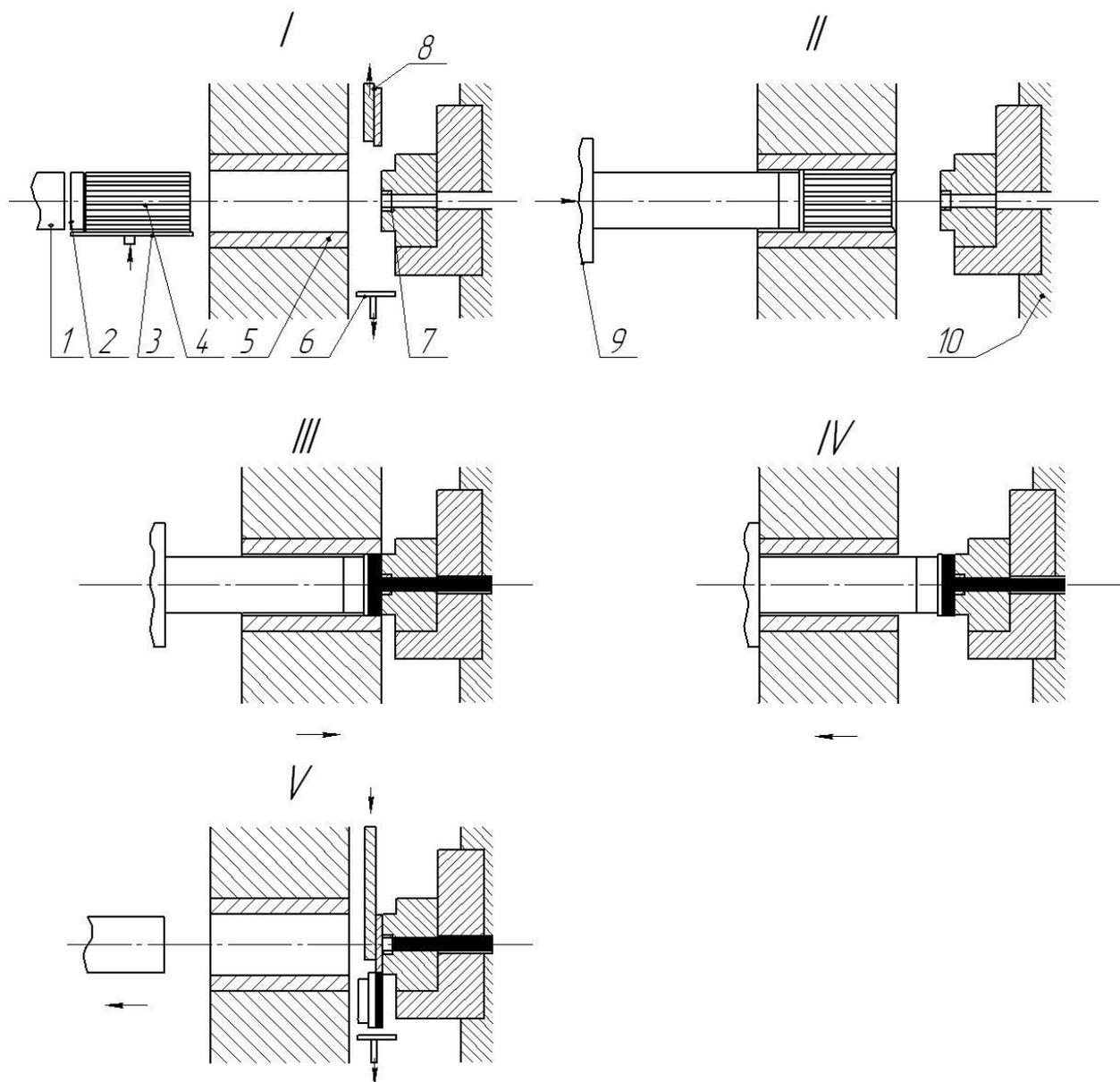


Рис. 2.2. Схема технологических операций при прессовании.

Качество пресс – изделий, производительность и эксплуатационные характеристики пресса в значительной степени зависят от его конструктивного исполнения, конструкции станины, способа передвижения контейнера и вида привода. Наибольшее количество гидравлических прессов для прессования выполнено в горизонтальном исполнении и лишь прессы небольших мощностей, преимущественно для прессования труб, выполнены вертикальными.

Конструкция узла крепления матриц существенно влияет на производительность цикла прессования, на продолжительность переналадок

пресса, вызванных переходом с прессования одного типа профиля на другой, сменой изношенного инструмента и пр. От этих факторов зависит время, затрачиваемое непосредственно на изготовление профилей, и производительность пресса. По конструкции матрицедержателя гидравлические прессы делят на три основные группы: с мундштучным матрицедержателем, с поперечно перемещающимся матрицедержателем (салазки) и с поворотным матрицедержателем (поворотной головкой).

Отечественные и зарубежные горизонтальные прессы старых конструкций имели мундштучные матрицедержатели, которые по ряду характеристик не отвечали современным требованиям, рис. 2.3.

Одна из главных особенностей современных прессов для прессования металлов и сплавов – применение поперечно – перемещающегося или поворотного матрицедержателя. Общим для этих типов матрицедержателей является быстрота отделения пресс-остатка от изделия и смены инструмента, а также наличие более мощной, чем затвор у мундштучных прессов, опорной плиты под матричным комплектом; последнее уменьшает прогиб матрицы в процессе прессования и благодаря этому повышает точность и стабильность размеров профилей.

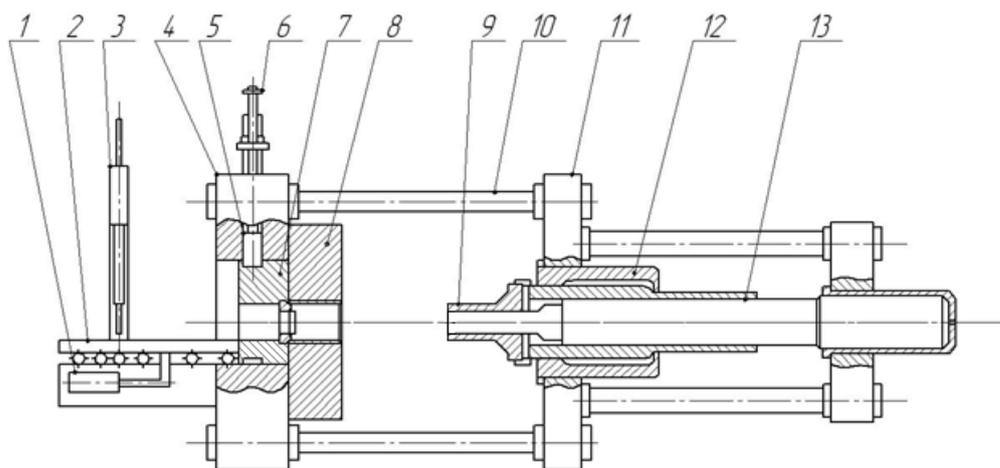


Рис. 2.3. Схема трубопровильного пресса с мундштучным матрицедержателем: 1–гидроцилиндр мундштука; 2–приемный стол; 3–нож; 4–передняя поперечина; 5–затвор мундштука; 6–гидроцилиндр затвора; 7–мундштук; 8–контейнер; 9–пресс-штемпель; 10–колонны; 11–задняя поперечина; 12–главный цилиндр; 13–прошивное устройство.

Преимущества поперечного перемещения матрицедержателей перед мундштучными особенно проявляются в прессах, предназначенных для прессования с прямым и обратным истечением металла, где для перехода с одного метода прессования на другой достаточно передвинуть салазки и установить новый узел крепления матрицы. Однако матрицедержателям, выполненным в виде салазок свойственны и недостатки, один из которых заключается в необходимости производить смену инструмента попеременно то на левой, то на правой стороне пресса. Это вызывает необходимость

перемещениями инструмента с одной стороны пресса на другую. Поэтому матрицедержатели такого типа целесообразны на прессах, где смена инструмента производится сравнительно редко.

2.3. Вспомогательные устройства и механизмы, обслуживающие гидравлические прессы

Эффективность работы прессовых установок во многом определяется уровнем механизации и автоматизации технологических операций, среди которых значительную часть составляют вспомогательные операции. Влияние продолжительности вспомогательных операций на производительность пресса существенно возрастает с увеличением скоростей истечения прессуемого материала, так как доля вспомогательного времени, в общем, времени цикла прессования становится значительной. Это особенно заметно при прессовании алюминиевых сплавов типа АД31, титана и некоторых других.

Кроме того механизация и автоматизация операций при прессовании позволяет сократить количество обслуживающего персонала и повысить качество пресс-изделий благодаря обеспечению стабильности параметров технологического процесса. Поэтому все современные прессовые установки оснащают комплексом механизмов, обеспечивающих быстрое и надежное выполнение вспомогательных операций либо по команде оператора (дистанционное управление), либо в автоматическом режиме.

Состав вспомогательных механизмов, их конструкция и расположение у пресса зависят от прессуемого материала, конструкции пресса и степени автоматизации производственного процесса.

На рис. 2.4. показана компоновка механизмов горизонтального гидравлического пресса, предназначенных для выполнения, следующих вспомогательных операций технологического цикла:

- подачи слитков и продвижения их в нагревательной печи;
- выгрузки слитков из печи и транспортировки их на податчик заготовок;
- транспортировки пресс-остатка с пресс-шайбой из пресса;
- разделения пресс-шайбы и пресс-остатка;
- транспортировки пресс-шайбы на податчик заготовок;
- уборки пресс-изделий.

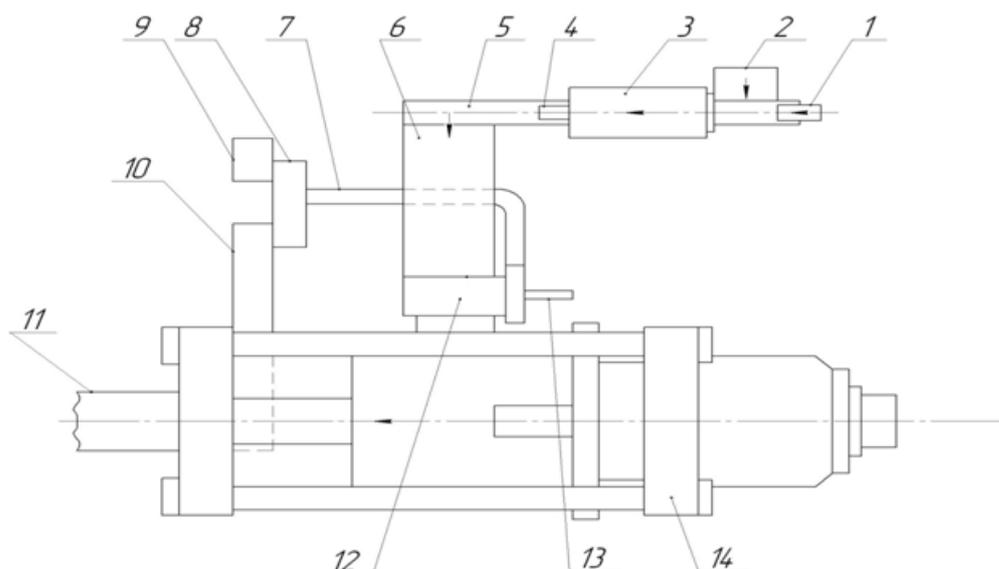


Рис. 2.4. Механизмы гидропресса для выполнения вспомогательных операций: 1– толкатель слитков; 2–стол загрузки слитков в печь; 3–индукционная печь; 4–приемник нагретых слитков; 5–рольганг; 6–наклонный столик; 7–передатчик пресс-шайб; 8– устройство для разделения пресс-шайбы и пресс-остатка; 9–бункер для пресс-состатков; 10–устройство для отделения пресс-остатка от матрицы; 11–приемный стол пресса; 12–податчик слитков; 13–устройство для подачи пресс-шайбы на податчик; 14–пресс.

Кроме того, имеются специальные вспомогательные механизмы: моталки – для приема прутковой и проволочной заготовки, устройства для прессования с натяжением, устройства для прессования в воду и др.

2.4. Прессовый инструмент

2.4.1. Инструментальная наладка и условия работы прессового инструмента

Значение технологического инструмента для обеспечения устойчивого ведения процесса, получения высокого качества продукции, необходимого съема профилей с пресса и снижения себестоимости производства велико. Особенно важно, чтобы были квалифицированно спроектированы, хорошо изготовлены и правильно эксплуатировались прессовые матрицы. Весь набор прессового инструмента при установке на прессе представляет собой инструментальную наладку. Конструкцию наладки видоизменяют в зависимости от устройства пресса и вида прессуемых изделий: если, например, на прессе осуществляют переход от прессования сплошных профилей к прессованию полых трубным методом, то помимо матрицы меняют пресс-шайбу, пресс-штемпель и устанавливают оправку.

Известно несколько наладок, широко применяемых на гидравлических прессах и различаемых по виду пресс-изделий, способу прессования и типу используемого прессового оборудования. Инструментальная наладка для

прессования профилей сплошного сечения прямым методом приведена на рис. 2.5.

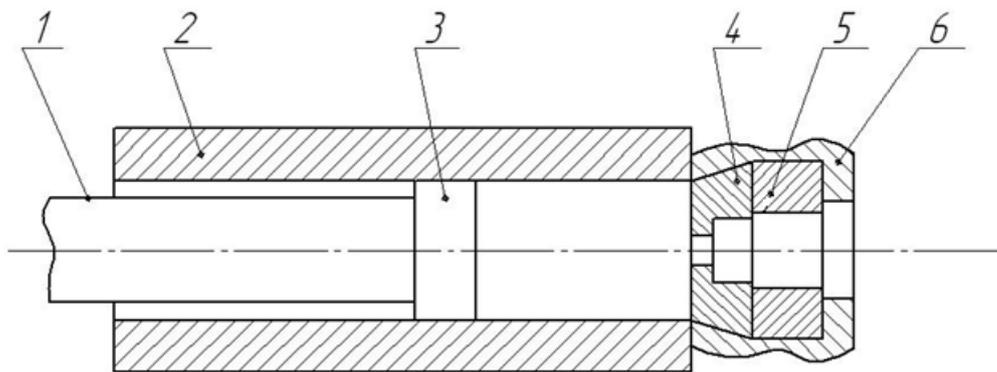


Рис. 2.5. Схема сборки прессового инструмента для прессования профилей сплошного сечения прямым методом: 1–пресс-штемпель; 2–внутренняя втулка контейнера; 3–пресс-шайба; 4–матрица; 5–подкладка; 6–матрицедержатель.

Инструментальная наладка для прессования труб и полых профилей отличается только конструкцией подвижного узла. Пресс-штемпель имеет отверстие для прохода иглодержателя и иглы, создающей внутреннее отверстие в трубе или профиле. Пресс-шайба в этом случае также имеет отверстие для иглы.

При прессовании труб и полых профилей из легких сплавов с применением язычковых матриц пресс-штемпель используется сплошной.

Прессовый инструмент в процессе эксплуатации изнашивается под воздействием силовых, температурных и абразивных нагрузок. Как указывалось выше, прессование отличается высоким уровнем напряженности, создаваемой в контейнере посредством передачи давления от пресса на обрабатываемый металл через пресс-шайбу и пресс-штемпель. Обычная напряженность при прессовании легких сплавов 600–800 МПа, а иногда 1000 МПа и более. К силовому нагружению обычно прибавляются термические напряжения, которые возникают в результате перепада температур между объемами металла инструмента, контактирующими с горячим прессуемым металлом и металлом, находящимся в наружных слоях. Кроме того, поверхности контейнера, матрицы и оправки подвергаются интенсивному абразивному истиранию в результате перемещения по ним под сильным давлением прессуемого металла. Абразивный износ сопровождается адгезионными сцеплениями обрабатываемого металла с инструментом. Таким образом, основная часть инструмента находится под комплексным воздействием различных разрушающих факторов и нередко прессование того или иного пресс-изделия происходит в условиях, близких к условиям предельных возможностей инструмента, т.е. инструмент иногда является ограничивающим фактором при прессовании.

2.4.2. Матрицы

Матрица – основная часть прессового инструмента – представляющая собой металлический диск с прорезанным в нем каналом по форме профиля, который устанавливается в передней части контейнера и замыкает его полость с заготовкой. Диаметр матрицы зависит от размеров контейнера и заготовки, толщину рассчитывают, исходя из конструктивных и технологических соображений. Основные элементы матрицы – зеркало или заходная часть, рабочий канал, поясок, выходная часть.

Разновидности матриц. По форме заходной части матрицы разделяют на плоские (применяют наиболее часто) и конические, имеющие заходную часть в виде конуса. В плоской матрице торец, контактирующий с передним торцом заготовки, называют зеркалом. Существуют и другие формы заходной части матриц, являющиеся в основном переходными между плоскими и коническими, но их применяют значительно реже. Подавляющую часть алюминиевых профилей прессуют через плоские матрицы. В ходе прессования на плоских матрицах образуется большая мертвая зона, которая препятствует проникновению различных дефектов в пресс-изделие. При прессовании через конические матрицы объем мертвой зоны значительно уменьшается и она не задерживает продвижение через матрицу в пресс-изделие различных загрязнений с поверхности заготовки. Если прессование идет со смазкой, то коническая матрица обеспечивает лучшую сохранность смазочного слоя на всем пути продвижения прессуемого металла – от контейнера до выхода из канала матрицы. Поэтому прессование со смазкой ведут обычно на матрицах, у которых образующая заходной конической воронки, строго говоря, повторяет форму границы, отделяющей мертвую зону от пластически деформируемого металла заготовки. При этом образование мертвой зоны полностью исключено и частицы металла, которые входят в небольшие заторможенные объемы при прессовании через обычную коническую матрицу и могут быть вовлечены потоком движущегося металла в слои пресс-изделий, образуя тем самым поверхностные дефекты, при прессовании с описанной формой заходной воронки практически отсутствуют. Однако такую матрицу изготовить значительно труднее, чем коническую или тем более плоскую.

По числу каналов матрицы разделяют на одно- и многоканальные. Одноканальные матрицы чаще всего применяют для прессования профилей сложной конфигурации и крупных сечений, многоканальные – для прессования профилей более простых сечений и на прессах меньших усилий. Использование многоканального прессования часто позволяет интенсифицировать процесс прессования на имеющемся оборудовании и улучшить его экономичность.

Матрицы для прессования алюминиевых и магниевых сплавов чаще изготавливают монолитными в отличие от разъемных или составных, состоящих из нескольких частей, применяемых для прессования титана.

Разъемные матрицы позволяют облегчить удаление отпрессованного профиля с пресс-остатком и разделить профиль и пресс-остаток вне пресса, не задалживая его время. Кроме того, разъем матрицы позволяет наносить на рабочие пояски защитное покрытие в виде диоксида циркония, необходимое для повышения стойкости матриц при прессовании титана, под углом 90° к обрабатываемой поверхности. Это очень важно для получения хорошего сцепления покрытия и основы, а также получения качественной матрицы. Если матрица разъемная, то это условие выполняется независимо от толщины профиля и ширины канала матрицы.

Проектирование матриц осуществляется с учетом следующих вопросов:

- определение продольного профиля матрицы и выбор ее формы, в основном из двух вариантов – плоской или конической. При проектировании комбинированных матриц выбирают форму рассекателя, количество сварных швов в пресс-изделии и определяют тип матрицы;

- расчет поперечных размеров канала матрицы с учетом температурных изменений, упругого смыкания кромок матрицы под нагрузкой, уменьшения толщины полок профиля вследствие внеконтактной и других упругих деформаций и влияния различных технологических операций на размеры поперечного сечения профиля. Это расчет должен обеспечить наибольшую точность поперечных сечений размеров профиля;

- определение других характеристик канала, которые влияют на условия истечения прессуемого металла: размещения каналов относительно осей матрицы, ширины рабочих поясков, угла их наклона к продольной оси матрицы, введения форкамер, взаимного расположения отдельных каналов при проектировании многоканальных матриц. При проектировании комбинированных матриц определяют также форму и объемы сварочных зон, некоторые другие конструктивные элементы матриц: очертания поперечного сечения рассекателя;

- расчет на сопротивление механическим нагрузкам с учетом наибольшего давления на пресс-шайбу и матрицу.

Комбинированные матрицы. Рассмотренный выше материал относится к матрицам, через которые прессуют изделия сплошного сечения; матрицы такой же конфигурации применяют и для прессования труб и полых профилей, получаемых трубным методом, т.е. из полой заготовки при введении оправки через ее полость в матрицу. Однако есть большая группа профилей, в основном из алюминиевых и магниевых сплавов, которые прессуют из сплошной заготовки и получают при этом полые профили с замкнутыми или не полностью замкнутыми полостями. Для такого прессования применяют матрицы особой конструкции, которые совмещают и непосредственно матрицу, и оправку, а поэтому называются

комбинированными или язычковыми, или матрицами с вмонтированной оправкой. В такой матрице прессуемый слиток вначале разделяется частью матрицы на два или несколько потоков, а затем по мере продвижения металла к выходу из матрицы эти потоки входят в полость, называемую сварочной камерой матрицы, в которой под воздействием высоких температур и давления свариваются вокруг оправки в монолитное изделие.

Язычковые матрицы имеют различную конструкцию и классифицируются, например, по высоте рассекателя – с выступающим рассекателем, полуутопленным и утопленным (камерная матрица); по форме рассекателя – в виде мостика, крестовины. Каждая из матриц имеет технологические и конструктивные особенности: например, матрицы с выступающим рассекателем позволяют создать сварочные камеры, в которых сварка производится в лучших условиях, однако они имеют недостатки – малые прочность и жесткость рассекателя, относительно большой объем металла, удаляемый в пресс-остаток, трудности отделения пресс-остатка и низкий коэффициент использования инструментальных сталей при изготовлении матрицы. Крестообразная форма рассекателя представляет собой более прочную конструкцию; камерная матрица более проста в изготовлении, она позволяет упростить отделение пресс-остатка и сократить его величину, но освободить сварочную полость от остатков металла предыдущей прессовки на ней не представляется возможным. Кроме того, камерная матрица требует более высоких давлений прессования.

2.4.3. Контейнеры

Контейнер работает в условиях многоцикловых, силовых и температурных нагрузок, а при прямом прессовании – и под действием трения прессуемого металла, что приводит к интенсивному износу.

Наибольшее давление, которое действует в направлении радиуса внутренней втулки (радиальное давление), примерно равно давлению на пресс-шайбе и достигает 1000 МПа, а иногда и выше. Температура, при которой находятся внутренние слои контейнера при прессовании алюминиевых и магниевых сплавов, равна 400–450 °С, а при прессовании титановых сплавов – 700–900 °С. Контейнер в процессе работы испытывает действие комплекса различных напряжений, которые, складываясь с радиальными, образуют так называемые эквивалентные напряжения, которые могут быть больше радиальных примерно в 2,5 раза.

Для того чтобы контейнеры могли выдерживать такие большие давления, их изготавливают многослойными, чаще всего из двух - трех слоев. Такая конструкция, которую собирают с натягом, равным 0,2–0,7 % от радиуса втулки, является предварительно напряженной, в которой от натягов возникают напряжения сжатия. В процессе нагружения контейнера в нем возникают растягивающие напряжения; складываясь с предварительными

напряжениями сжатия, они в значительно степени гасятся, и втулка контейнера может выдержать большие нагрузки. Например, если изготовить монолитный контейнер с полостью диаметром 200 мм, при давлении на пресс-шайбе 200 МПа на внутренней поверхности втулки возникает эквивалентное напряжение, равное 520 МПа; в однослойной втулке увеличение толщины ее стенки не сказывается на напряжениях, возникающих на внутренней поверхности полости. Если же тот же контейнер изготовить из двух втулок с натягом, т.е. создать в них предварительное напряжение сжатия, то напряжение на внутренней поверхности втулки снизится до 420 МПа.

Практически предварительное напряжение сжатия в контейнере создается путем посадки холодной внутренней втулки в горячую наружную втулку; последняя, охлаждаясь, сжимает внутреннюю втулку, в которой и возникают напряжения сжатия. Затем на остывший комплект из двух втулок можно посадить ещё одну наружную втулку, предварительно ее разогрев. Третья втулка, остывая, создаст сжимающие напряжения и в первой – внутренней, и во второй – промежуточной втулках. Натяги, температуры нагрева втулок, их размеры и величины напряжений, а также все другие характеристики для получения предварительно напряженного контейнера можно рассчитать. Для облегчения посадки втулок, а также из разборки, необходимость в которой может возникнуть после эксплуатации, сопрягаемые поверхности втулок выполняют с небольшой конусностью – 0,5–1,0 град.

В последнее время хорошо зарекомендовал себя другой способ создания предварительного сжатия в контейнере – обмотка наружной поверхности его проволокой с определенным натяжением.

Полость в рабочих внутренних втулках контейнеров большей частью цилиндрическая, одного диаметра по всей длине; при прессовании панелей из плоской заготовки полость во внутренней втулке – плоскоовальная. Наружная форма плоскоовальных контейнеров – такая же, как и круглых.

В конструкции контейнера предусмотрено устройство для предварительного нагрева на специальном стенде перед установкой на пресс, а также подогрев в процессе работы на прессе.

Для нагрева контейнера до нужной температуры использую индукционный метод нагрева токами промышленной частоты (50 Гц) или нагреватели в виде спиралей сопротивления. При большом наружном диаметре контейнера тепло от спиралей, располагаемых на его внешней поверхности, рассеивается и необходимого нагрева втулки не происходит. Индукторы же располагают в корпусе ближе к втулке. Таким образом, контейнер при индукционном нагреве имеет наиболее высокую температуру в районе втулки и самую низкую – на наружной поверхности.

При многослойных корпусах контейнеров этот перепад температуры необходимо учитывать при подсчете натягов и последовательности сборки

колец корпуса. К недостаткам индукционного нагрева относится ослабление прочности корпуса из-за отверстий под стержни индукторов, что также учитывают при определении натягов во время сборки корпуса.

Нагревательная обмотка контейнера представляет собой сварную конструкцию из медных стержней, вмонтированных в отверстия корпуса контейнера. Зазор между стержнем и стенкой этого отверстия должен быть минимальным и достаточным для размещения изоляции стержня. Но из-за трудности сверления небольшого отверстия при большой длине контейнера зазор увеличивают, что приводит к увеличению диаметра стержня и расхода меди. Подвод электропитания целесообразно предусматривать с обоих торцов контейнеров, что обеспечивает длительную их эксплуатацию и дает возможность устанавливать контейнер в пресс с разворотом на 180° при неравномерном износе втулки.

Под воздействием многократных нагрузжений во внутренней втулке контейнера возникают микротрещины, которые разрастаются до значительных размеров; в месте контакта втулки и матрицы образуются смятия поверхности и местные разрушения втулки, которые приводят к затечке металла. Кроме того, на расстоянии примерно $1/3$ длины заготовки от матрицы внутри втулки после длительной эксплуатации образуется выработка. Такая выработка оказывает вредное воздействие на результаты прессования: в ней собирается воздух, который может запрессоваться в поверхностные слои металла, в результате чего в профиле образуются дефекты – пузыри и плены.

Реставрация контейнеров сводится к расточке внутренних втулок на больший размер или проточке выработанных мест, последующей обработке наплавкой и окончательной расточке. Материалом наплавки служит порошковая проволока диаметром не менее 2 мм.

Основное условие правильной эксплуатации контейнеров – квалифицированно проведенный предварительный нагрев перед установкой на прессе, систематический осмотр и своевременное проведение ремонтных работ. Важное условие сохранности контейнеров – как можно более редкая замена рабочих втулок при переходе прессования с одного типоразмера профиля на другой. Существующий способ удаления втулки из горячего контейнера путем охлаждения полости холодной водой с последующим выдавливанием на прессе приводит к преждевременному выходу втулки из строя. Кроме того, эта операция вследствие гидравлических ударов нежелательна и для гидравлической системы прессов. Если все же выпрессовки втулки не избежать, то для снятия внутренних напряжений ее следует подвергнуть 4–5 часовому отпуску при $400\text{--}450^\circ\text{C}$.

В последние годы имеется тенденция к увеличению длины контейнеров и соответственно хода прессов.

2.4.4. Прессштемпели и прессшайбы

Пресс-штемпели служат для передачи давления от плунжера к прессшайбе, а затем к прессуемому металлу и испытывают полное усилие, которое развивает пресс. Для предохранения торца прессштемпеля от контакта с нагретой заготовкой используют сменные прессшайбы, которые не скреплены с прессштемпелем, а после каждого цикла прессования удаляются из контейнера вместе с прессостатком для разделения и использования в следующем цикле. Известен вариант прессования, когда прессшайба закреплена на прессштемпеле и после окончания цикла возвращается в исходное положение через полость контейнера. Различают прессштемпели сплошные и полые в поперечном сечении: первые – для прессования сплошных профилей, а также труб на профильных прессах, когда прессование осуществляется на подвижной оправке, ввернутой в прессштемпель и перемещающейся вместе с ним; вторые – для прессования труб на трубных прессах с неподвижной оправкой, а также при обратном прессовании, при этом прессштемпель является одновременно и матрицедержателем. Конструктивно прессштемпели выполняют цилиндрическими по всей длине стержня (в большинстве случаев) или ступенчатыми (бутылочными), если они нагружаются особо высокими давлениями; при этом резко возрастает сопротивление продольному изгибу.

При прессовании из плоского контейнера соответственно применяют плоские прессштемпели и прессшайбы. Прессштемпели изготавливают монолитными – из одной поковки, или составными – из основания и рабочей части, соединяемых горячей посадкой. В процессе работы прессштемпели испытывают и рассчитывают на сжатие и сложное напряжение от внецентренной нагрузки, которая может быть приложена на каком-то расстоянии от продольной оси прессования. Они выходят из строя в основном вследствие сколов или смятия передней торцевой и опорной частей. Скол прессштемпеля или его разрушение во время работы, когда он находится в напряженном состоянии, представляет большую опасность для обслуживающего персонала: разлетающиеся осколки прессштемпеля обладают большими кинематической энергией и поражающей способностью. Расчет прессштемпелей производят по специально разработанным формулам, исходя из номинального усилия пресса, независимо от усилия, требуемого для прессования данного изделия; расчет ведут на сжатие, продольный изгиб и смятие.

Торец вновь изготовленного прессштемпеля иногда для повышения срока службы обрабатывают методом наплавки. В процессе эксплуатации следует систематически осматривать, а при необходимости – протачивать торцы прессштемпелей для устранения образовавшихся дефектов. Перед установкой на прессе прессштемпель следует нагреть до 200–300 °С. При работе прессштемпелей, воспринимающих особо высокие нагрузки,

необходимо применять защитное телескопическое ограждение. Необходимым условием безопасной работы пресс-штемпеля является также хорошая соосность пресса.

Реставрацию пресс-штемпелей, как указывалось выше, проводят путем осадки по длине на токарных станках и удаления, таким образом, дефектов, образовавшихся на торце. Пресс-штемпели могут быть также восстановлены или улучшены методом наплавки. Стоимость реставрации пресс-штемпелей в 5–10 раз ниже стоимости изготовления новых.

Пресс-шайбы также воспринимают полное давление пресса при температуре нагретой заготовки. Пресс-шайбы рассчитывают на напряжения сжатия и смятия. В процессе эксплуатации они выходят из строя вследствие растрескивания, а также разупрочнения и деформации кромок. Зазор между втулкой контейнера и пресс-шайбой, в зависимости от условий прессования, составляет 0,1–0,7 мм. Чтобы пресс-шайба при продвижении по контейнеру не задираала внутреннюю поверхность втулки, ее твердость после термической обработки должна быть несколько ниже твердости втулки. Вышедшие из строя пресс-шайбы реставрируют переточкой на меньший размер или наплавкой.

2.4.5. Иглы и оправки

Инструмент для прессовой прошивки называют иглой, а для формирования внутренней полости в трубах и полых профилях – оправкой. Иногда один и тот же инструмент выполняет обе эти функции. При прессовании из полый заготовки оправку крепят в пресс-штемпеле (прессование с подвижной иглой на прутково – профильном прессе) или в иглодержателе (прессование на трубопрофильном прессе с прошивной системой). При прессовании из сплошной заготовки игла – оправка является составной частью комбинированной язычковой матрицы.

И иглы, и оправки испытывают высокие силовые и температурные нагрузки: игла, при прошивке – напряжения растяжения, которые возникают от сил трения между оправкой и прессуемым металлом, движущимся по ней, а также радиальные сжимающие напряжения. Часто эти напряжения сочетаются с напряжениями от изгиба вследствие эксцентричного приложения нагрузки: при прессовании алюминиевых сплавов образующиеся налипсы прессуемого металла на оправке увеличивают силы трения, которые ее растягивают. И игла, и оправка обычно имеют относительно небольшой диаметр и потому быстро нагреваются до температуры прессуемого металла. Они выходят из строя вследствие поломок по поперечному сечению в рабочей части или в резьбе по месту крепления; из-за вытягивания, иногда с образованием шейки; вследствие образования глубоких рисок, надиров, трещин, сколов и разгара поверхности.

Стабильность прессования полых изделий иногда определяются именно стойкостью оправок. Наибольшая длина прошиваемого иглой отверстия не превышает 5–6 его диаметров. Оправки выполняют, как правило, круглыми; прессование полых изделий с фасонной оправкой требует специальных мер, направленных на исключение возможности разворота ее относительно наружного контура пресс-изделия в процессе истечения металла. Круглые оправки изготавливают цилиндрическими или бутылочными: например, на неподвижных разъемных оправках сменная рабочая часть, предназначенная для получения данной трубы, находящаяся во время прессования в матрице, имеет один диаметр, а вся остальная часть оправки имеет больший диаметр и используется для получения ряда типоразмеров труб. Подвижные оправки имеют один и тот же диаметр по всей длине рабочей части.

Конструкция ступенчатой иглы позволяет резко сократить длину рабочей части, имеющей наименьший диаметр, и тем самым значительно облегчить условия работы и повысить прочность и стойкость.

Хорошая соосность пресса, отсутствие концентраторов напряжений, особенно в месте перехода к резьбовой части, тщательное соблюдение технологии при изготовлении – необходимые условия получения игл и оправок высокой стойкости.

До последнего времени в инструментальной наладке пресса немаловажное значение придавали правильно спроектированным и изготовленным направляющим проводкам, которые позволяли существенно уменьшить изгиб и скручивание профилей, выходящих из канала матрицы. Для того чтобы влияние направляющей было эффективным, необходимо, чтобы ее канал соответствовал форме профиля, а размеры канала были примерно равны размерам канала в подкладном диске из матричного комплекта. Во избежание надиров внутреннюю поверхность направляющих следует футеровать графитом. Длина направляющих изменяется от 1000 до 2000 мм, для удобства эксплуатации их выполняют разъемными. На новых прессах вместо направляющих устанавливают тянущие устройства, которые вытягивают профиль во время прессования, не давая ему изгибаться или скручиваться, производя по существу предварительную правку растяжением. При использовании тянущего устройства необходимость в направляющих отпадает.

2.4.6. Материалы для прессового инструмента

Специфические условия работы прессового инструмента обуславливают высокие требования, предъявляемые к материалам для его изготовления: жаропрочность – способность сохранять высокие прочностные и пластические характеристики в области рабочих температур; жаростойкость – сопротивление к окислению при длительных нагревах; разгаростойкость – способность выдерживать многократные смены

интенсивного нагрева и охлаждения; износостойкость – стойкость против истирания; высокая теплопроводность, необходимая для быстрого отвода тепла во избежание сильного разогрева и уменьшения неравномерности температурных полей инструмента малый коэффициент теплового расширения для сохранения постоянных размеров при нагреве и охлаждении; хорошая прокаливаемость.

Комплексом свойств, которым должен обладать прессовый инструмент, определяется типом материалов, применяемых для его изготовления. Это в основном жаропрочные стали аустенитного и мартенситного классов, комплексно легированных хромом, вольфрамом, никелем, молибденом; специальные жаропрочные сплавы на основе никеля и кобальта, содержащие вольфрам, хром, титан, молибден, алюминий, железо, а также твердые сплавы.

Например, пресс-штемпели изготавливают из сталей 5ХНМ, 30ХГСА, 4Х5В2ФС; Матрицедержатели – 5ХНВ, 38ХНЗНФА и др.; иглы – 3Х2В8Ф, ЖС6К и др.; матрицы – 30Х2МФН, 4Х4НМВФ и др.; матричные вставки – ВК8, ВК15 и др.

В последнее время начали широко использовать легированные мартенситные стали 4Х4ВМФС, 4Х4МВФ, 4Х5М2ФС, 5Х3ВМФС, 2Х8В8М2К8. Применение таких сталей позволяет в 2–3 раза повысить стойкость инструмента по сравнению со стойкостью инструмента по сравнению со стойкостью инструмента из стали типа 3Х2В8Ф.

Хорошие результаты также показывают аустенитные стали – это жаропрочные хромовые стали, легированные титаном, алюминием, тугоплавкими металлами. (Mo, W) и малыми добавками бора, ванадия и циркония.

2.5. Гидравлические приводы прессовых установок

Для совершения рабочих циклов прессования на гидравлических прессах требуются большие объемы рабочей жидкости. Этим определяется необходимость установки мощных насосов, которые смогли бы в короткое время подать нужное количество рабочей жидкости в цилиндры пресса. В настоящее время получили распространение два типа привода гидравлических прессов:

1. Насосный (индивидуальный);
2. Насосно – аккумуляторный (НАС или групповой).

Индивидуальный насосный привод (рис. 2.6) применяют на прессах малой и средней мощности, работающих с небольшими скоростями.

Рабочая жидкость из бака 1 насосом высокого давления 2 подается в трубопровод 3 и через распределительное устройство 4 к гидропрессу. Отработавшая жидкость высокого давления по трубопроводу низкого

давления 6 возвращается в бак. Работа вспомогательных гидроцилиндров пресса производится от гидропривода низкого давления 5.

Такие приводы оснащают насосами высокого давления (20–40 МПа), обеспечивающим все основные движения пресса на рабочих ходах, и насосами низкого давления (до 6,5 МПа) для вспомогательных операций. Насосы располагают в непосредственной близости к прессу или над прессом на специальной площадке, экономя рабочую площадь цеха. Компактность и простота регулирования являются несомненными достоинствами насосного привода. Скорость прессования (скорость движения главного плунжера пресса) при таком приводе определяется количеством жидкости, подаваемой

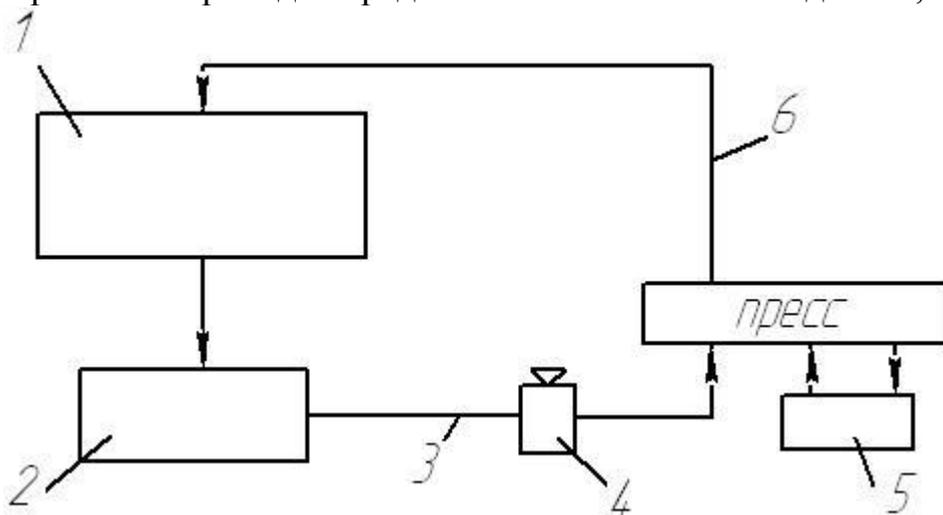


Рис. 2.6. Схема индивидуального гидропривода: 1–бак с рабочей жидкостью; 2–насос высокого давления; 3–трубопровод высокого давления; 4–распределительное устройство; 5–гидропривод низкого давления; 6–трубопровод низкого давления.

насосом в единицу времени, и не зависит от изменения усилия в процессе прессования, а расход энергии определяется сопротивлением прессуемого металла, т.е. изменяется в процессе прессования. В качестве рабочей жидкости при индивидуальном приводе используется минеральное масло. Недостатком насосного привода следует считать то, что мощность насосов должна соответствовать пиковым нагрузкам пресса, поэтому она выше, чем у насосно – аккумуляторного привода. Кроме того, насосный привод может быть применен только для прессов, работающих с малой скоростью, так как при прессовании с большими скоростями работа непосредственно от насосов потребовала бы очень большой и дорогостоящей насосной установки.

Насосно – аккумуляторный привод (рис. 2.7) применяют, как правило, при высоких скоростях прессования (до 200 мм/сек) или для группы прессов. В качестве границы между обоими типами приводов принимают рабочую скорость движения пресс-штемпеля порядка 50 мм/с.

Из бака 1 жидкость поступает в насос 2, который подает ее по магистрали высокого давления 3 через распределительное устройства 7 к гидравлическому прессу. Когда расход жидкости пресса меньше

производительности насосов, то избыток жидкости высокого давления поступает в бутылки аккумулятора 6, в которых она находится под давлением воздуха из бутылей 5, заряжаемых компрессором 4. Если пресс расходует жидкости больше, чем поступает от насосов, то аккумулятор отдает жидкость в магистраль. Отработанная жидкость поступает в аккумулятор низкого давления 8, излишек ее сливается в магистраль низкого давления 9 и возвращается в бак 1. Низкое давление жидкости используется для холостого хода основных узлов пресса. Оно обычно находится в пределах от 0,4 до 0,8 МПа. В зависимости от количества и мощности прессов НАС изготавливают

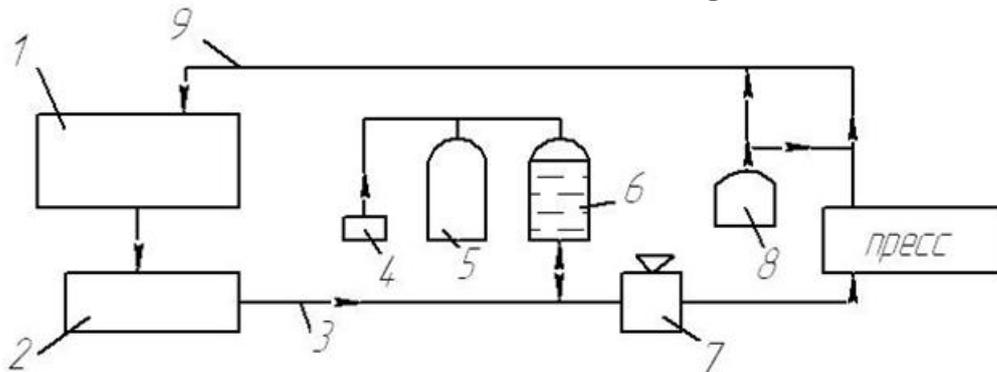


Рис. 2.7. Схема насосно – аккумуляторного привода пресса.

с различными объемами жидкостных и воздушных бутылей и необходимым числом насосов.

При насосно – аккумуляторном приводе питание пресса жидкостью высокого давления осуществляется от аккумуляторов, в которых поддерживается определенный уровень давления. Мощность насосов в данном случае ниже, чем при безаккумуляторном приводе, так как мощность насосов, недостаточная при максимальном расходе жидкости, восполняется мощностью аккумулятора, запасующего жидкость высокого давления во время пауз в работе пресса и в периоды пониженного расхода жидкости и отдающего ее в моменты, когда потребление жидкости прессами превосходит подачу ее насосами. Аккумуляторирование жидкости высокого давления создается за счет сжатия воздуха, предварительно закачиваемого в баллоны компрессором, установленным на станции. При наличии в гидравлической системе пресса аккумулятора возможен расход большого количества жидкости в относительно короткое время, и, следовательно, работа пресса может быть выполнена с высокими скоростями рабочих ходов (до 500 мм/с).

При насосно – аккумуляторном приводе количество энергии, потребляемой прессом за рабочий ход, зависит от величины хода и не зависит от характера изменения сопротивления металла, так как пресс потребляет жидкость практически постоянного давления. Поэтому затраты энергии у пресса с аккумуляторным приводом выше, а коэффициент полезного действия ниже, чем у пресса с безаккумуляторным приводом. Скорости

плунжеров цилиндров прессов, работающих от насосно – аккумуляторной станции, можно регулировать изменением сопротивления в гидросистеме между аккумулятором и прессом при помощи специального дроссельного клапана. Поэтому пресс использует только часть энергии, остальная же теряется при прохождении через дроссельное устройство. Это основной недостаток аккумуляторного гидравлического привода. В качестве рабочей жидкости при групповом приводе используются водно – масляные эмульсии с концентрацией эмульсии 2–3 %.

3. Волоочильное оборудование

3.1. Классификация волоочильных станов

Волоочильными станами называют машины, служащие для обработки металлов волочением, т.е. протягиванием металлических заготовок через отверстия, размеры которых меньше размеров сечения заготовок исходного материала, рис. 3.1.

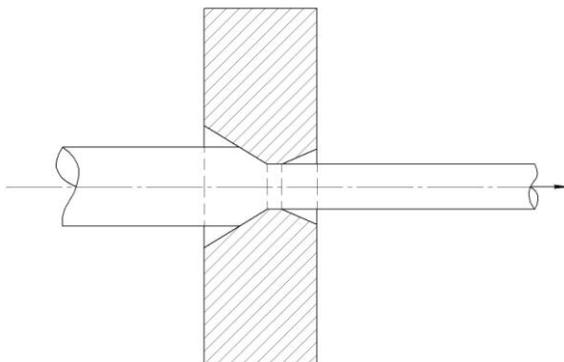


Рис. 3.1. Схема процесса волочения.

Этот способ ОМД обеспечивает высокую точность и чистоту изделия. Кроме того, при волочении значительно повышаются прочностные характеристики материала.

Продукция волоочильного производства находит широкое применение в народном хозяйстве. Достаточно сказать, что волочением получают как наитончайшую проволоку диаметром 5 мкм, так и трубы диаметром до 400 мм.

Для протягивания заготовок используют различные по конструкции устройства, которые могут быть отнесены к двум группам:

1. Волоочильные станы с прямолинейным движением протягиваемого металла (цепные, с гусеничной тягой, реечные, гидравлические).
2. Станы с наматыванием обрабатываемого металла на барабан.

Станы с прямолинейным движением обрабатываемого металла применяются для волочения прутков, труб и т.д., не подвергаемых сматыванию в бухты.

Станы с наматыванием металла на барабаны применяются главным образом для волочения проволоки некоторых специальных профилей и труб небольшого диаметра.

В зависимости от числа барабанов и характера их работы станы с наматыванием металла подразделяются:

1. Однократные.
2. Многократные со скольжением.
3. Многократные без скольжения.
4. Многократные с противонатяжением и др.

Однократными волочильными станами называются станы, в которых волочение осуществляется в один проход, и многократными – станы, в которых волочение выполняется в несколько проходов, через ряд последовательно установленных валок и барабанов.

3.2. Волочильные станы с прямолинейным движением материала

Работа волочильного стана с прямолинейным движением материала основана на том, что заготовку (пруток или трубу), имеющую ограниченную длину (8–12 м), подают на стан и протягивают с уменьшением площади поперечного сечения через коническую волоку посредством тянущей тележки, затем тележку возвращают к стойке волок, а на стан подают следующую заготовку, и процесс повторяют. Привод тянущей тележки может быть различным: посредством жесткого тянущего элемента – штока гидроцилиндра или зубчатой рейки, а также гибкого тянущего элемента: тяговой цепи, каната или тонкой ленты, приводимых в движение звездочкой или тянущим барабаном. В настоящее время наибольшее распространение получили цепные волочильные станы.

Современные цепные труболоочильные станы периодического действия состоят из следующих основных частей: рабочего стола, главного привода, тянущей тележки, приемно – разборочного устройства, механизма передачи труб, приемного кармана. Некоторые станы оснащают механизмами подготовки головок труб к волочению или проталкивателями. Скорость волочения может достигать 2 м/с, а скорость возврата тянущей тележки к стойке волок 2,5 м/с, усилие волочения от 0,05 до 1 МН, диаметр протягиваемых труб до 150 мм, длина 10–30 м. Для повышения производительности применяют одновременное волочение нескольких заготовок.

Рабочий стол волочильного стана воспринимает силу, возникающую при волочении, и служит для соединения всех узлов стана. Он состоит из нескольких секций, количество которых определяется полезной длиной волочения.

В волочильном стане заготовку протягивают через волочильный инструмент (волоку), установленный в стойке, посредством подвижной тянущей тележки, перемещающейся в прямолинейных направлениях. Главный привод стана предназначен для перемещения тянущей тележки и у цепного волочильного стана состоит из электродвигателя, редуктора и ведущих звездочек, размещенных на приводном валу, который смонтирован на подшипниках качения в специальном корпусе и соединен с валом редуктора. В приводе станом обычно используют электродвигатели постоянного тока, которые питаются от машинных агрегатов или статических преобразователей тока; это позволяет регулировать скорость волочения в широких пределах и производить плавный запуск привода. Возврат тянущей

тележки осуществляется чаще всего тем же двигателем. Ряд заводов – изготовителей предусматривают в конструкциях станов увеличение скорости возврата путем автоматического переключения передач главного редуктора с помощью гидромuft. Иногда устанавливают специальную муфту, позволяющую производить реверс привода без реверса главного двигателя.

На станах современного типа тянущая тележка, как правило, жестко скреплена с тяговыми цепями через коромысло, предназначенное для компенсации возможной неравномерности передачи усилия на цепи. При подходе тележки к доске волок на станах с пневматическим зажимом изделия через питатели к пневмоцилиндрам плашковых механизмов захвата переднего конца протягиваемых изделий подается сжатый воздух. В результате плашки зажимают концы заготовок, после чего начинается волочение. Сжатый воздух подается также в специальные емкости – ресиверы, установленные на тележке. Во время волочения плашки механизма захвата удерживаются в сжатом положении за счет усилия волочения. По окончании процесса волочения плашки раскрываются, и протянутые изделия скатываются в приемный карман. Ресиверы позволяют осуществить захват трубы без дополнительной подпитки воздухом в случае обрыва заготовок.

Большинство конструкций волочильных станов содержит приемо – разборочное устройство, которое предназначено для поштучной разборки поданного на стан пакета заготовок и их распределения по ниткам волочения и выполнено в виде бункеров переменной емкости совместно с раскатными стеллажами. Заготовки партиями выдаются на стеллаж, где их раскладывают в один ряд. С помощью дозатора, расположенного в конце раскатного стола, и системы рычагов заготовки поштучно распределяются по ниткам волочения. После раскладки по ниткам заготовки подают в механизм передачи труб, который обычно выполняют в виде поворотного барабана для переноса заготовок с позиции загрузки в плоскость волочения и подачи их в волоки с помощью специального привода.

Повышение производительности станов достигается на основе роста скорости волочения и длины протягиваемой трубы. Необходимо также, чтобы время, затрачиваемое на осуществление рабочего хода, перекрывало время вспомогательных операций.

Увеличение скорости волочения и длины рабочего хода тянущей тележки позволяет эффективно повышать производительность волочильных станов периодического действия лишь до определенного предела, после которого незначительный рост производительности не оправдывает затрат, связанных с преодолением технологических трудностей. Существенное сокращение времени вспомогательных операций привело к созданию станов полунепрерывного типа. Основное отличие их от станов периодического действия заключается в том, что на тяговых цепях закреплены две тянущие тележки и время возврата одной тянущей тележки в значительной мере перекрывается временем волочения изделия другой тележкой. Благодаря

этому доля времени вспомогательных операций в цикле волочения существенно снижается. Однако, как и в станах периодического действия, в полунепрерывных станах цикл волочения одного изделия включает время для его захвата, разгона тележки до номинальной скорости и ее торможения перед захватом изделия. Кроме того, влияние скорости волочения на производительность полунепрерывных станов так же ограничено, как и на производительность станов периодического действия.

Значительное увеличение производительности станов возможно при использовании непрерывных поточных линий волочения изделий из бунта, выполняющих операции подготовки изделия к волочению, непосредственно волочения, резки изделия на мерные длины, правки и упаковки.

Одним из основных агрегатов поточной линии калибровки является непрерывный волочильный стан. Большая длина изделия в бунте и непрерывность процесса позволяют увеличить скорость волочения до 1,5–3 м/с.

Все известные непрерывные волочильные станы можно разделить на две группы, отличающиеся способом захвата изделия: станы тракового типа, в которых изделие захватывается подающими элементами двух цепей с нереверсивным приводом, и станы кареточного типа, в которых изделие захватывается клиновыми плашками, установленными в корпусе каретки.

3.3. Барабанные станы однократного волочения

Волочильные однократные станы барабанного типа используются для волочения толстой проволоки, различных профилей и круглых сечений диаметром до 25–40 мм, а также труб. Для волочения труб диаметром 40–50 мм применяют станы с диаметром барабана 1400–1500 мм; при волочении труб диаметром 75–80 мм диаметр барабана достигает 3000 мм. По расположению осей барабанов эти станы изготавливают вертикальными и горизонтальными. Наибольшее применение в настоящее время имеют станы с вертикальным расположением оси барабана, так как на этих станах легче механизировать съем бухт, рис. 3.2.

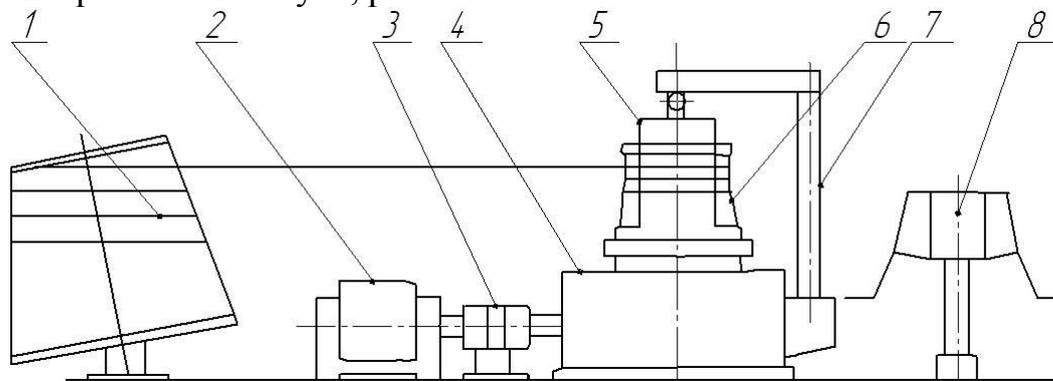


Рис. 3.2. Стан однократного волочения.

Стан включает фигурку 1, собственно клеть 4 с редуктором, коробкой скоростей и приемным барабаном 5 с грейфером 6 для съема бухты проволоки с помощью подъемника 7 и ее последующей установки на стеллаж 8. Привод стана состоит из электродвигателя 2 и тормозного устройства 3, он позволяет ступенчато изменять скорость от 30 до 120 м/мин.

По способу укладки изделия на барабане различают станы со скользящими вдоль барабана клещами и станы с перемещающейся вдоль оси барабана волокой.

Станы однократного волочения в зависимости от сечения и качества протягиваемого металла рассчитывают на усилие 0,05–200 кН при скоростях волочения 0,3–5 м/с.

Диаметр барабана определяется максимальным диаметром протягиваемой проволоки на данном стане.

В станах однократного волочения находят применение электродвигатели как постоянного, так и переменного тока, которые должны обеспечивать:

1. Возможность запуска стана на ползучей скорости и плавный разгон во избежание обрыва проволоки при захвате.
2. Плавный и в тоже время быстрый разгон для обеспечения максимальной производительности.
3. Регулировку скорости волочения в зависимости от протягиваемого материала и его сечения с целью максимального использования производительности стана.
4. Возможность аварийной остановки электродвигателя во избежание несчастных случаев.

3.4. Многократные станы со скольжением.

Многократными волочильными станами называют станы, на которых материал, в целях повышения вытяжки, одновременно протягивается через несколько последовательно расположенных волок.

Кратность волочения устанавливают в зависимости от протягиваемого материала, требуемых конечных размеров и механических свойств протягиваемой проволоки. Кратность волочения применяют от 2 до 25 и более.

Основным и обязательным условием для нормальной работы многократных станов является соблюдение закона постоянства секундных объемов для всех волок.

$$F_1 \cdot V_1 = F_2 \cdot V_2 = \dots = F_n \cdot V_n = \text{const.}$$

где F_1, F_2, \dots, F_n – площадь поперечного сечения металла на выходе из волок;
 V_1, V_2, \dots, V_n – скорость наматывания проволоки на барабан.

Объем металла, проходящий через волоку в единицу времени, должен быть для всех валок данного стана одинаковым, в противном случае протягиваемая проволока будет рваться или сбрасывать петли и путаться.

Стан многократного волочения состоит из последовательно расположенных волок и барабанов. Моток проволоки, подлежащий волочению, надевают на неприводную фигурку. Все барабаны тянущие, они приводятся в движение от одного электродвигателя через редуктор, рис. 3.3.

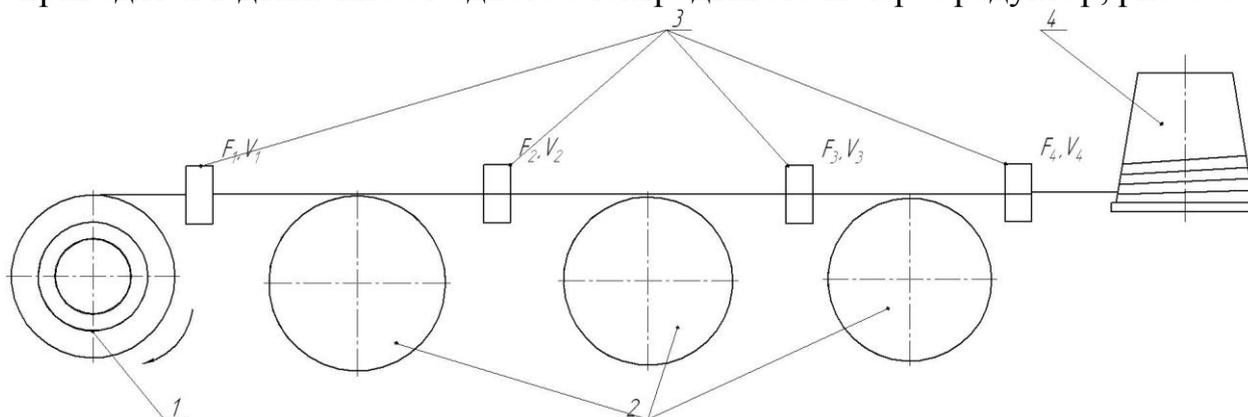


Рис. 3.3. Стан многократного волочения: 1—холостая фигурка; 2—тянущие барабаны; 3—волоки; 4—чистовой барабан.

Практически вследствие неизбежного износа волок и возможной неточности их изготовления не удастся поддерживать окружную скорость тянущей поверхности барабана всегда равной установившейся скорости движения протягиваемого металла между двумя смежными волоками.

Если скорость проволоки окажется хотя бы на незначительную величину больше окружной скорости промежуточного барабана, то последний уже не сможет создать тянущего усилия. Поэтому в многократных станах со скольжением окружную скорость промежуточных барабанов выбирают таким образом, чтобы они были на 2–4 % больше скорости выхода проволоки из волоки. За счет этой разницы в скоростях на всех барабанах, за исключением последнего, проволока будет проскальзывать, поэтому многократные станы такого типа называются станами со скольжением.

Волочильные многократные станы со скольжением изготавливают с горизонтальным и вертикальным расположением барабанов. Их применяют главным образом для волочения медной, алюминиевой и мягкой стальной проволоки, так как при волочении цветных металлов потери при трении при скольжении проволоки на тянущих шайбах значительно меньше, чем при волочении черных металлов. На станах, работающих со скольжением, устанавливают главным образом ступенчатые барабаны, причем каждая следующая ступень больше предыдущей на величину, пропорциональную вытяжке, а так как цветные металлы обладают большой пластичностью, то диаметры первых ступеней барабанов могут быть принятыми минимальными с тем, чтобы последующие ступени укладывались в нормальный диапазон диаметров.

При волочении черных металлов станы со скольжением применяются главным образом при производстве тончайшей проволоки и проволоки специального назначения, при этом допускают незначительное скольжение, иначе рабочая поверхность барабана сильно изнашивается, проволока перегревается и даже обгорает.

Скольжение проволоки по барабанам вызывает их износ. Для его уменьшения волочильные барабаны обычно работают в мыльной эмульсии, одновременно охлаждающей барабаны и волокни. Тем не менее, на преодоление сил трения «теряется» примерно 30–40 % мощности привода волочильных станов.

К достоинствам станов со скольжением проволоки по барабанам относятся их компактность, простота конструкции и высокая надежность работы.

3.5. Многократные станы без скольжения

Многократные волочильные станы, работающие без скольжения проволоки на промежуточных барабанах, составляют наиболее обширную группу современных машин. Их применяют для волочения проволоки – от тончайшей до грубой при колебании кратности от двух до тридцати.

Процесс данного многократного волочения отличается отсутствием скольжения проволоки по барабану.

Задача решается двумя путями.

1. Скорость проволоки постоянно согласуется со скоростью своего барабана, по этому принципу работают станы магазинного типа.
2. Скорость промежуточного барабана постоянно согласуется со скоростью наматываемой проволоки. По этому принципу работают станы с автоматическим регулированием скорости промежуточных барабанов.

Многократный волочильный стан магазинного типа без скольжения (рис. 3.4) состоит из последовательно расположенных барабанов 1, 6, 11 и 14. Между ними находятся волокодержатели с волоками 3, 8, 13. Направление проволоки к волокам осуществляется через поводковые устройства 4, 9, центральные ролики 5, 10 и направляющие ролики 2, 7, 12. Готовый бунт снимают краном 15.

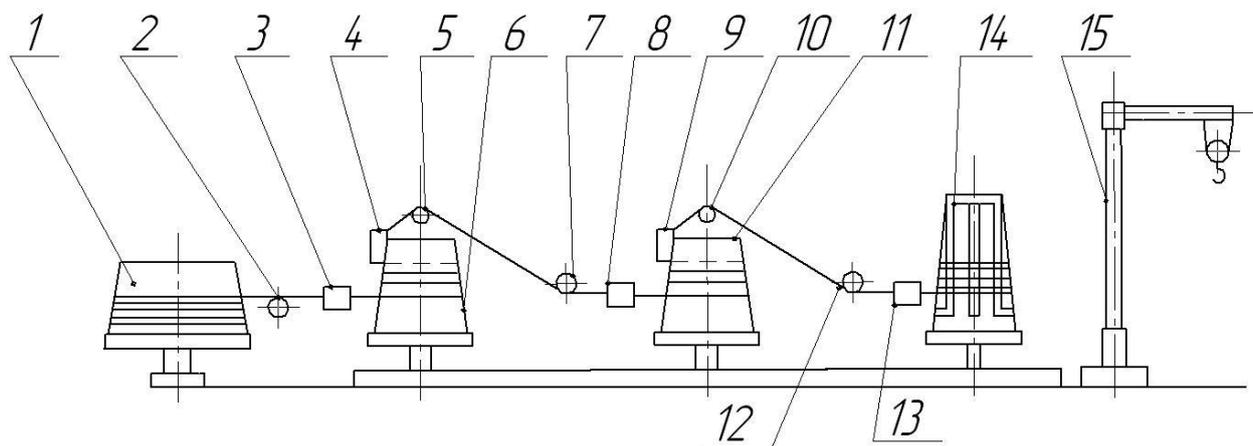


Рис. 3.4. Стан многократного волочения магазинного типа.

Поводковые кольца и центральные ролики установлены на каждом промежуточном барабане и отсутствуют на чистовом. Указанная схема позволяет в результате накопления запаса проволоки на промежуточных барабанах выполнять процесс ее протягивания независимо от скорости наматывания. С другой стороны тот же запас проволоки позволяет практически не связывать скорость ее разматывания со скоростью наматывания. Скорость разматывания будет определяться необходимой скоростью протягивания металла в следующую волоку. Наличие независимого запаса (магазина) проволоки исключает ее скольжение по барабану.

На поверхностях выходного блока чистового барабана предусмотрены пазы для размещения грейфера. Рассматриваемые магазинные станы выполняют с индивидуальным и групповым приводом.

При индивидуальном приводе волочильные барабаны между собой не связаны. Просто технологическим процессом задается определенная последовательность в увеличении скорости, достигаемой установкой редуктора с повышенной выходной скоростью.

Недостатком станов магазинного типа является многочисленное количество гибов – перегибов проволоки при ее движении от начального блока к чистовому. Для избежания большого накопления проволоки на барабанах и свойственному этому явлению скручивания проволоки применяют станы со сдвоенным барабаном.

Стан со сдвоенными барабанами состоит из отдельных блоков, и количество их соответствует кратности волочения. В отличие от обычных станов в этой конструкции на каждом шпинделе имеется два барабана, расположенных один над другим. Нижний барабан плотно насажен на шпиндель и соединен с ним через шпонку. Верхний барабан может свободно вращаться в любом направлении, так как он установлен на шпинделе на подшипниках качения. Между нижним и верхним барабанами на шпиндель одевается фрикционное кольцо с направляющим роликом. Силы трения,

возникающие между шпинделем и кольцами, стремятся вращать фрикционное кольцо с роликом в том же направлении, что и шпиндель.

Ролик направляет проволоку с нижнего барабана на верхний. Намотка проволоки на нижний и верхний барабаны производится в противоположном друг к другу направлении, как это показано на рис. 3.5.

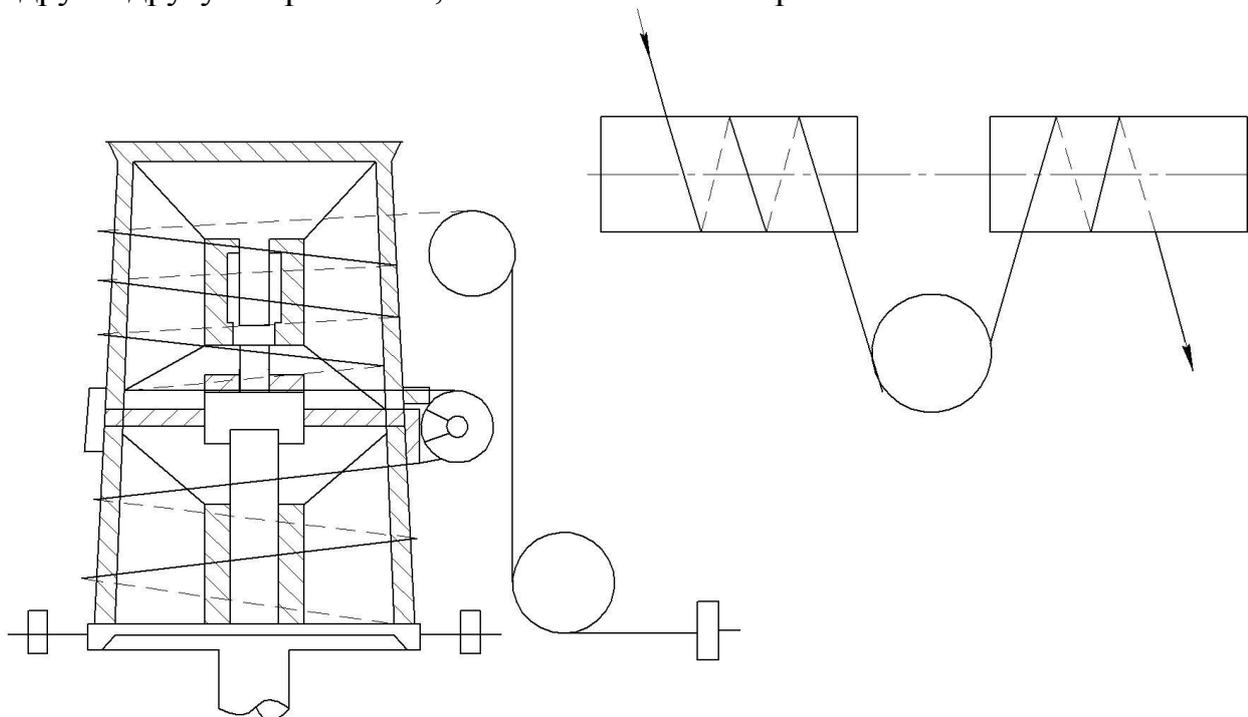


Рис. 3.5. Схема намотки проволоки на двоянные барабаны.

После накопления необходимого запаса проволоки на нижнем и верхнем барабанах проволока с верхнего барабана по двум направляющим роликам поступает к волоке следующего блока, где процесс повторяется в таком же порядке, как и на первом блоке, и т.д. до последнего блока. Схема намотки проволоки в сочетании с вращением барабанов и противоположных друг к другу направлениях, а также различные скорости вращения фрикционного кольца с направляющим роликом могут рассматриваться как дифференциальный механизм. Максимальный и минимальный запасы проволоки на барабанах контролируются конечными выключателями, расположенными на барабанах. При накоплении максимального запаса замыкается выключатель, останавливающий барабан, а при израсходовании запаса до минимума другой конечный выключатель дает команду на пуск барабана.

Когда верхний барабан находится в покое, фрикционное кольцо с направляющим роликом вращается относительно оси шпинделя вдвое медленнее, чем нижний барабан, и запас проволоки одинаково увеличивается на обоих барабанах при равных диаметрах барабанов. В том случае, когда с верхнего барабана проволока снимается в тангенциальном направлении, то

барабан вращается навстречу нижнему барабану и с обоих барабанов разматывается одинаковое количество проволоки.

Если с верхнего барабана проволока снимается медленнее, чем наматывается на нижний барабан, то запас проволоки барабанов увеличивается и направляющий ролик вращается относительно оси шпинделя вдвое медленнее разницы скоростей обоих барабанов. Когда же с верхнего барабана снимается количество проволоки, равное количеству наматываемой проволоки на нижний барабан, то нижний ролик не вращается вокруг оси шпинделя. Если же с верхнего барабана сматывается больше проволоки, чем на нижний наматывается, то запас проволоки уменьшается, и фрикционное кольцо с направляющим роликом вращается в противоположном к нижнему барабану направлении со скоростью, вдвое меньшей разности скоростей верхнего и нижнего барабанов.

Наличие сдвоенного барабана на чистовом блоке стана позволяет производить сьем проволоки или смену катушки при наматывании проволоки на катушки без остановки стана.

Привод барабанов на этих станах осуществляется индивидуальными двигателями. Преимуществами этого стана являются: возможность волочения без скручивания проволоки; отсутствие скручивания позволяет волочить на стане проволоку не только круглых, но и квадратных, шестигранных и других сечений; возможность снимать проволоку с чистового барабана или производить смену шпуль без остановки стана; любой из барабанов стана может быть кратковременно остановлен для устранения неполадки без остановки остальных барабанов; простая по кинематике и электрической схеме конструкция стана, позволяющая применять электродвигатели переменного тока.

Недостатками этой конструкции являются: большое количество изгибов проволоки по направляющим роликам, что значительно затрудняет заправку стана при волочении толстой проволоки; большой нагрев и износ фрикционного кольца на последних барабанах, где скорости достигают наибольших значений, а максимальное скольжение у фрикционного кольца получается, когда верхний и нижний барабаны вращаются с одинаковой скоростью, в разные стороны, а кольцо остается неподвижным. Нагрев и износ фрикционного кольца лимитируют повышение скорости. Нет возможности на этом стане работать с противонатяжением. Имеется другая разновидность конструкций стана, работающего по этому принципу, но барабаны расположены не один над другим, а концентрично, один в другом. Более совершенными являются станы, работающие с противонатяжением.

3.6. Многократные станы, работающие с противонатяжением (петлевые)

Благодаря противонатяжению уменьшается износ волок, повышается равномерность толщины проволоки и становится возможным применение более высокой скорости волочения.

Создание и регулирование противонатяжения осуществляется регулировкой скорости вращения промежуточных барабанов при исключении возможности скольжения проволоки по барабану. Станы этого типа аналогичны другим многократным станам и состоят из нескольких последовательно расположенных барабанов с находящимися между ними волоками. Для привода каждого барабана применяют электродвигатели постоянного тока с регулируемой скоростью. Скорости всех барабанов регулируют таким образом, чтобы проволока подвергалась непрерывному волочению без проскальзывания. При применении двигателей постоянного тока это регулирование достигается электрической схемой путем применения реостата, механически связанного с натяжными роликами, рис. 3.6. Проволока 1, огибая барабан 2, направляется вокруг натяжного ролика 3, а затем вокруг ролика 4 в волоку 5 и на следующий барабан и т.д. При повороте нажимного ролика, связанного с реостатом 6, осуществляется регулировка напряжения в обмотке возбуждения предшествующего электродвигателя 7. Таким образом, если якорь электродвигателя будет вращаться со слишком большой скоростью, отчего петля будет увеличиваться, то скорость якоря будет уменьшаться и наоборот.

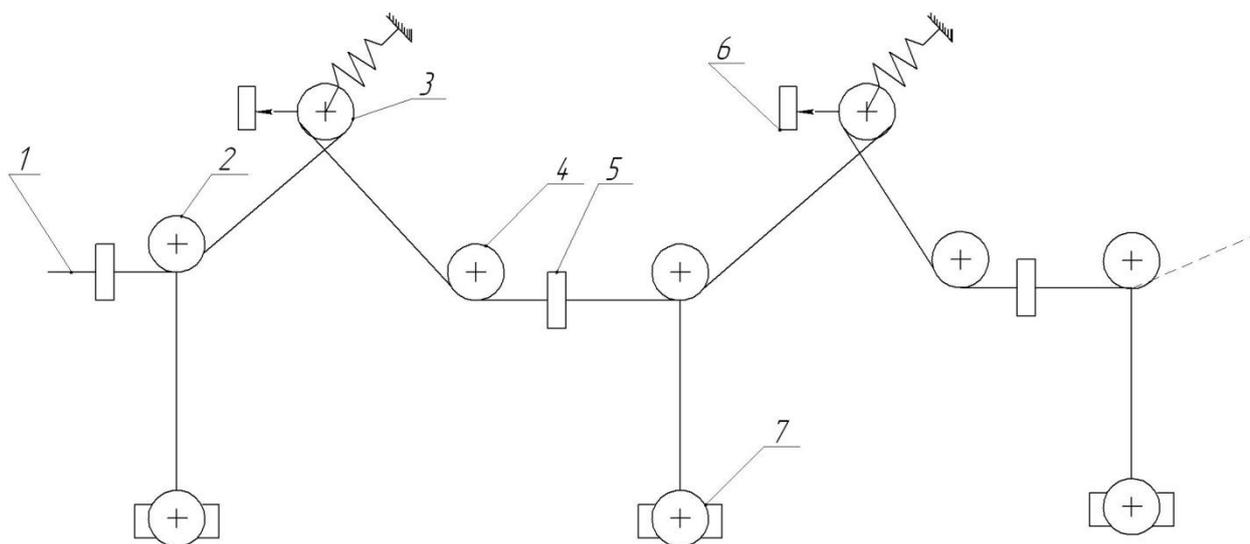


Рис. 3.6. Схема автоматического регулирования скорости волочения стана петлевого типа.

Может также использоваться и механическое регулирование натяжения проволоки.

Станы с противонатяжением обладают следующими преимуществами:

1. Отсутствие скручивания проволоки при переходе с барабана на барабан;

2. Возможность применения противонатяжения путем автоматической регулировки скорости барабанов;
3. Наличие противонатяжения значительно уменьшает износ волок и нагрев проволоки, что позволяет повысить качество проволоки и скорости волочения.

Недостатками данной конструкции являются:

1. Затруднена заправка стана;
 2. Дополнительные изгибы проволоки при прохождении через ролики;
 3. Узкий диапазон регулирования противонатяжения механическим путем;
 4. Применение постоянного тока удорожает и усложняет конструкцию.
- Этих недостатков лишены прямоточные станы с противонатяжением.

3.7. Беспетлевые станы (прямоточные)

На этом стане, как и на предыдущем, на каждый барабан наматывается 6–10 витков. Этого достаточно для создания необходимой силы трения между барабанами и проволокой, чтобы можно было протягивать проволоку через волоку без проскальзывания на барабане. В отличие от стана с петлевыми роликами на этом стане проволока направляется с одного барабана непосредственно к другому через волоку без петлеобразующих и направляющих роликов. Такое направление проволоки исключает возможность ее скручивания при переходе с одного барабана на другой.

На беспетлевых станах противонатяжение создается электродвигателями, что позволяет применять более значительные противонатяжения и регулировать их величину в довольно широких пределах. Отсутствие на этом стане различных натяжных и направляющих роликов облегчает заправку стана при волочении толстой высокопрочной проволоки.

Скорость устанавливают только на чистовом барабане, на остальных барабанах скорость устанавливается автоматически в зависимости от скорости вращения чистового барабана и обжатий в каждой волоке. Во время заправки стана каждый электродвигатель регулируют, пока его момент не будет достаточным для того, чтобы протянуть проволоку через волоку и развить в ней небольшое дополнительное напряжение, помогающее повернуть барабан, т.е. создают заднее натяжение. Наличие заднего натяжения уменьшает давление на стенки волоки, что уменьшает ее трение и нагрев. Меньший нагрев позволяет работать на более высоких скоростях. На таком стане барабаны и волоки охлаждаются водой, а проволока на барабанах – воздухом, что снижает ее температуру и повышает предел прочности.

Недостаток этого стана – применение электродвигателей постоянного тока.

3.8. Трубоволоочильные станы

Волочение труб осуществляется на станах прямолинейного и бухтового волочения.

Технологические схемы способов волочения приведены на рис. 3.7. Волочение труб круглого диаметра осуществляется без оправки (рис. 3.7, а), на закрепленной оправке (рис. 3.7, б), на подвижной длинной оправке (рис. 3.7, в), на самоустанавливающейся или «плавающей» оправке (рис. 3.7, г). При бухтовом волочении наиболее эффективной является обработка изделий при плавающей оправке.

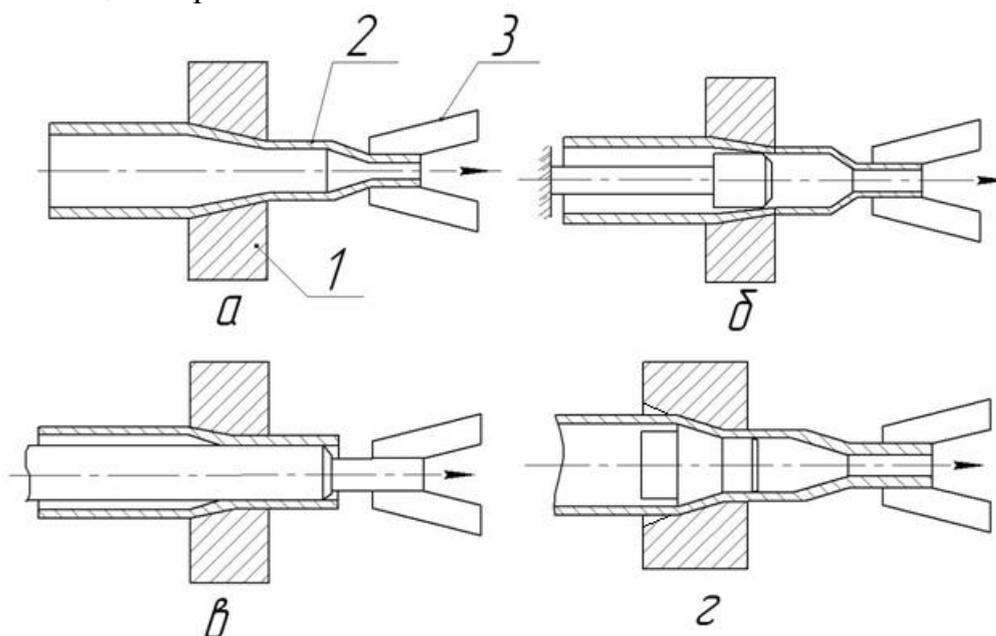


Рис. 3.7. Схема волочения труб: 1—волока; 2—труба; 3—захват.

Безоправочное волочение (рис. 3.7, а). Трубу протягивают через волоку так же, как пруток сплошного круглого сечения. При этом уменьшаются наружный и внутренний диаметры, а толщина стенки трубы практически остается неизменной, т.е. происходит редуцирование только по диаметру.

Волочение на короткой неподвижной оправке (рис. 3.7, б). Трубы протягиваются через кольцевую щель между волокой и закрепленной (неподвижной) цилиндрической оправкой, при этом уменьшаются толщина стенки, а также (в меньшей степени) наружный диаметр и внутренний диаметр трубы.

Недостатки этого процесса заключаются в следующем:

а) так как длина закрепленного стержня с оправкой практически может быть небольшой (8–12 м), то длина протягиваемой трубы также будет ограниченной;

б) при обжати на неподвижной оправке контактные силы трения действуют против направления волочения не только по наружному диаметру, но и по внутреннему, что вызывает увеличение необходимого усилия

волочения и ограничивает применение больших степеней деформации (обычно $\lambda < 1,6$).

Волочение на длинной движущейся цилиндрической оправке (рис. 3.7, в). Волочение на движущейся длинной оправке аналогично волочению на короткой оправке: зона деформации состоит из двух участков и при волочении достигается уменьшение диаметра и толщины стенки трубы. Однако волочение на длинной оправке имеет следующее преимущество: оправка закреплена (зажата) вместе с передним концом трубы, поэтому скорость ее равна скорости выходящей из волоки трубы. В зоне деформации горизонтальная скорость течения металла меньше скорости трубы с оправкой, выходящей из волоки. Поэтому на внутренней поверхности контакта деформируемой трубы с оправкой силы трения действуют на металл по направлению его движения («отставание» металла), а на наружной поверхности контакта деформируемой трубы с волокой силы трения действуют против направления волочения. Таким образом, контактные силы трения направлены противоположно, что способствует уменьшению силы волочения и повышению степени деформации (до $\lambda = 1,8-2,3$).

Волочение на «плавающей» конической оправке (рис. 3.7, г) применяют для волочения стальных труб диаметром до 50 мм и труб из цветных металлов диаметром до 70 мм; это единственный способ, позволяющий осуществлять процесс волочения «из бунта в бунт», т.е. разматывать трубу из бунта и после волочения сматывать на барабан готовую длинную (100 м и более) трубу в бунт во избежание искажения (овализации) при наматывании трубы применяют барабаны большого диаметра (до 3 м).

С целью лучшей самоустановки (центрирования) короткой конусной оправки по оси трубы максимальный диаметр конуса оправки принимают равным внутреннему диаметру исходной (до волочения) трубы (зазор не более 0,5 мм). В зоне деформации осуществляется редуцирование (уменьшение) стенки и диаметра трубы.

По характеру работы прямолинейные станы можно разделить на периодические, полунепрерывные и непрерывные. Наибольшее распространение получили периодические волочильные станы. Конструкция станов зависит от способа волочения, схемы приложения тягового усилия волочения и типа привода. Широко используются станы для волочения труб без оправки и на закрепленной короткой оправке. Длиннооправочные станы периодического и полунепрерывного действия удовлетворительно зарекомендовали себя на заводах цветной металлургии, однако работают с меньшей производительностью.

По схеме приложения усилия волочения станы разделяют на машины, у которых линия действия усилия волочения совпадает с осью волоки, и на машины, у которых линия действия усилия волочения не совпадает с осью.

Типы приводов прямолинейных станов зависят от способа передачи усилия на тянущую тележку. В современных конструкциях привод тележки

может быть цепным, реечным, гидравлическим и канатным. Большинство станов проектируется на одно – двухцепной привод. Двухцепной привод по сравнению с одноцепным имеет существенные преимущества: совпадение оси волоки с тяговым усилием, более спокойный в динамическом отношении характер работы, способствующий повышенному качеству выпускаемых труб, наконец, надежность в работе из-за наличия двух цепей, исключение слабых звеньев, как механизма сбрасывания готовых труб и возврата тележки.

На реечных станах применяют самоходные реверсивные волочильные тележки, у которых привод в виде двигатель – редуктора расположен на самой тележке. Приводные шестерни находятся в зацеплении с боковыми рейками, что позволяет протянутым трубам (как и у двухцепных станов) свободно проваливаться в пространство между направляющими тяговой тележки. Однако отсутствие мощных электродвигателей малого размера ограничивает применение реечных станов для конструкций с усилием волочения до 55 кН.

Трубоволочильные станы с гидравлическим и канатным приводами пока не получили массового распространения. Однако там, где требуется высокая точность труб с большой чистотой поверхности, уже применяют станы с канатным и гидравлическим приводом, позволяющими осуществить более спокойный, с малыми ускорениями процесс волочения со стабильным приложением нагрузки.

Наконец, по количеству одновременно протягиваемых труб станы делят на однопиточные и многопиточные.

Обычно станы с усилием волочения до 150 кН при безоправочном способе обработки используют для производства труб малого диаметра, с усилием волочения от 150 до 300 кН, как правило, трехпиточные, используются для безоправочной обработки труб и оснащают устройствами для подготовки захваток на заготовках. Более мощные станы, в основном трехпиточные, предназначены для волочения на закрепленных и самоустанавливающихся оправках. Они укомплектованы проталкивателями для подготовки захваток и служат для первых оправочных проходов из горячекатаных и прессованных заготовок.

Рассмотренные выше станы периодического действия имеют высокую производительность. Однако дальнейший ее рост ограничивается скоростью волочения и возврата тележек. Снятие этих ограничений возможно при применении непрерывного или полунепрерывного трубоволочильного станова.

При типовом процессе производства труб бунты подаются на разматыватель или рольганг. Один конец трубы заостряется на заковочном или обсадном станках при безоправочной обработке или соединяется с оправкой при оправочной обработке и передается в волоку машины. При выходе из машины труба последовательно проходит группу вертикально и

горизонтально расположенных правильных роликов. После выхода из правильного агрегата трубы обрезают на мерные длины дисковой летучей пилой. Пила управляется автоматически и удерживается на трубе с помощью зажимных патронов. При поставке труб в бунтах, материал направляется на моталку.

Обычно в непрерывные линии включаются линии отжига в защитной атмосфере и другие машины для отделки и антикоррозионной обработки труб. Наименее прочными механизмами цепных станов являются цепные передачи, захватное устройство и ходовые колеса волоочильных тележек, доска волок и отдельные вспомогательные устройства (сбрасыватели, механизм захваток, проталкиватели и т.п.).

При бухтовом волочении применяют те же схемы волочения, что и для прямолинейного способа. При этом наибольшее распространение получило волочение с самоустанавливающейся оправкой. При данном способе почти полностью исключено налипание металла на поверхности оправки. Применение самоустанавливающейся оправки позволяет получить при повышенном обжати калиброванный внутренний канал, а при сочетании этого способа с последующим безоправочном волочении – трубы высокого качества (кроме толстостенных с малым диаметром внутреннего канала). Для производства этих труб применяют волочение на деформируемом сердечнике. В качестве деформируемого сердечника используют медь и ее сплавы, легкоплавкие соли и другие материалы, извлекаемые после обработки из трубы.

Современные трубоволоочильные станы – это высокопроизводительные автоматизированные агрегаты. Тип барабанного стана определяется расположением и конструкцией рабочего барабана.

Станы с горизонтальным и вертикальным расположением барабана проектируют с перемещающимся вдоль его оси размоточным устройством для осуществления раскладки труб и с неподвижным раскладочным устройством. Тогда труба подается под предыдущий виток и выжимает его вдоль оси барабана. Станы с вертикальным расположением барабана имеют верхнее и нижнее по отношению к барабану расположение привода. При нижнем расположении съём трубы после волочении осуществляется специальным съёмником. При верхнем расположении привода обработанная труба снимается с барабана под действием собственной силы тяжести. Станы этого типа получили наибольшее распространение. Если стан с вертикальным расположением барабана и верхним приводом не снабжен перемещающимся раскладочным устройством и работает по методу выжимания предыдущего витка трубы, то под ним устанавливают приемный бункер, вращающийся с барабаном синхронно. В этом случае обработанные трубы витками сходятся с барабана на приемный бункер, называемый кассетой. Такой метод обработки называется кассетным волочением.

Стан с нижним расположением привода оборудован вертикальным барабаном и приводным устройством, находящимся под ним. Размоточный стол такого стана имеет кольцевое пространство, в котором с помощью роликов бухта фиксируется по наружному и внутреннему диаметрам. В процессе волочения сам размоточный стол не вращается, по его роликам скользит труба, переходя через волоку на барабан. Зажимные клещи находятся в нижней части барабана, поэтому при движении размоточного стола вверх раскладка трубы осуществляется снизу вверх. После окончания волочения труба удерживается на барабане и снимается с него с помощью толкателей.

3.9. Волочильный инструмент

От качества изготовления волок в значительной степени зависит производительность волочильного оборудования и качество поверхности протягиваемых изделий. Качество изготовленных волок определяется правильным выбором материала, формы канала, тщательностью его изготовления в соответствии с заданными формой, а также размерами и чистотой обработки рабочих поверхностей канала волок. Канал волоки состоит из пяти основных зон, рис. 3.8.

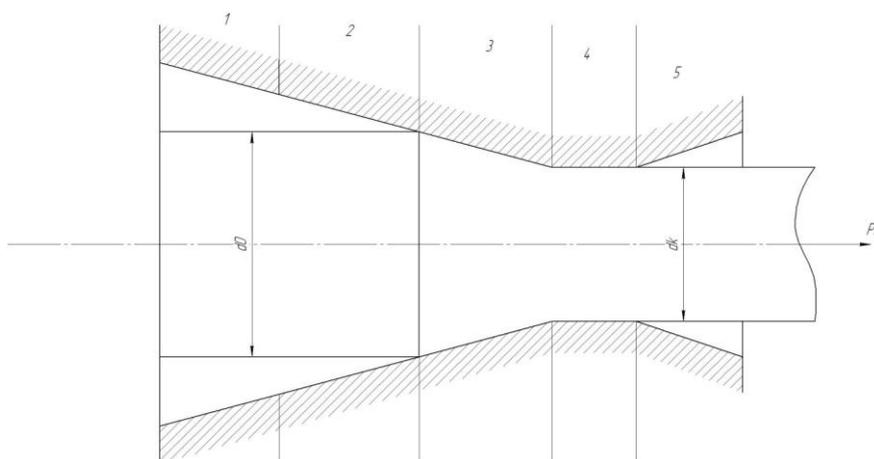


Рис. 3.8. Схема канала волоки: 1—входная зона; 2—смазочная зона; 3—рабочая (обжимающая) зона; 4—калибрующая зона; 5—выходная зона.

Наибольшее распространение в настоящее время получили волокнистые материалы из твердых сплавов, которые применяются для волочения изделий средних сечений диаметрами от 0,2 до 50 мм.

До обработки волоки из твердых сплавов должны быть закреплены в оправу, предохраняющую их от раскалывания под влиянием сил, давящих на стенки канала во время волочения. Способов закрепления волок в оправу много: холодная запрессовка, запайка заготовок, горячая запрессовка, заливка жидким металлом. В настоящее время наиболее распространен способ

закрепления заготовок горячей запрессовкой. На рис. 3.9 показаны способы запайки заготовки в оправу.

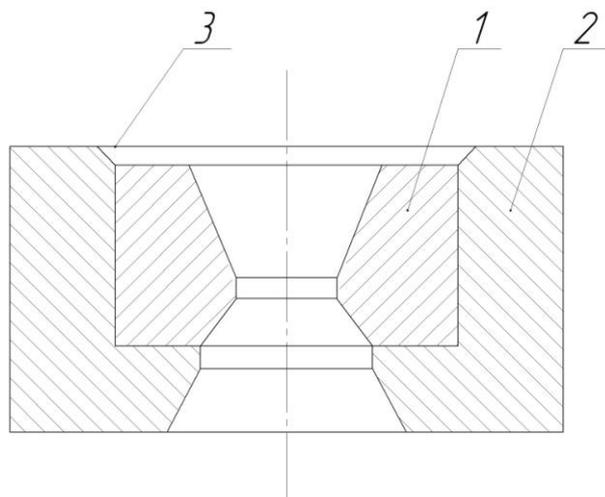


Рис. 3.9. Запайка заготовки: 1—заготовка; 2—оправки; 3—место запайки.

Для запрессовки заготовок необходим пресс и специальное приспособление, используемое при установке оправы и обжима ее пуансоном, и выталкиватель для выдавливания оправы с заготовкой из приспособления. После запрессовки оправка подвергается обточке, что облегчает ее дальнейшую установку при шлифовке канала и при волочении.

Для шлифовки и полировки каналов волок применяют ряд шлифовальных станков различных конструкций и в зависимости от размеров шлифуемых отверстий и формы канала выбирают конструкции, наиболее подходящие для данных условий работы. Операции по обработке канала волок могут быть разделены на несколько этапов: предварительная грубая шлифовка и полировка. Для всех перечисленных операций могут быть применены различные инструменты и приспособления, обуславливающие выбор конструкции обрабатывающего станка. В зависимости от занимаемого положения шлифующей иглы различают вертикальные и горизонтальные станки. Как на вертикальных, так и на горизонтальных станках иглам сообщаются различные движения: вращательное, возвратно – поступательное, качающееся и колеблющееся. На некоторых станках иглам сообщается несколько видов движения.

Для шлифовки волок с большими отверстиями применяют одношпинделевые станки с иглами, которым сообщается вращательное и возвратно – поступательное движение. Для шлифовки волок с небольшими диаметрами канала применяют многошпиндельные станки.

Волоки обрабатывают в такой последовательности: шлифовка рабочего конуса, шлифовка смазочного конуса и входной распушки, шлифовка выходной распушки и цилиндрической части. Шлифовка является

предварительной обработкой. Окончательная обработка, т.е. доводка на заданный размер, выполняется при полировке.

Для волочения проволоки тончайших и наитончайших размеров применяют волокнистые материалы из технических алмазов; так как алмазы обладают исключительно высокой твердостью, такие волокнистые материалы значительно сопротивляются износу. Чем тоньше проволока, тем опаснее износ волокон, так как степень износа может стать сопоставимой с диаметром проволоки. Через алмазные волокнистые материалы протягивают проволоку диаметром от 0,2 мм до 3–10 мкм.

Алмазные камни, применяемые для изготовления волокон, имеют обычно произвольную форму, поэтому их подвергают предварительной наружной обработке, называемой огранкой. Обрабатывается не вся поверхность камня, а только три плоскости, две из них должны быть строго параллельны между собой, так как они являются опорными плоскостями и служат для правильной установки камня при дальнейшей обработке. Третья плоскость служит в качестве окошка и предназначена для наблюдения за формой изготавливаемого канала. Для огранки поверхности камней применяют ограночные станки и приспособления.

Сверловку волоочильного канала в алмазных камнях выполняют на горизонтальных и вертикальных сверлильных станках.

Горизонтальные станки обычно изготавливают одношпиндельными, вертикальные, сверлильные станки – одношпиндельными и многошпиндельными.

Современные многошпиндельные станки изготавливают с устройством для автоматической заточки игл на самом станке.

Для шлифовки алмазных валков применяют такие же станки, как и для твердосплавных валков.

Стальные и чугунные волокнистые материалы применяют главным образом для волочения изделий больших сечений диаметрами больше 50 мм или сложных профилей. При изготовлении волокон для круглых сечений применяют обычные токарные и сверлильные станки для обработки стали.

Волоочильные каналы волокон для фасонных профилей выполняют способом разделки просверленного отверстия специальными пробойниками. Более крупные волокнистые материалы для фасонных профилей изготавливают сверловкой с последующей ручной распиловкой по профилю. Входные и выходные распушки могут быть разделены на токарном станке. Рабочий конус в таких волокнистых материалах распиливают вручную. Шлифовка и полировка стальных волокон выполняют при помощи небольших шлифовальных кругов, установленных на оправках шлифовальных станков.

Учебное издание

Барков Н.А., Катрюк В.П., Ворошилов Д.С.

**Оборудование прокатно-прессово-волочильных цехов.
Курс лекций.**