

ГОСУДАРСТВЕННОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

В. Р. КАРГИН

**МЕХАНИЧЕСКОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОКАТНО-ПРЕССОВОГО
ПРОИЗВОДСТВА**

**САМАРА
2006**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА»

В. Р. КАРГИН

МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия*

САМАРА
2006

УДК 621.771.2.002.5 (075.8)

Рецензенты: канд. техн. наук, проф. В. В. У в а р о в
канд. техн. наук, доц. Г. В. Ч е р т к о в

Каргин, В. Р.

Механическое оборудование прокатно-прессового производства: учеб. пособие / В. Р. Каргин; Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – Самара, 2006. 190 с. :ил.

ISBN 5-7883-0391-5

Рассмотрено оборудование прокатных, прессовых и трубных цехов по производству полуфабрикатов из алюминиевых сплавов. Дано описание конструкции прокатных и волочильных станов, гидравлических прессов, а также машин для транспортирования, правки и резки металлоизделий. Изложены элементы расчётов основного оборудования и показаны перспективы его развития.

Учебное пособие предназначено для студентов металлургических факультетов, обучающихся по специальности "Обработка металлов давлением".

ISBN 5-7883-0391-5

© Каргин В. Р., 2006

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2006

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
Глава 1 ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ.....	7
1.1 Структура технологического процесса прокатки листов и необходимое для её реализации оборудование.....	7
1.2 Классификация прокатных станов и их рабочих клеток.....	9
1.3 Станины рабочих клеток.....	15
1.4 Валки.....	25
1.5 Механизмы установки и уравнивания валков..	31
1.6 Устройства для привода валков рабочих клеток.....	41
1.7 Оборудование для перемещения проката.....	50
1.8 Оборудование для правки проката.....	57
1.9 Оборудование для резки проката.....	61
1.10 Моталки и разматыватели.....	68
1.11 Компоновка оборудования.....	75
1.12 Перспективы развития оборудования.....	85
1.13 Вопросы для самоконтроля.....	92
Глава 2 ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕССОВЫХ ЦЕХОВ.....	94
2.1 Структура технологического процесса прессования профилей и необходимое для её реализации оборудование.....	94
2.2 Принцип действия гидравлического пресса.....	101
2.3 Горизонтальный гидравлический пресс прямого действия.....	103
2.4 Горизонтальный гидравлический пресс обратного действия.....	107
2.5 Горизонтальный гидравлический пресс прямого и обратного действия.....	109
2.6 Станины гидропрессов.....	111
2.7 Матрицедержатели.....	119
2.8 Направляющие гидропрессов.....	124
2.9 Расчёт цилиндра и плунжера гидропресса.....	126
2.10 Привод гидропрессов.....	132

2.11	Перспективы развития оборудования.....	139
	Вопросы для самоконтроля.....	142
Глава 3	ОБОРУДОВАНИЕ ТРУБНЫХ ЦЕХОВ.....	144
3.1	Структура технологического процесса производства труб и необходимое для её реализации оборудова- ние.....	144
3.2	Оборудование для прессования труб.....	146
3.3	Станы холодной прокатки труб.....	152
3.4	Станы холодной прокатки труб роликовые.....	158
3.5	Волочильные станы.....	160
3.6	Оборудование для правки труб.....	173
3.7	Оборудование для заковки труб.....	175
3.8	Перспективы развития оборудования.....	178
	Вопросы для самоконтроля.....	185
	Список рекомендуемой литературы.....	187

ВВЕДЕНИЕ

Металлургические заводы производят листовой, сортовой прокат, профили прессованные различных форм поперечных сечений и трубы.

Заводы, как правило, имеют два основных передела, завершающих металлургический цикл: плавильное и обрабатывающее производства. Плавильный передел предназначен для производства слитков, обрабатывающий – для получения из них конечной металлопродукции: листов и плит, фольги и рельсов, швеллеров и балок, труб и колёс и т.п.

Поскольку сортамент готовой продукции разнообразен по видам и размерам, то на металлургических заводах может быть несколько цехов, специализирующихся на выпуске определенной металлопродукции (рис.1). Основные из них: листопрокатный, сортопрокатный, проволочный, прутково-профильный, волочильный и другие цеха.

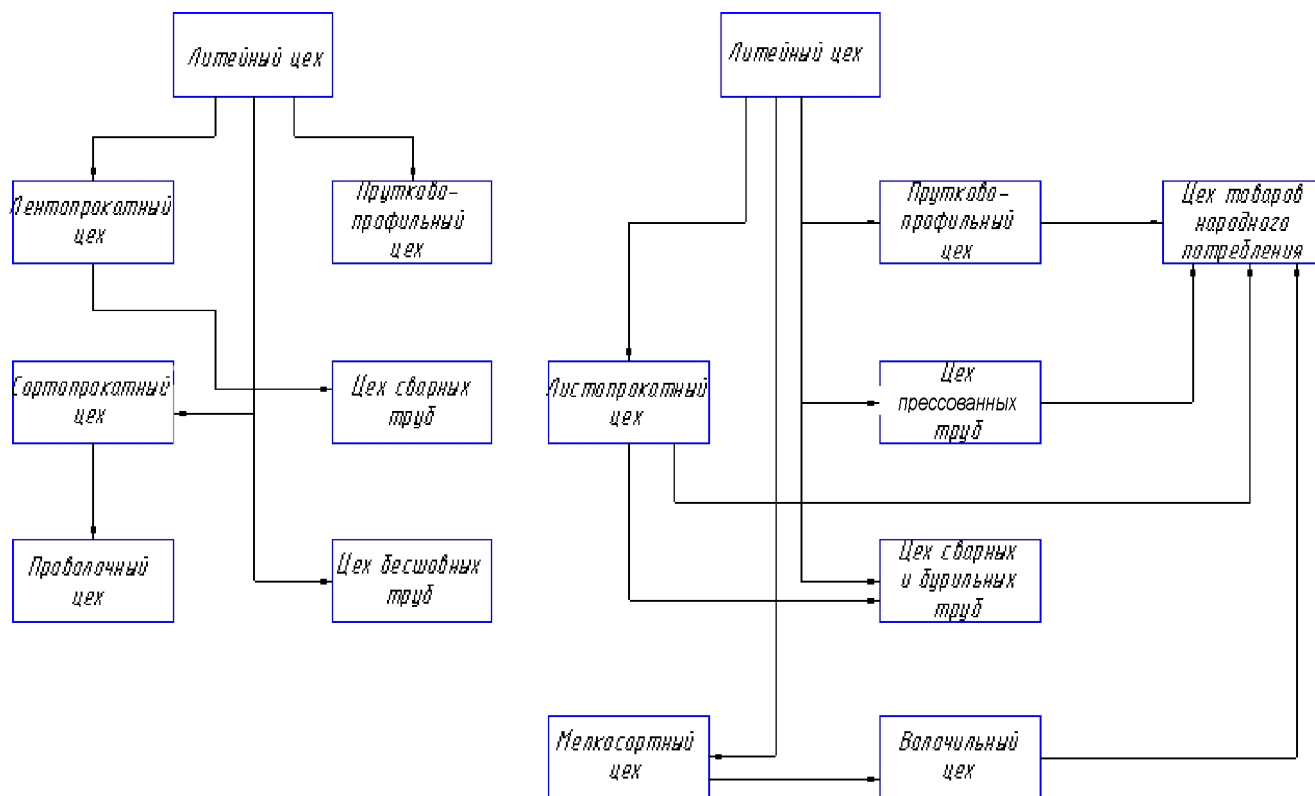


Рис. 1. Структурные схемы металлургических заводов

В этих цехах технологические процессы основываются на различных видах обработки металлов давлением, главные из которых – прокатка, прессование и волочение (рис.2).

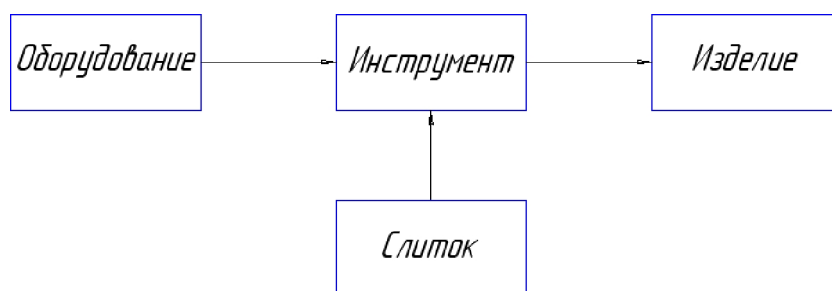


Рис. 2. Структурная схема процессов обработки металлов давлением

Оборудование является источником механической энергии для деформации слитков в инструменте и получения из них металлоизделий.

Полученные на металлургических заводах изделия находят широкое применение в важнейших отраслях народного хозяйства – авиастроении, энергетике, космической технике, транспорте, химической промышленности и др.

Металлопотребляющие отрасли выдвигают требования непрерывного повышения качества металлоизделий по шероховатости поверхности, уровню механических свойств, точности размеров, структуре и др. Эти требования могут быть достигнуты лишь при наличии соответствующего оборудования. Поэтому необходимо постоянно проводить модернизацию существующих и ввод в эксплуатацию новых высокопроизводительных металлургических машин и агрегатов высокой надёжности и долговечности с высокой степенью автоматизации.

1 ОБОРУДОВАНИЕ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ

1.1 Структура технологического процесса прокатки листов и необходимое для её реализации оборудование

Типовая маршрутная технология производства тонких листов из алюминиевых сплавов представлена на рис 1.1.

При изготовлении тонких листов в качестве заготовок служат плоские слитки – слябы, выплавляемые полунепрерывным методом. Далее на слитко-фрезерных агрегатах производят фрезерование верхней и нижней поверхностей слитков, а также их боковых граней. Толщина снимаемого слоя составляет 3 – 10 мм.

Для удаления с поверхности слитков масляной эмульсии и мелкой стружки они поступают в моечно-сушильный агрегат, где промываются содовым раствором, зачищаются металлическими щётками, промываются горячей водой и просушиваются.

Наложение планшет производят на линиях плакирования, оборудованных профилированными вальками, подгибающими кромки плакированных листов на боковые грани слитков. Перед горячей прокаткой слитки без плакировки или плакированные слитки нагревают в методических печах с газовым или электрическим обогревом до температуры начала горячей деформации, время нагрева слитков 2 – 8 ч. Нагретые слитки поступают на стан горячей прокатки, где прокатываются до толщины 3-6 мм. Полосы после горячей прокатки свёртывают в рулоны с помощью моталок. Затем рулоны могут свариваться (укрупняться) до массы 12 – 15 т. Эта операция производится на специальной линии укрупнения рулонов.

Перед холодной прокаткой горячие рулоны могут подвергаться отжигу. Далее рулоны поступают на стан холодной прокатки.

После холодной прокатки полосы подвергают химической обработке. Отжиг осуществляют с целью снятия наклёпа. Для повышения механических характеристик полос осуществляют закалку и последующее охлаждение. Старение алюминиевых сплавов производят путём нагрева полос до 180-190°C с последующим медленным охлаждением. Эти термические операции осуществляют на специальных линиях термообработки, обрабатывающих полосы бесконечной длины.

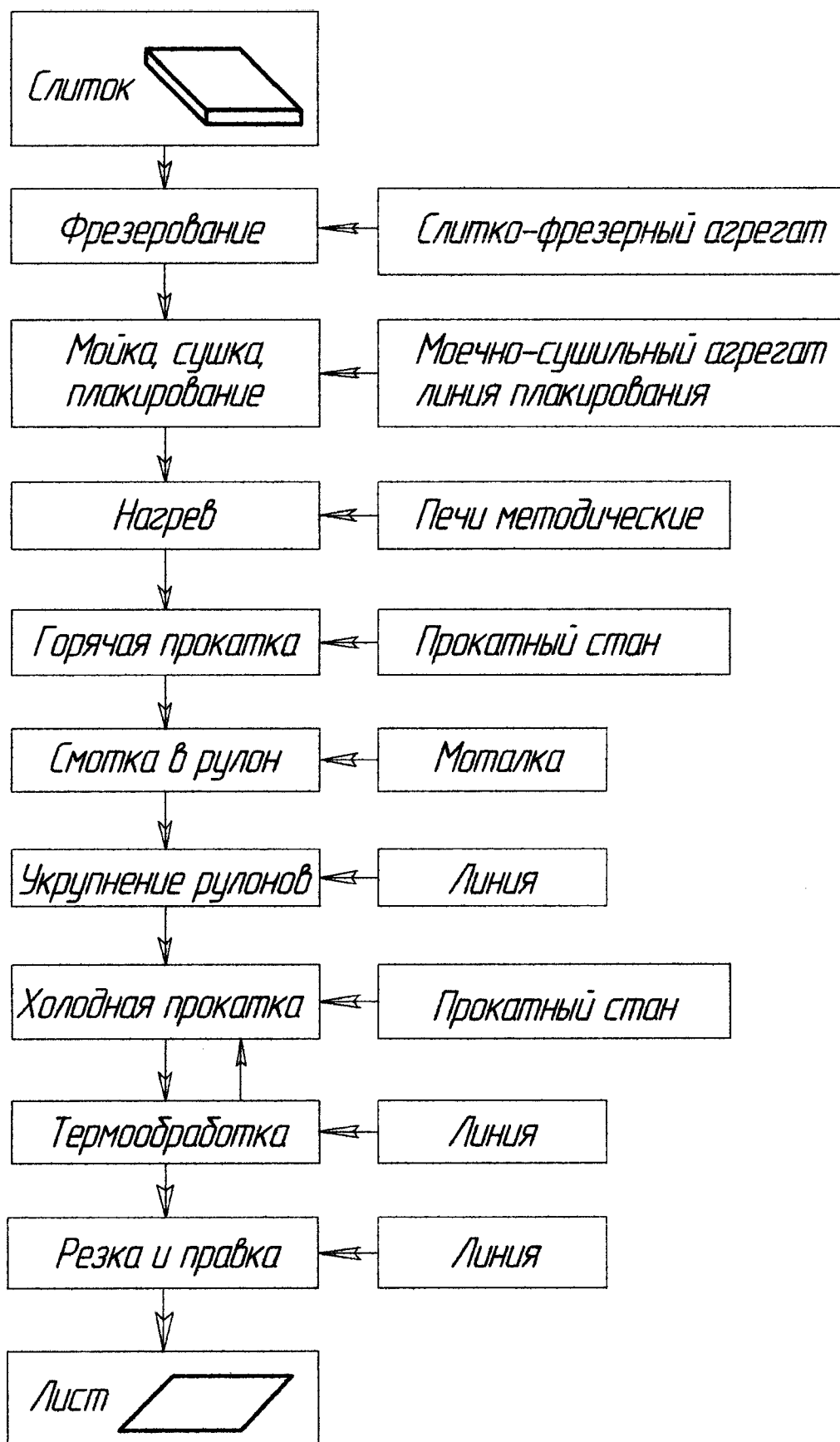


Рис. 1.1. Технологическая схема производства тонких листов из алюминиевых сплавов

Рулоны режут на листы на линиях поперечной резки. Перед резкой производится предварительная правка рулона, затем обрезка переднего и заднего концов рулона на гильотинных ножницах и боковых кромок рулона – на дисковых ножницах. Далее рулон разрезается на листы на гильотинных ножницах. Листы подвергаются окончательной правке на роликово-правильной машине и укладываются в стопу листоукладчиком.

Как видно из рис. 1.1, в прокатном цехе устанавливают разнообразное оборудование: слитко-фрезерные агрегаты, прокатные станы для горячей и холодной прокатки, правильные машины, линии резки, мойки и сушки, нанесения планшет, укрупнения рулонов, термические печи, моталки. Все перечисленные виды оборудования связаны рольгангами и представляют единое целое. Поэтому прокатным станом называется комплекс машин, предназначенных для осуществления пластической деформации металла в валках и выполнения вспомогательных операций: транспортировки проката к валкам, приема после прокатки, резки, правки, штабелирования, свёртывания в рулоны и т.д.

1.2 Классификация прокатных станов и их рабочих клеток

Прокатный стан классифицируют по двум основным признакам: по расположению рабочих клеток и назначению стана.

В зависимости от количества и взаимного расположения рабочих клеток, а также принятой технологии прокатки и вида выпускаемой продукции прокатные станы разделяют на пять основных групп:

1. *Одноклетьевые станы* – это станы наиболее простые по своему виду. Оборудование, входящее в главную рабочую линию этих станов, в основном повторяется на станах с более сложным расположением рабочих клеток (рис. 1.2).

Главная линия привода валков содержит рабочую клетку 1 и передаточные устройства, состоящие из электродвигателя постоянного или переменного тока 2, моторной муфты 3, редуктора 4, коренной муфты 5, шестерённой клетки 6 с передаточным отношением $i = 1$, служащей для разделения крутящего момента, универсальных шпинделей 7 для передачи крутящего момента, уравнивающих устройств 8. Рабочая клетка 1 представляет собой две массивные ста-

нины 9, установленные на плитовине 10, закрепленные болтами. В верхней части клетки установлено устройство для перемещения верхних валков. С неприводной стороны расположено устройство для перевалки валков. К станам этой группы относят блюминги, слябинги и толстолистовые стали. Эти станы реверсивные и обладают большой мобильностью.

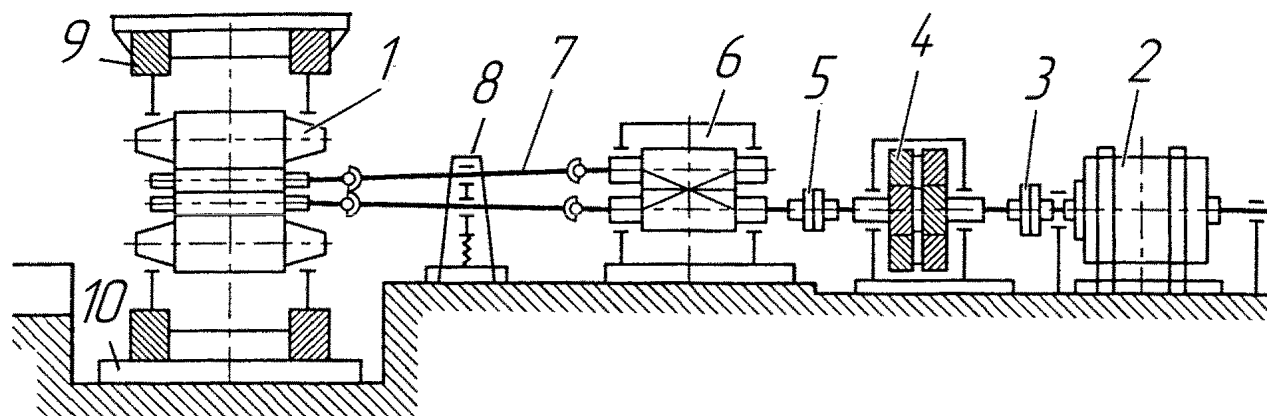


Рис. 1.2. Схема главной линии одноклетьевого стана

2. *Линейные станы*, рабочие линии которых расположены в одну или несколько линий (рис.1.3, а, б), следующих последовательно одна за другой. Эти станы нереверсивные. К ним относятся сортовые и листовые станы. Все клетки одной линии приводятся от одной линии привода. Производительность линейных станов невысокая, т. к. скорость прокатки во всех клетях одной линии постоянна, а длина полосы от клетки к клетке увеличивается. Соответственно возрастает время прокатки в каждой последующей клетке. Из-за большой длины раската происходит подстывание металла, что снижает качество проката, поэтому стремятся к увеличению числа линий. В настоящее время строительство таких станов прекращено.

3. *Последовательные станы* отличает прокатка заготовки в каждой клетке по одному разу, поэтому число клеток точно соответствует максимальному числу пропусков (рис.1.3, в, г). Расстояние между клетями неравномерное и увеличивается в соответствии с изменением длины проката от первой к последней клетке. Конструктивно стан оформляется в виде параллельных рядов клеток в зигзагообразном или шахматном порядке. Эти станы нереверсивные. По сравнению с линейными станами имеют большую производительность.

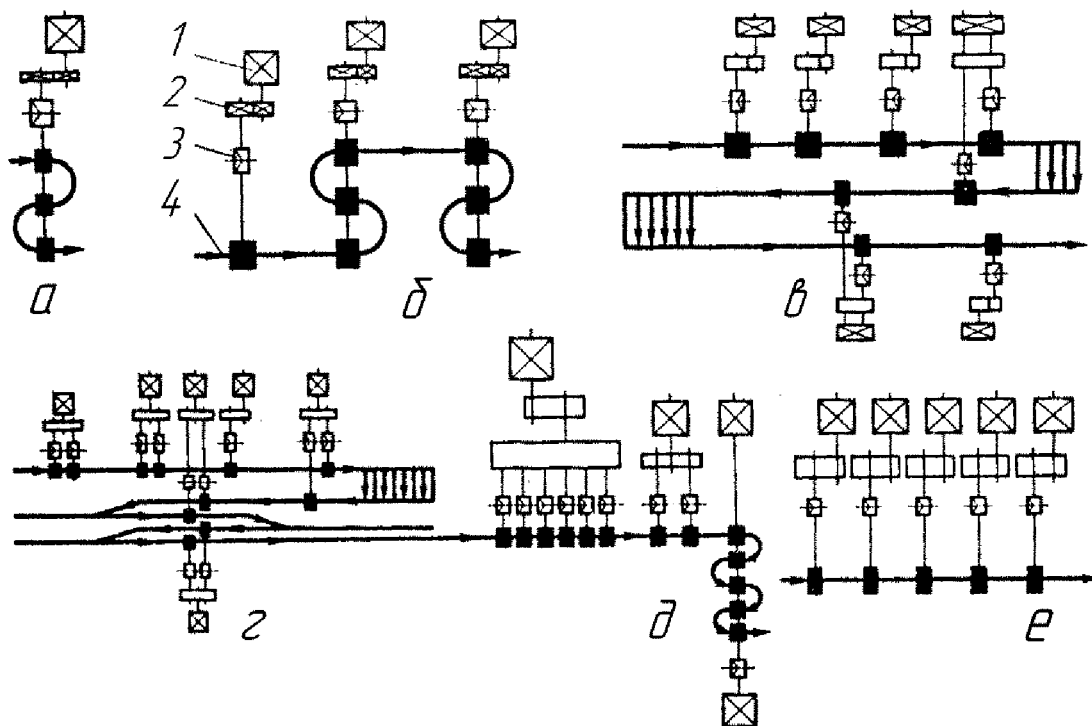


Рис. 1.3. Схемы расположения рабочих клеток станков: а – в одну линию; б – в три линии; в – последовательное; г – последовательное шахматное; д – полунепрерывное; е – непрерывное; 1 – главный двигатель; 2 – редуктор; 3 – шестерённая клеть; 4 – рабочая клеть

4. *Непрерывные станы*, в которых заготовка прокатывается одновременно в нескольких клетях (рис.1.3, е). Клетки расположены одна за другой последовательно на равном расстоянии друг от друга, обеспечивая высокую производительность стана. В этих станах скорость вращения рабочих валков необходимо регулировать в соответствии с условием постоянства расхода металла в единицу времени, т.е. $F_i \cdot V_i = \text{const}$, где F_i – площадь поперечного сечения полосы после i -го прохода; V_i – скорость выхода полосы.

5. *Полунепрерывные станы* состоят из непрерывных и линейных или последовательных клеток (рис. 1.3, д). В непрерывной группе полоса прокатывается непрерывно в ряде клеток, а далее переходит в линейную (последовательную) группу.

Классификация станков по их назначению определяется технологией прокатки и видом металлопродукции (рис. 1.4).

В зависимости от конструкции, количества и расположения валков рабочие клетки прокатных станков делят на шесть групп. Каждая из этих групп может входить в различные типы прокатных станков. Классификация клеток по рассматриваемому признаку представлена на рис. 1.5.

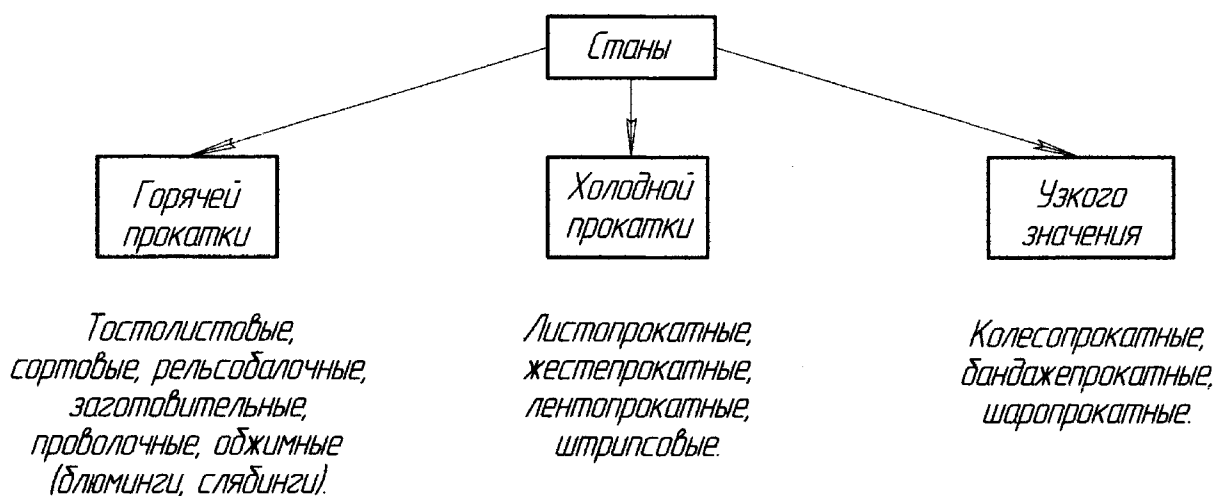


Рис. 1.4. Классификация станов по их назначению

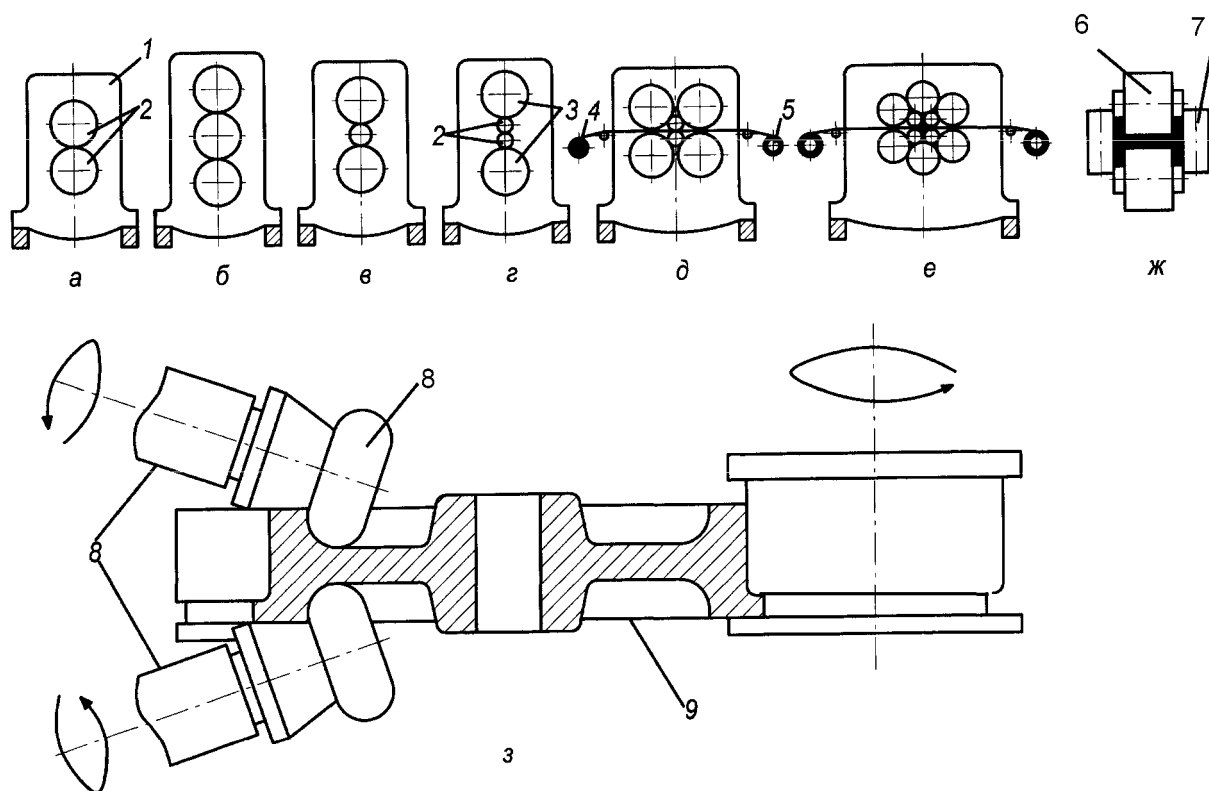


Рис. 1.5. Рабочие клетки: а – двухвалковая; б – трёхвалковая (валки одинакового диаметра); в – трёхвалковая (средний валок меньшего диаметра); г – четырёхвалковая; д – шестивалковая; е – двенадцативалковая; ж – универсальная; з – колесопрокатная; 1- клеть; 2 – рабочие валки; 3 – опорные валки; 4 – разматыватель; 5 – моталка; 6 – горизонтальные валки; 7 – вертикальные валки; 8 – наклонные валки; 9 – колесо

Клетки "дуо" наиболее просты по конструкции и содержат два вала, расположенных друг над другом. По характеру работы клетки могут быть нереверсивными (постоянное направление вращения валов) и реверсивными, когда прокат проходит через валки вперед и назад несколько раз. Клетки "дуо" нереверсивные получили большее распространение в непрерывных станах. В каждой клетке этого стана производится только по одному пропуску проката в одном направлении. Клетки "дуо" реверсивные имеют большое применение как блюминги, толстолистовые и т. д.

В составе клетки "трио" три вала. При прокатке металл движется вперед между нижним и средним валом, а назад – между средним и верхним. Для подъема проката в составе клетки имеются подъемно-качающиеся столы. Если средний валок меньшего диаметра, чем крайние, то клетку применяется для прокатки толстых листов. Если все валки одного диаметра, то клетку используется для сортовой прокатки.

Клетки "кварто" имеют два рабочих вала меньшего диаметра и два опорных – большего диаметра. Назначение опорных валков – воспринимать давление при прокатке и уменьшать прогиб рабочих валков. Клетки используют как нереверсивные и реверсивные.

Клетки многовалковые могут быть шести-, двенадцати-, двадцати-, двадцатичетырех- и сорокавосемивалковыми. Они имеют очень высокую жесткость при очень малых диаметрах рабочих валков.

Клетки универсальные содержат горизонтальные и вертикальные валки, при прокатке слитков вертикальные валки располагают, как правило, с одной стороны рабочей клетки и обеспечивают создание ровных и гладких боковых граней слитков. Для изготовления двутавровых балок оси всех валков располагают в одной вертикальной плоскости.

Клетки специального назначения используют в прокатных станах узкого назначения: колесо прокатных, бандажепрокатных, шаропрокатных и др.

Клетки "дуо" нереверсивные получили большое применение в последовательных и непрерывных станах, клетки "дуо" реверсивные используют в блюмингах, слябингах, толстолистовых станах. Клетки "трио" применяют в качестве черновых, а "кварто" – при прокатке тонких и толстых листов и полос. На многовалковых клетках осуществляют прокатку тонкой и тончайшей ленты. В листовых станах основным параметром является длина бочки вала.

В сортовых станах основной параметр – это диаметр валка или диаметр шестерённого валка. Если в сортовом стане несколько клеток, то за параметр всего стана в целом берётся размер шестерённых валков в последней клетке.

Часовая производительность прокатного стана

$$\Pi = \frac{3600K\eta\gamma V_{\text{сл}}}{t_{\text{ц}}},$$

где K – коэффициент использования стана, $K = 0,9$; η – выход годного от заправки на данную операцию, $\eta = 0,8-0,9$; γ – плотность прокатываемого металла; $V_{\text{сл}}$ – объём слитка; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла прокатки;

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{раб}} + t_{\text{п}},$$

где $t_{\text{раб}}$ – рабочее время одного прохода;

$$t_{\text{раб}} = \frac{L}{V_{\text{пр}}},$$

где L – длина полосы после выхода из валков,

$$L = \frac{L_0 F_0}{F},$$

где F_0 , F – площади поперечного сечения полосы до и после прокатки соответственно; L_0 , L – длина полосы до и после прокатки; $V_{\text{пр}}$ – скорость прокатки,

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi D_{\text{р}} n_{\text{в}}}{60},$$

где $n_{\text{в}}$ – угловая скорость рабочего валка; $t_{\text{п}}$ – время пауз,

$$t_{\text{п}} = \frac{Dh}{V_{\text{нв}}};$$

$V_{\text{нв}}$ – скорость перемещения нажимных винтов;

$$V_{\text{нв}} = \frac{DH}{t_{\text{нв}}},$$

где ΔH – максимальный зазор между рабочими валками; $t_{\text{нв}}$ – время перемещения нажимных винтов на максимальное расстояние; Dh – абсолютное обжатие за проход.

Годовая производительность стана

$$P_{\text{год}} = PT,$$

где T – фактическое время работы стана.

1.3 Станины рабочих клеток

Станина рабочей клетки – самая ответственная деталь прокатного стана, выполняемая с большим запасом прочности. Она представляет собой литую массивную жесткую раму (рис. 1.6, а). В середине станины выполнено окно 3 для установки и перевалки валков. Внизу станина снабжена приливами 4 с отверстиями под болты 5 для установки на фундамент. Верхнюю 2 и нижнюю части станины называют поперечинами, а боковые части 1 – стойками. Рассмотренная конструкция станины относится к станинам закрытого типа. На практике иногда используют станины открытого типа (рис. 1.6, б). Эти станины характеризуются меньшей жесткостью, но более дешевы в изготовлении и обеспечивают смену валков при снятой крышке 6, которая крепится через отверстие 7 клиньями, установленными с затяжкой или болтами.

Станина рабочей клетки – наиболее металлоемкая деталь прокатного стана. Ее масса составляет от 30 до 350 тонн. Станину обычно отливают из углеродистой стали марки 35Л или высокопрочного чугуна, содержащего шаровидный графит. Поперечные сечения стоек и поперечин либо прямоугольные, либо двутавровые. Двутавровое сечение дает больший момент сопротивления при той же площади поперечного сечения, однако трудности больших отливок заставляют чаще изготавливать отливки прямоугольного сечения. Две станины, соединенные траверсами или стяжными болтами снизу и сверху, образуют конструктивную основу рабочей клетки. На станинах обычно размещают механизмы рабочей клетки, часть аппаратуры управления и контроля процесса прокатки и прочее. На рис. 1.7 показана конфигурация закрытой станины рабочей клетки с электромеханическим нажимным устройством стана 2800 горячей прокатки алюминиевых сплавов.

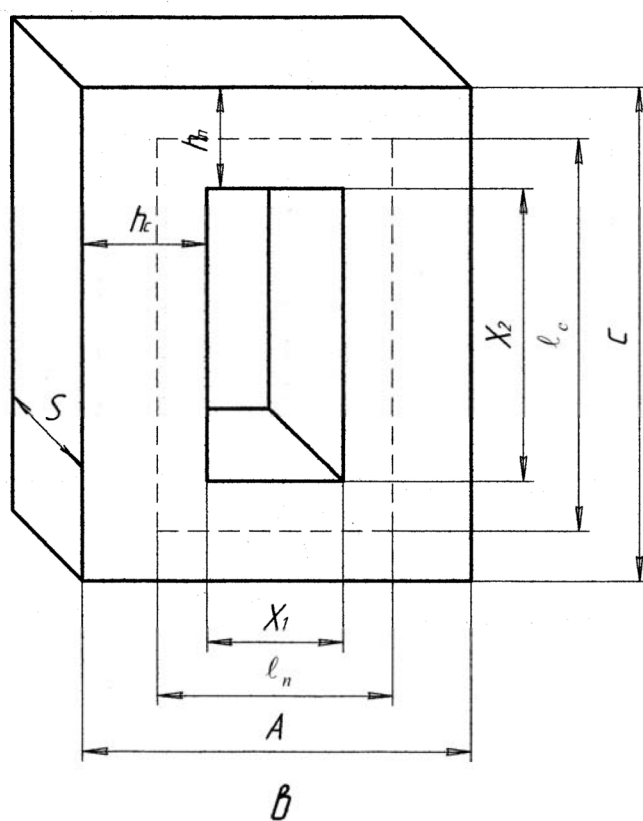
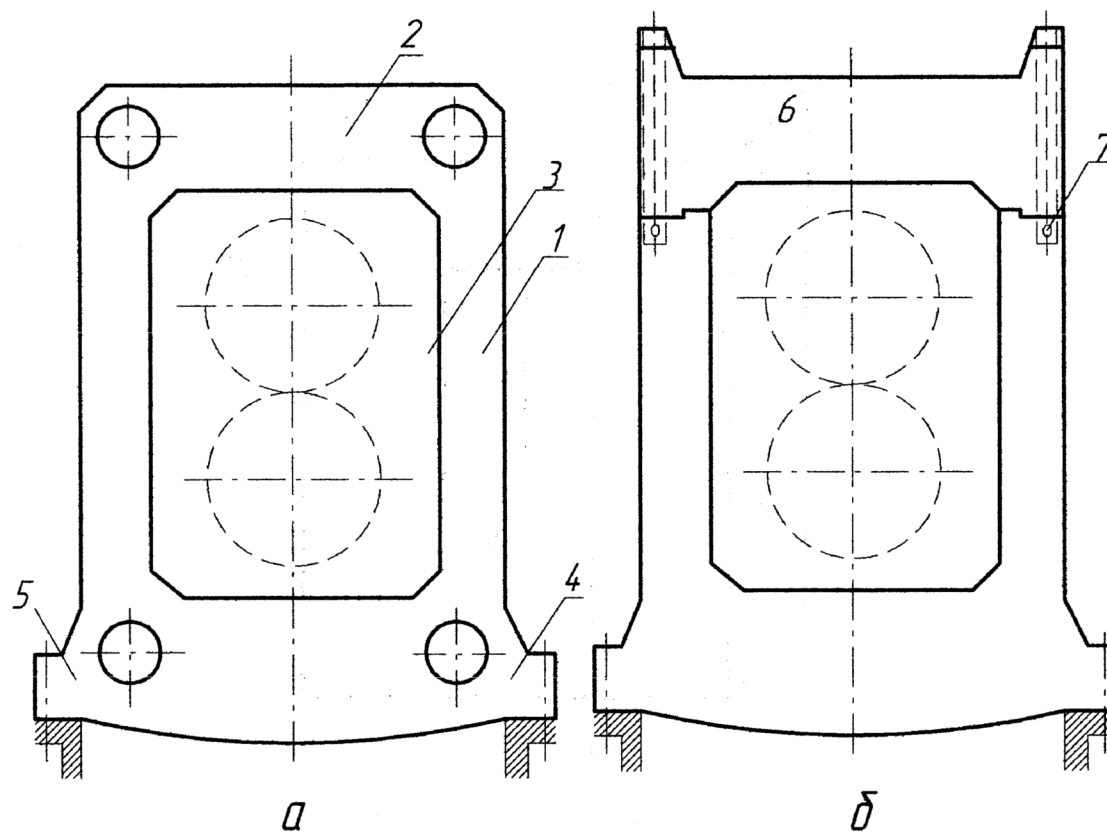


Рис.1.6. Конструкция станины

Станины относятся к категории незаменимых деталей, должны обладать необходимой жесткостью, поскольку их деформации влияют на точность размеров проката. Наиболее полно этим требованиям отвечают стальные литые станины закрытого типа. Выбор размеров станины закрытого типа (рис. 1.7) проводится на основе конструктивных соображений (рис. 1.6, в). Ширина окна в станине x_1 должна быть несколько больше диаметра бочки валков D , чтобы обеспечить смену валков вдоль их оси: $x_1 = 1,15 \cdot D$.

Высота окна станины x_2 должна обеспечить установку валков и конца нажимного винта, т.е. для рабочей клетки "дуо"

$$x_2 = (1,2 \dots 1,3) \cdot (2D + z),$$

где z – максимальный раствор валков.

Так как шейки валка и стойки станины воспринимают одно и то же усилие прокатки P , то между их размерами установилось определенное эмпирическое соотношение для листовых станков

$$F_c = (1,0 \dots 1,2) d_{\text{ш}}^c = h_c S,$$

где h_c – ширина стойки; S – толщина станины (конструктивно $S = \frac{2}{3} h_c$); $d_{\text{ш}}$ – диаметр шейки валка $d_{\text{ш}} = (0,6 \dots 0,7) D$.

Длины стоек и поперечин по нейтральной линии

$$l_c = x_2 + h_n,$$

$$l_n = x_1 + h_c.$$

Высота поперечины h_n берется несколько больше, чем ширина стойки, чтобы уменьшить ее прогиб, т.е.

$$h_n = (1,1 \dots 1,5) h_c.$$

Габаритные размеры станины следующие:

$$A = x_1 + 2h_c,$$

$$C = x_2 + 2h_n.$$

Все давление металла на валки, возникающее при прокатке, воспринимается станинами. Поэтому, чтобы быть уверенным в том, что принятые при конструировании размеры станины выбраны правильно, необходимо провести ее расчеты на прочность и жесткость.

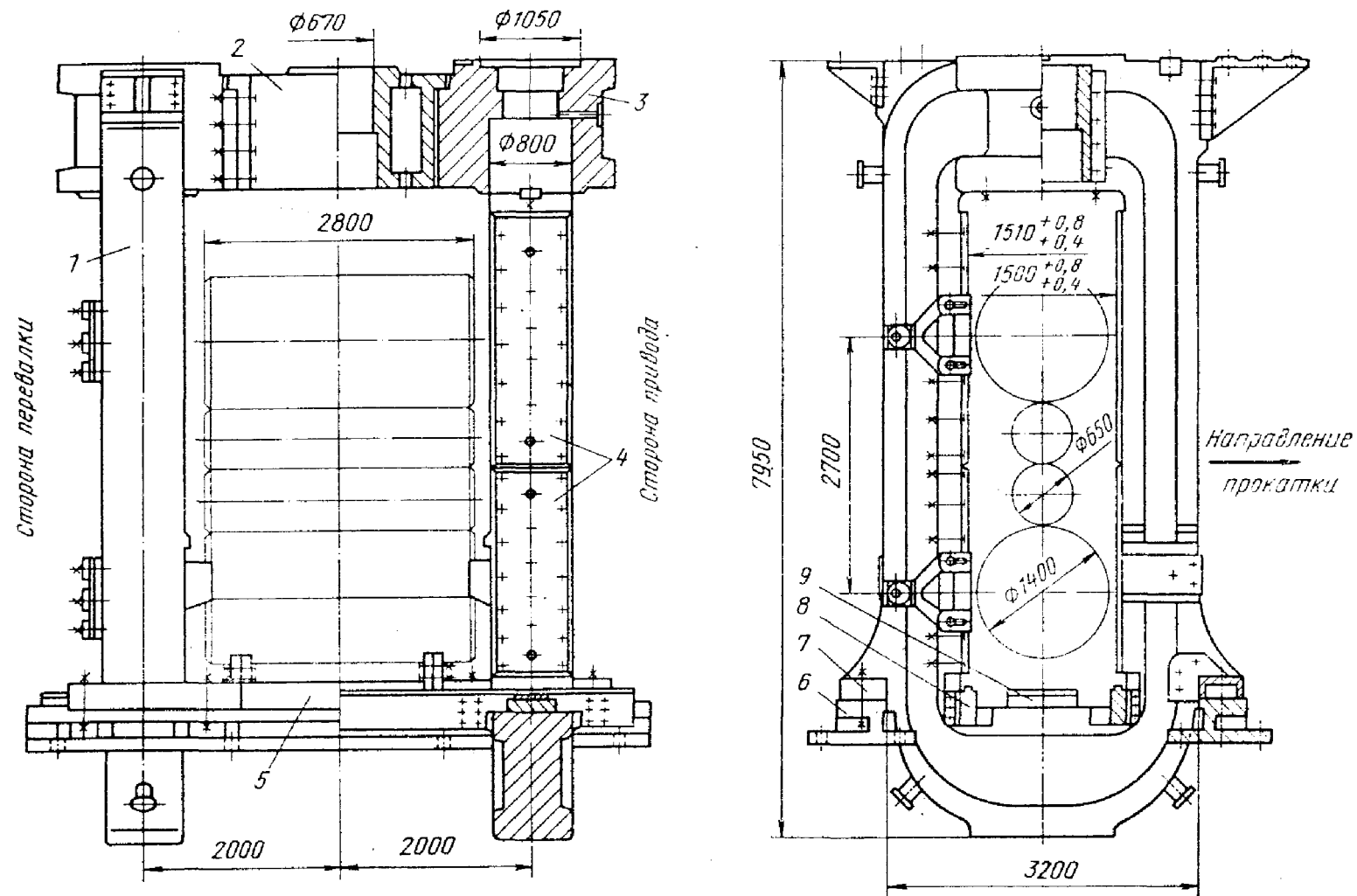


Рис.1.7. Станина закрытого типа рабочей клетки стана 2800 горячей прокатки алюминиевых сплавов

Для упрощения расчетов станину закрытого типа представляют в виде жесткой прямоугольной рамы, состоящей из двух одинаковых стоек и двух одинаковых поперечин. Со стороны нижнего валка и нижней подушки на нижнюю поперечину и со стороны нажимного винта на верхнюю поперечину действуют вертикальные силы Y , численно равные половине усилия прокатки, воспринимаемого шейкой валков, т.е. $Y = 0,5P$. Под действием силы Y в углах жесткой рамы возникают моменты M_0 (рис.1.8, а).

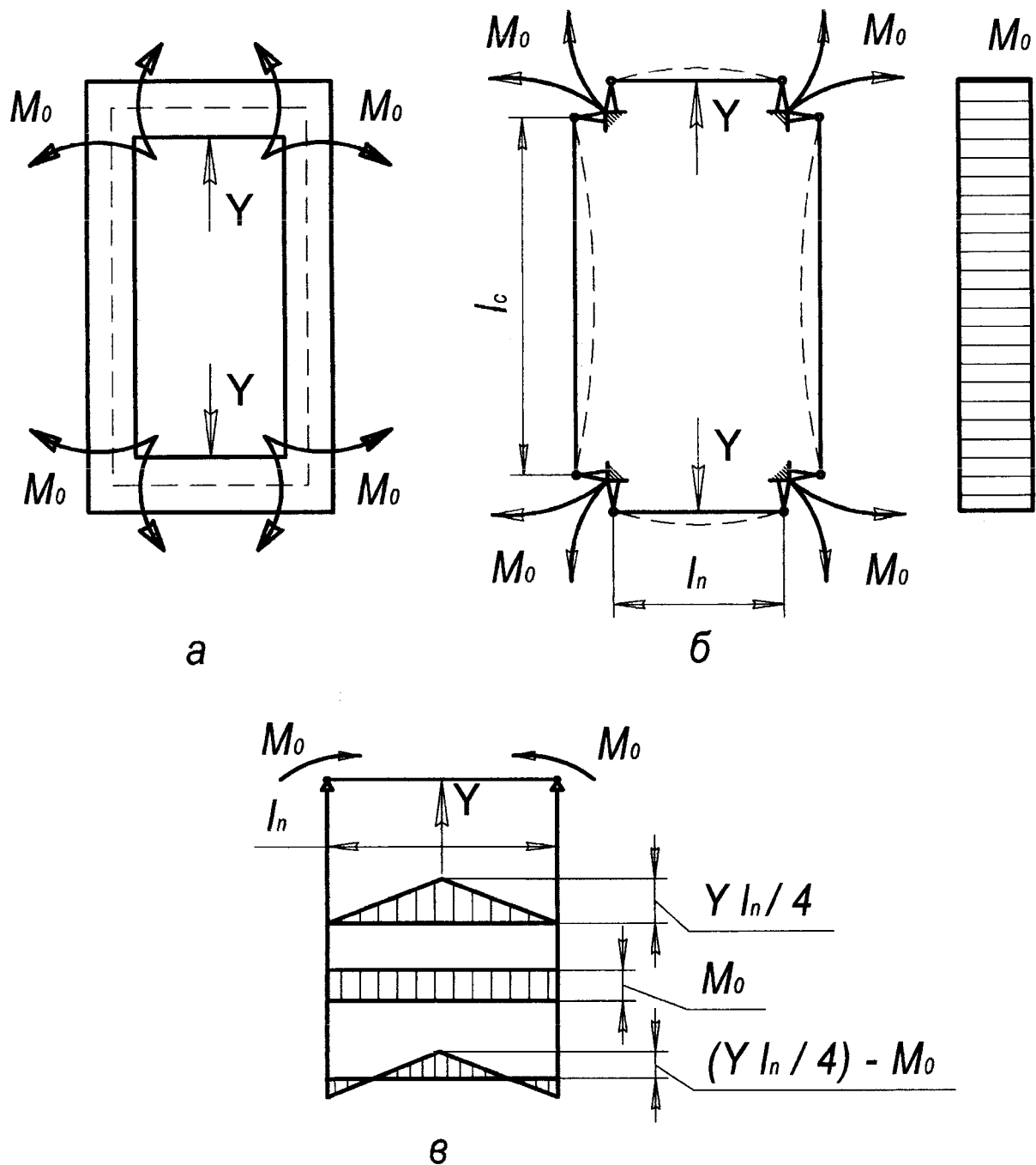


Рис.1.8. Схема для расчета станины закрытого типа

Для определения напряжения условно представим жесткую раму, разрезанную в углах и образующую четыре свободные двухопорные балки (рис.1.8, б). Для учета влияния жестких углов в соединениях поперечин со стойками приложим к отрезанным балкам в опорах моменты M_0 .

Из рис.1.8, б видно, что каждая стойка станины растягивается под действием силы $Y/2$ и изгибается внутрь окна постоянным по всей высоте стойки моментом M_0 . Напряжение растяжения в любом сечении стойки

$$\sigma'_c = \frac{0,5Y}{F_c}.$$

Под действием M_0 наружная сторона стойки будет испытывать напряжение сжатия, а внутренняя – напряжение растяжения

$$\sigma''_c = \frac{M_0}{W_c},$$

где W_c – момент сопротивления сечения стойки изгибу,

$$W_c = \frac{Sh_c^2}{6}.$$

Таким образом, наиболее опасные напряжения растяжения, вызывающие разрушение, действуют на внутренних поверхностях стоек

$$\sigma_c = \sigma'_c + \sigma''_c = \frac{0,5Y}{F_c} + \frac{M_0}{W_c} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_b}{K_3},$$

где σ_b – предел прочности материала станины; K_3 – коэффициент запаса прочности с учетом динамического характера работы станины K_3 , берется не менее 10.

Из рис.1.8, б видно, что каждая поперечина изгибается наружу силой Y и внутрь моментом M_0 , т.е. их действие противоположно. В результате максимальный момент действует в середине поперечины (рис.1.8, в):

$$M_{\pi} = \frac{Yl_{\pi}}{4} - M_0,$$

и максимально растягивающее напряжение

$$\sigma_{\pi} = \frac{M_{\pi}}{W_{\pi}} < [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{в}}}{K_3},$$

где W_{π} – момент сопротивления сечения поперечины изгибу,

$$W_{\pi} = \frac{Sh_{\pi}^2}{6}.$$

Для нахождения M_0 найдем углы поворота поперечины и стойки при изгибе. Из сопромата известно, что угол наклона касательной к изогнутой оси в точке опоры равен опорной реакции R от фиктивной моментной нагрузки, деленной на жесткость балки EJ . Для поперечины

$$\theta_{\pi} = \frac{R}{EJ_{\pi}},$$

где J_{π} – момент инерции сечения поперечины,

$$J_{\pi} = \frac{Sh_{\pi}^3}{12}.$$

При изгибе поперечины сосредоточенной силой Y моментная нагрузка численно равна площади эпюры моментов

$$\frac{yl_{\pi}}{4} \cdot \frac{1}{2},$$

а фиктивная реакция на опоре – половине моментной нагрузки

$$R = \frac{Yl_{\pi}^2}{16}.$$

Тогда угол поворота

$$\theta'_{\pi} = \frac{Yl_{\pi}^2}{16EJ_{\pi}}.$$

При изгибе поперечины моментом M_0 , приложенным на опорах, площадь эпюры равна $M_0 l_{\pi}$, а опорная реакция $R = 0,5 M_0 \cdot 1_{\pi}$. Угол поворота

$$\theta''_{\pi} = \frac{M_0 l_{\pi}}{2EJ_{\pi}}.$$

Результирующий поворот от действия силы Y и момента M_0 представлен следующим образом:

$$\theta'_\Pi - \theta''_\Pi = \theta_\Pi = \frac{Yl_\Pi^2}{16EJ_\Pi} - \frac{M_0l_\Pi}{2EJ_\Pi}.$$

Стойка изгибается только моментом M_0 , поэтому аналогично получим

$$\theta_c = \frac{M_0l_c}{2EJ_c},$$

где J_c – момент инерции сечения стойки,

$$J_c = \frac{Sh_c^3}{12}.$$

Так как рама жесткая и углы поворота одновременно принадлежат поперечине и стойке, то $\theta_\Pi = \theta_c$ или

$$\frac{Yl_\Pi^2}{16EJ_\Pi} - \frac{M_0l_\Pi}{2EJ_\Pi} = \frac{M_0l_c}{2EJ_c},$$

откуда

$$M_0 = \frac{Yl_\Pi}{8} \frac{1}{1 + \frac{l_c J_\Pi}{l_\Pi J_c}}.$$

При листовой прокатке имеет значение не только прочность станины, но и ее жесткость, определяемая деформацией стоек и поперечин.

Общая деформация станины в вертикальном направлении складывается из деформации ее поперечин и стоек (рис.1.9):

$$fS = f_1 + f_2 + f_3 < [f],$$

где f_1 – величина деформации стоек, численно равная их удлинению от действия растягивающей силы,

$$f_1 = \frac{Yl_c}{2EF_c};$$

f_2 – величина деформации поперечин, численно равная сумме прогибов при изгибе моментом M ,

$$f_2 = \frac{l_{\pi}^2}{4EJ_{\pi}} \left(\frac{Yl_{\pi}}{6} - M_0 \right);$$

f_3 – деформация поперечин, численно равная сумме прогибов при сдвиге от действия поперечных сил,

$$f_3 = 1,2 \frac{Yl_{\pi}}{2GF_{\pi}}.$$

Здесь G – модуль сдвига материала станины, $G = E/3$.

При захвате металла валками возникают большие инерционные усилия, стремящиеся опрокинуть станину рабочей клетки.

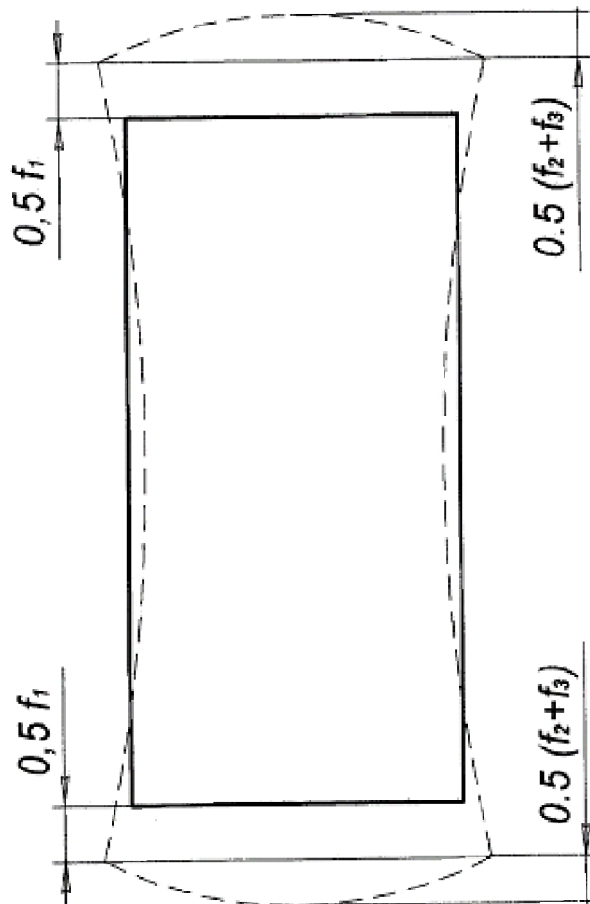


Рис.1.9. Схема деформации станины

Максимальное инерционное усилие

$$I = \frac{M_{\text{пр}}}{R}.$$

Опрокидывающий момент от действия этого усилия (рис.1.10)

$$M_{\text{опр}} = I \cdot a.$$

Под действием опрокидывающего момента станины рабочей клетки стремятся оторваться от плитовины. Усилие, с которым лапы станины растягивают болты, равно

$$Q = \frac{M_{\text{опр}}}{b} - \frac{G_{\text{кл}}}{2},$$

где $G_{\text{кл}}$ – вес рабочей клетки.

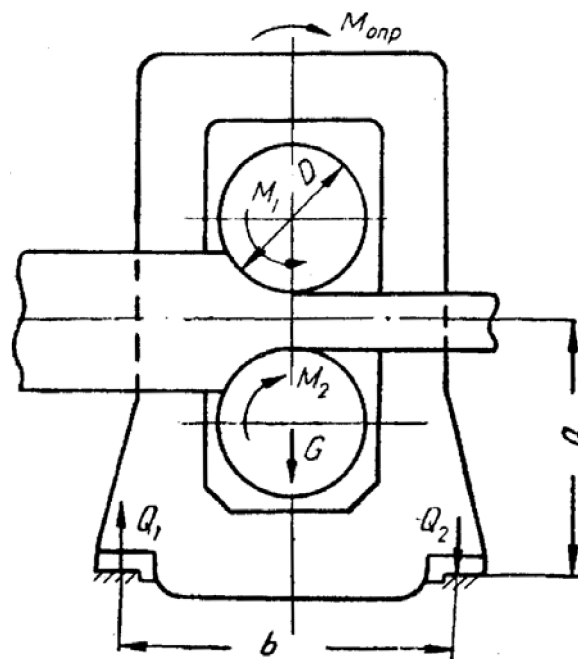


Рис.1.10. Схема к определению опрокидывающего момента, действующего на станину прокатной клетки

Болты обычно рассчитывают на затяжку с усилием на 20–40% , большим, чем усилие от действия Q , т.е.

$$Q_{\delta} = (1,2 - 1,4) \frac{Q}{n_{\delta}}.$$

Растягивающее напряжение, возникающее в болтах:

$$\sigma_{\text{раст}} = \frac{4Q_{\delta}}{\pi d_{\delta}^2},$$

где d_{δ} – внутренний диаметр болта; n_{δ} – число болтов с одной стороны клетки.

Опрокидывающий момент может возникать и в других случаях:

– при прокатке с натяжением, когда $T_0 < T_1$,

$$M_{\text{опр}} = (T_0 - T_1)a;$$

– при поломке привода одного валков клетки $d_{\text{дуо}}$, когда $M_1 = 0$,

$$M_{\text{опр}} = M_2;$$

– при неравномерном распределении крутящего момента между валками

$$M_{\text{опр}} = M_1 - M_2.$$

1.4 Валки

В а л к и – основной деформирующий инструмент рабочей клетки прокатного стана. Конструктивно они состоят из нескольких элементов: цилиндрической бочки 1 диаметром D и длиной L , шеек 2 диаметром $d_{\text{ш}}$ и длиной $l_{\text{ш}}$, расположенных с обеих сторон бочки и опирающихся на подшипники, и приводного конца 3 для соединения вала со шпинделем (рис. 1.11). Валки изготавливают из чугуна, литой и ковальной стали марок 55Х, 60ХН, 9Х, 9Х2, 9ХФ, 9Х2МФ, 9Х2В и др.

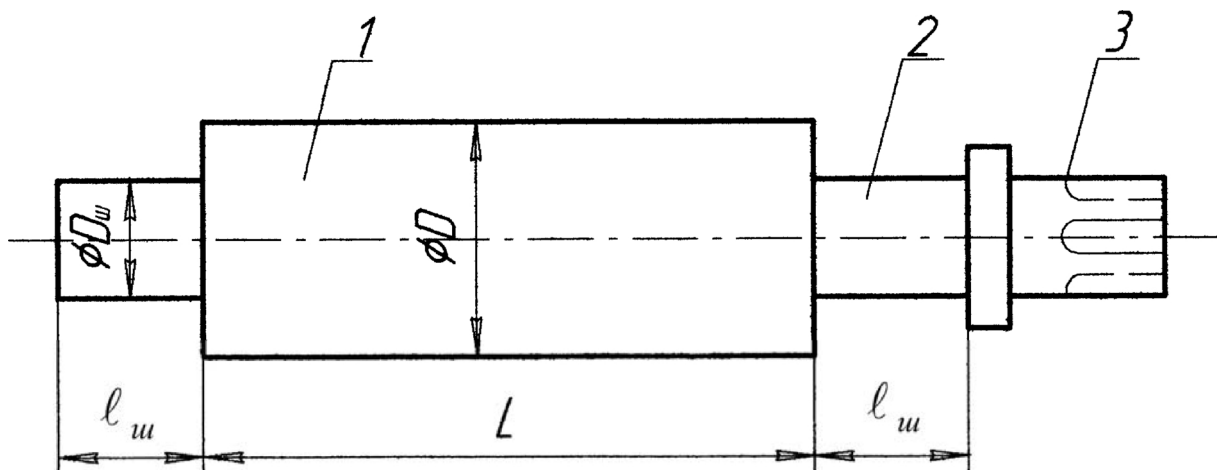


Рис.1.11. Конструкция валков

Диаметр валков определяют из условий прочности, жесткости и захвата металла валками по формуле

$$D = \frac{2Dh}{\alpha^2},$$

где Dh – максимальное абсолютное обжатие за проход; α – угол захвата.

По условию захвата целесообразно выбирать больший диаметр валков. Однако чем больше диаметр валков, тем больше усилие прокатки. Поэтому при уменьшении поперечного сечения полосы диаметр валка уменьшают. Длина бочки листопрокатного стана определяется максимальной шириной прокатываемой полосы B : $L = (1,05...1,1)B$, а также эмпирическим соотношением $L/D = 1,5...2,8$.

Размеры шеек валков берут конструктивно:

$$\frac{d_{\text{ш}}}{D} = 0,6...0,7; \quad \frac{l_{\text{ш}}}{d_{\text{ш}}} = 0,8...1,0.$$

Расположение валков и их количество определяется конструкцией рабочей клетки прокатного стана и типом прокатываемой продукции (рис.1.12). В клетях "дуо" используют два рабочих валка одинакового диаметра (рис. 1.12, а). В клетях "трио" средний валок делают меньшего диаметра (рис. 1.12, б). Он приводится во вращение не от электродвигателя, а прижимается при прокатке то к верхнему, то к нижнему валку и вращается в результате трения. В рабочей клетке "кварто" четыре валка, расположенных один под другим: два рабочих валка меньшего диаметра (средние), вращаемые от электродвигателя, и два опорных валка большего диаметра (крайние верхний и нижний), вращаемые от трения (рис. 1.12, в). Обычно $D_{\text{оп}}/D_{\text{раб}} = 2,5$.

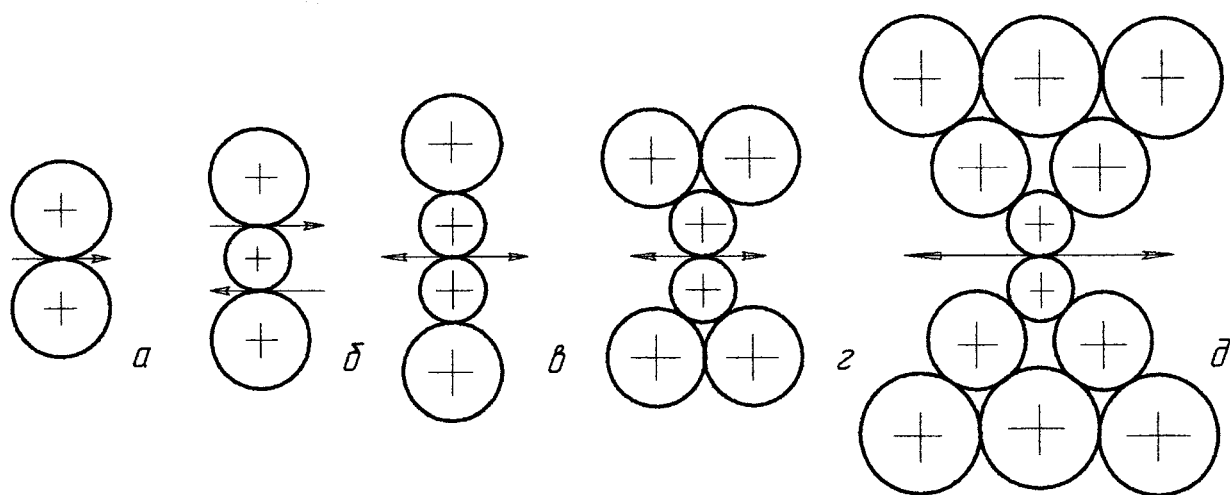


Рис. 1.12. Схемы расположения валков

В многовалковых клетях число валков может быть равным 6, 12 и 20 (рис. 1.12, г, д), такая схема обеспечивает исключительно большую жесткость всей валковой системы, полное отсутствие прогиба рабочих валков очень малого диаметра (10–50 мм) и прокатку тонкой ленты.

Основные размеры валков (диаметр и длина бочки) должны соответствовать ГОСТ 5399-69. Правильность выбранных размеров проверяют расчетом деформации валков.

При проверочном расчете на прочность двухвалковой системы рабочий валок представляют в виде балки, установленной на двух опорах с равномерно распределенной нагрузкой по ее длине $q = \frac{P}{B}$. Со стороны привода к валку приложен крутящий момент (рис. 1.13).

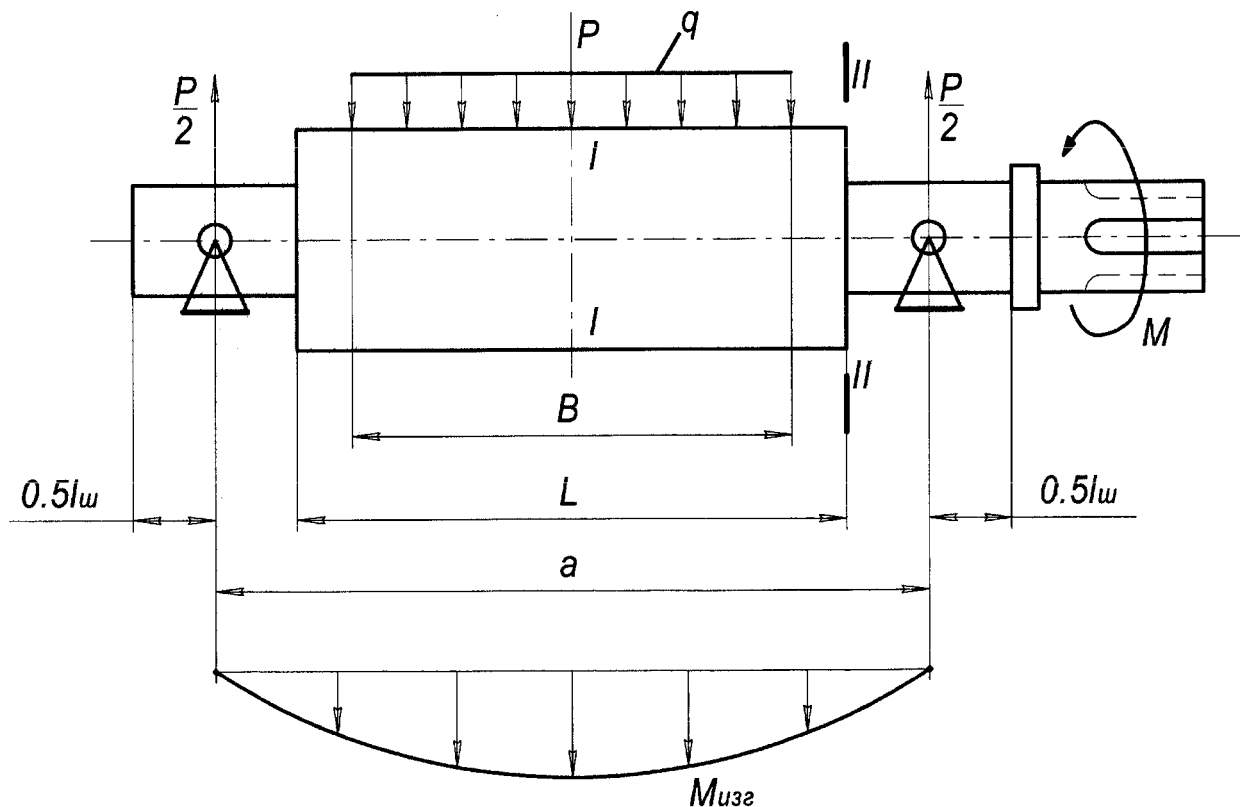


Рис. 1.13. К расчету рабочих валков на прочность

Наибольшие изгибающие моменты возникают в среднем сечении I-I бочки. Опасным для прочности валков является также напряжение в сопряжении шейки и бочки (сечение II-II). Напряжение от изгиба в сечении I-I

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{изг}}} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{в}}}{K_3},$$

где $M_{\text{изг}}$ – максимальный изгибающий момент,

$$M_{\text{изг}} = \frac{P}{4} \left(a - \frac{B}{2} \right);$$

a – расстояние между осями нажимных винтов;

$W_{\text{изг}}$ – момент сопротивления сечения I - I бочки на изгиб,

$$W_{\text{изг}} = 0,1D^3,$$

K_3 – коэффициент запаса прочности, $K_3 = 5$.

Шейку валков рассчитывают на изгиб и кручение. В сечении II-II напряжения от изгиба $\sigma_{\text{изг}}$ и кручения $\tau_{\text{кр}}$ определяются следующими зависимостями:

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{изг}}}, \quad \tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{кр}}},$$

где $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент,

$$M_{\text{изг}} = \frac{Pl_{\text{ш}}}{4},$$

$W_{\text{изг}}$ – момент сопротивления сечения II-II шейки валка на изгиб,

$$W_{\text{изг}} = 0,1d_{\text{ш}}^3;$$

$M_{\text{кр}}$ – крутящий момент, прикладываемый к шейке, если пренебречь потерями на трение в опорах валка, то можно считать

$$M_{\text{кр}} = M_{\text{пр}} = 2\psi lP;$$

ψ – коэффициент приложения плеча силы P ;

l – длина дуги захвата, $l = \sqrt{RDh}$;

$W_{\text{кр}}$ – момент сопротивления шейки валка на кручение,

$$W_{\text{кр}} = 0,2d_{\text{ш}}^3$$

Результирующее напряжение для стальных валков определяют по IV теории прочности

$$\sigma_S^{IV} = \sqrt{\sigma_{\text{изг}}^2 + 3\tau_{\text{кр}}^2} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_B}{K_3}.$$

При расчете на прочность валков рабочих клеток "кварто" принимают, что рабочий и опорный валки изгибаются на одинаковую величину. Так как стрела прогиба обратно пропорциональна величине диаметра валка, возведенного в четвертую степень, то

$$\frac{P_{\text{оп}}}{P_{\text{раб}}} = \left(\frac{D_{\text{оп}}}{D_{\text{раб}}} \right)^4.$$

Из анализа этой формулы следует, что практически все давление металла передается на опорный валок и последний надо рассчитать на изгиб от усилия прокатки.

В процессе прокатки, особенно широких и тонких листов, валки изгибаются. Наибольший прогиб имеет место в середине бочки валка:

$$f = f_1 + f_2 < [f],$$

где f_1 – прогиб от изгибающего момента,

$$f_1 = \frac{5}{384} \cdot \frac{PL^3}{EJ},$$

J – момент инерции сечения I-I бочки валка, $J = 0,05 \cdot D^4$; f_2 – прогиб от перерезывающих сил,

$$f_2 = \frac{1}{8} \cdot \frac{PL}{GF},$$

F – площадь поперечного сечения бочки валка, $F = 0,8D^2$; G – модуль сдвига материала валка, $G = 82000$ МПа; $[f]$ – допустимый суммарный прогиб.

Контактные напряжения – основная причина низкой стойкости валков рабочих клеток "кварто" и частых выходов из строя в результате повреждений поверхностного слоя. Значительные контактные напряжения возникают в поверхностных слоях рабочих и опорных валков от действия нормальных и касательных внешних сил и определяются по решению Герца-Беляева о сжатии двух гладких цилиндров бесконечной длины:

$$\sigma_{\text{max}} = 0,418 \sqrt{\frac{qE}{R_{\text{пр}}}} \leq [\sigma]_{\text{к}},$$

где $R_{\text{пр}}$ – приведенный радиус контактной поверхности,

$$R_{\text{пр}} = \frac{D_{\text{оп}} D_{\text{раб}}}{2(D_{\text{оп}} + D_{\text{раб}})}.$$

При контакте полосы с валком $R = 0,5 D_{\text{раб}}$.

В ряде случаев для повышения стойкости большие опорные валки целесообразно выполнять бандажированными (рис. 1.14). При посадке бандажа из сталей 9Х, 9Х2 с натягом δ на границе сочленения возникает посадочное давление

$$P_k = \frac{\frac{E\delta}{2r_2}}{\frac{1+k_1^2}{1-k_1^2} + \frac{1+k_2^2}{1-k_2^2}},$$

где $k_1 = r_1 / r_2$, $k_2 = r_2 / R_{\text{оп}}$.

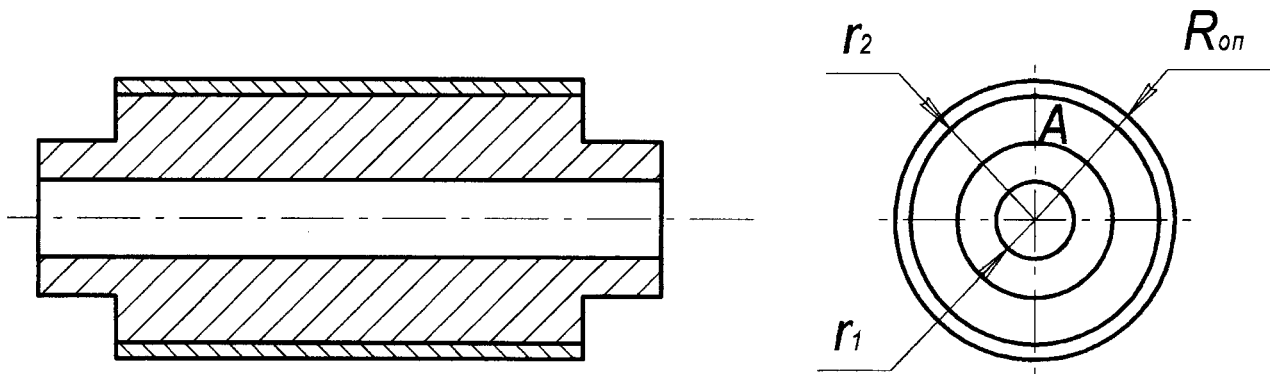


Рис.1.14. Конструкция бандажированного валка

Возникающие в бандаже посадочные напряжения находят по формулам Ляме. Для наиболее опасной точки А

$$\sigma_t = \frac{P_k r_2^2}{R_{\text{оп}}^2 - r_2^2} \left(1 + \frac{R_{\text{оп}}^2}{r_2^2} \right); \quad \sigma_r = \frac{P_k r_2^2}{R_{\text{оп}}^2 - r_2^2} \left(1 - \frac{R_{\text{оп}}^2}{r_2^2} \right).$$

Правильность выбора натяга проверяется по III теории прочности

$$\sigma_S^{\text{III}} = \sigma_t - (-\sigma_r) \leq [\sigma]_{\text{бандажа}}.$$

У бандажированного валка после износа рабочего слоя заменяется только бандаж, тогда как тело валка используется многократно.

1.5 Механизмы установки и уравнивания валков

В процессе прокатки расстояние между валками (зазор) z не остаётся постоянным, а изменяется в зависимости от степени деформации прокатываемого металла.

На всех листовых станах положение нижнего валка в рабочей клети фиксировано, поэтому зазор между рабочими валками регулируют перемещением верхнего валка вместе с подушками.

Подушки валков предназначены для крепления подшипников с установленными в них валками (рис. 1.15).

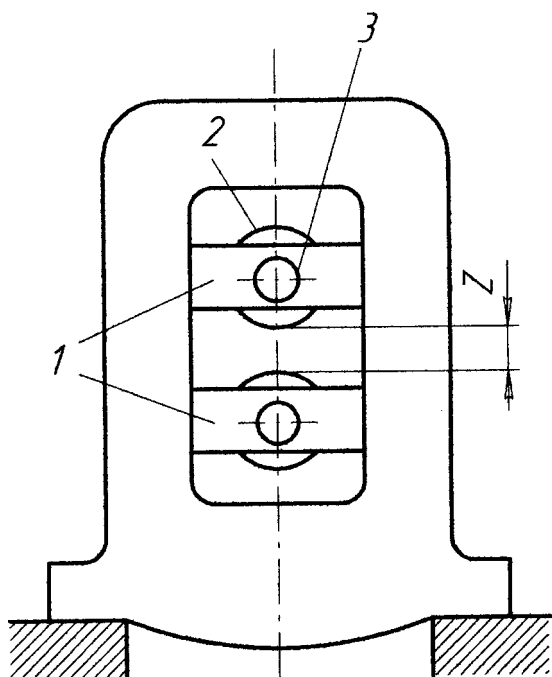


Рис.1.15. Вид станины с подушками и валками: 1 – подушка, 2 – валки, 3 – подшипники

Подушки располагают в окне станины, где они могут перемещаться вместе с валками вверх и вниз вдоль стоек станины как в направляющих. Перемещение подушек в рабочей клети осуществляется с помощью нажимных и уравнивающих устройств.

Нажимные механизмы предназначены для установки необходимого зазора между рабочими валками и компенсации износа. К ним предъявляют следующие требования: возможность воспринимать большие усилия прокатки, быстроходность и высокую точность установки валков. Существуют электромеханические и гидравлические приводы механизмов. На рис.1.16 показан электромеханический привод нажимного механизма полунепрерывного стана 2800.

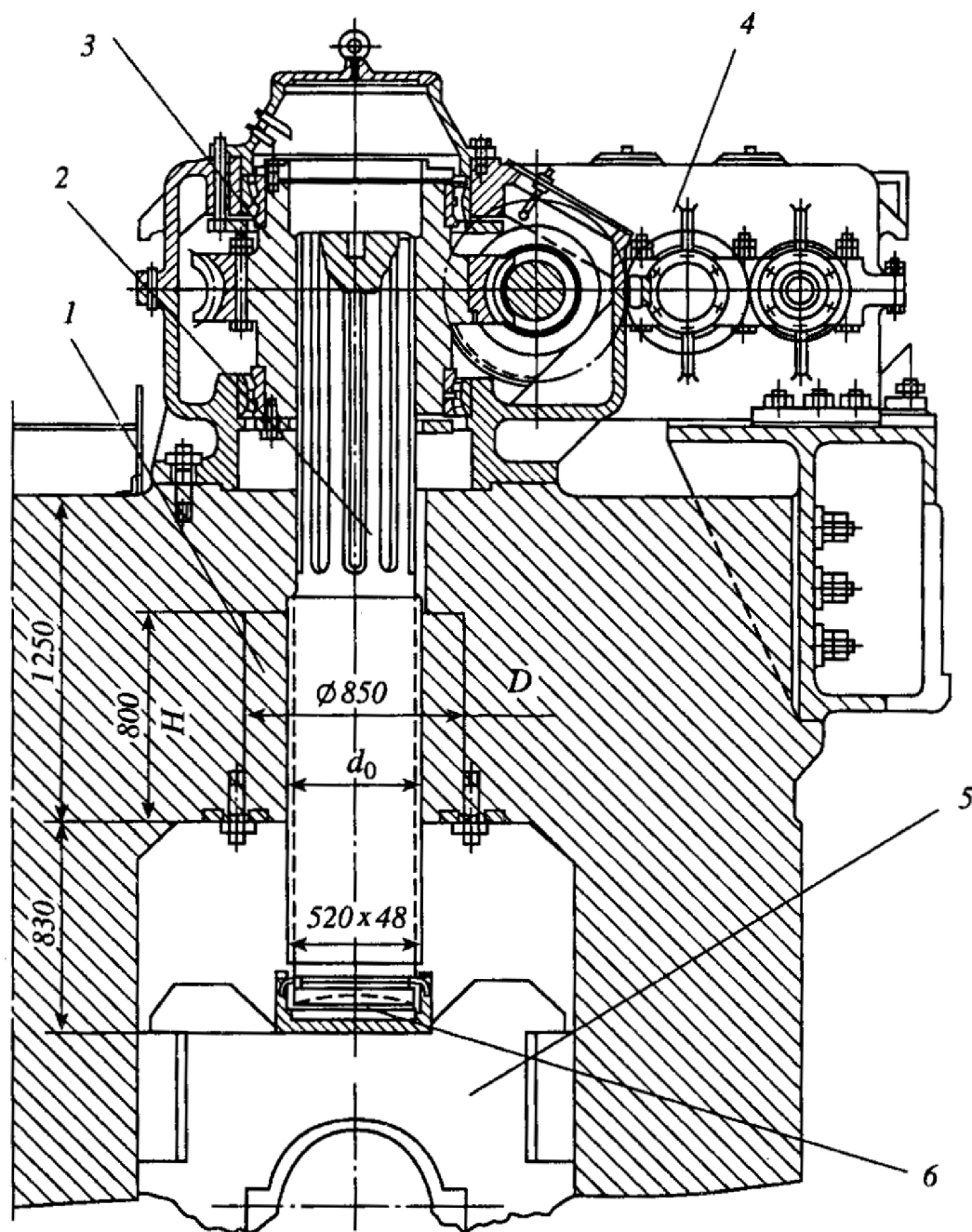


Рис. 1.16. Нажимной механизм чистовой клетки полунепрерывного стана 2800 горячей прокатки полос из алюминиевых сплавов

Нажимной механизм включает сам винт 2, установленный в шлицевых пазах червячного редуктора 3. Для центровки используется нажимная гайка 1. Привод осуществляется от электродвигателя через редуктор с цилиндрическими передачами.

Диаметр нажимного винта d_0 определяют в зависимости от максимального усилия Y , действующего на него при прокатке,

$$d_0 = \sqrt{\frac{4y}{\pi[\sigma]}},$$

и размеров шейки валка

$$d_0 = 0,6d_{\text{ш}},$$

где $[\sigma]$ – допустимое напряжение с пятикратным запасом прочности.

Нажимные винты изготавливают из ст. 5, 40Х, гайки – из любой бронзы. Резьба винтов и гаек – упорная трапецевидная. Точность установки раствора валков обеспечивается применением нажимных механизмов с большими передающими числами.

Электромеханические нажимные механизмы до сих пор имеют наибольшее распространение. Однако они имеют большие массы и габариты, требуют применения цветных металлов и снижают прочность станины. По этим причинам они начинают вытесняться гидравлическими нажимными устройствами.

При гидравлическом приводе нажимного устройства (рис.1.17) поршни 2 цилиндров 1 воздействуют на подушки 3 верхних валков. Эти устройства обладают малой инерционностью и позволяют достигать больших ускорений.

При холостом ходе стана нажимные винт и гайка под действием сил тяжести имеют в своей винтовой паре зазоры. Если эти зазоры не устранить, то в момент захвата металла валками возникнут динамические нагрузки на шейки валка и на нажимные винты, которые могут привести к поломке стана.

Перемещать вверх и вниз многотонный верхний валок с подушками – большая трудность: это приложение больших усилий инерционность системы, низкая точность установки валка в нужное положение. Если уравновесить валок вместе с подушками, то для их перемещения в вертикальном направлении потребуется незначительное усилие. Система становится практически безынерционной и легко поддается регулировке с высокой точностью. Поэтому у всех рабочих клеток предусмотрены устройства для уравновешивания верхнего валка и его подушек. При помощи таких устройств подушки верхнего валка всегда плотно прижаты к торцам нажимных винтов, и зазоров в соединениях шейки валка с нажимной гайкой не образуется. Благодаря этому исключаются их соударения при поступлении металла в валки и обеспечивается заданное положение верхних валков во время пауз.

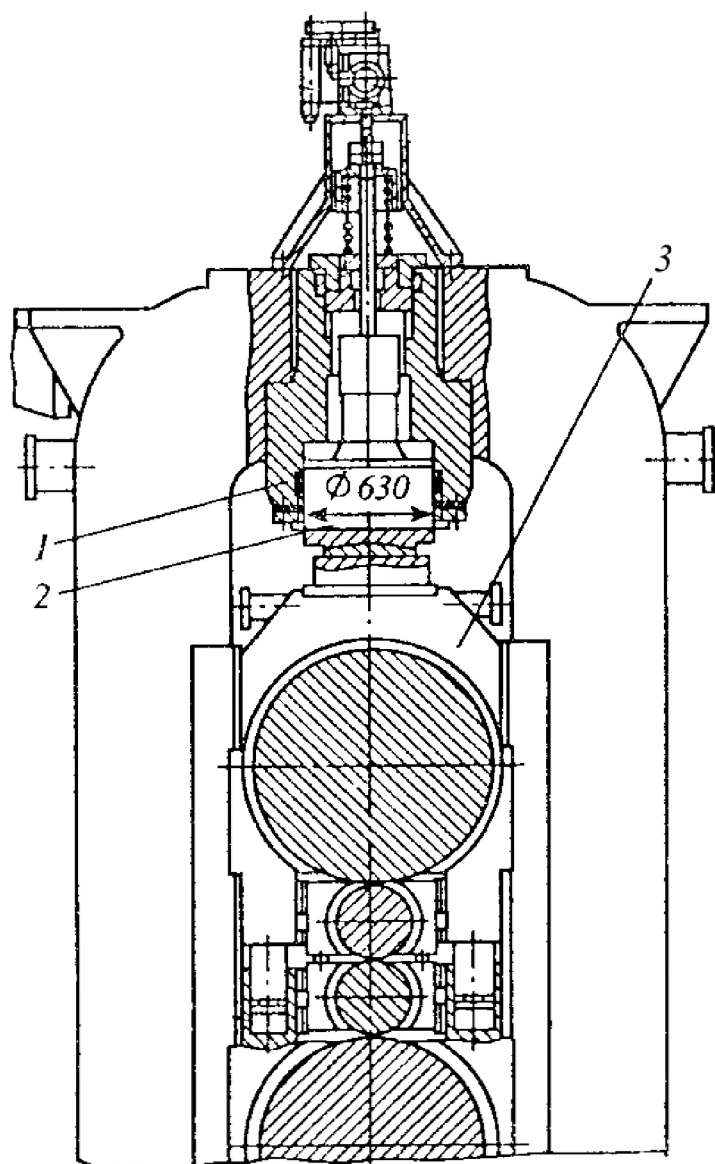


Рис.1.17. Гидравлический привод нажимного механизма

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

На рис.1.18 приведена конструкция грузового уравнивающего устройства. Уравнивание производят с помощью контргруза 3 через рычаг 4 и штангу 5.

Масса контргруза выбирается из условия, чтобы она на 20-40% превышала массу валка 1 с подушками 2. Устройство используется при перемещении верхнего валка на большую высоту на блюмингах и слябингах.

На рис.1.19 показана конструкция гидравлического устройства.

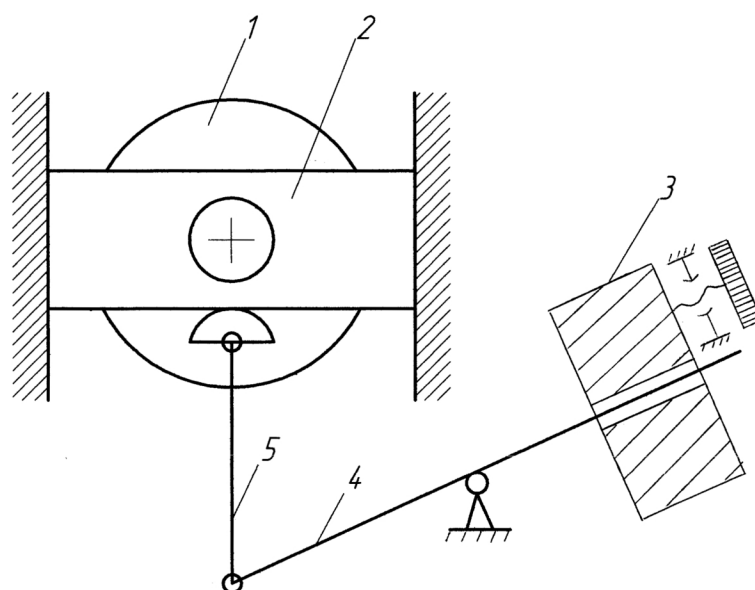


Рис.1.18. Схема грузового уравновешивающего устройства

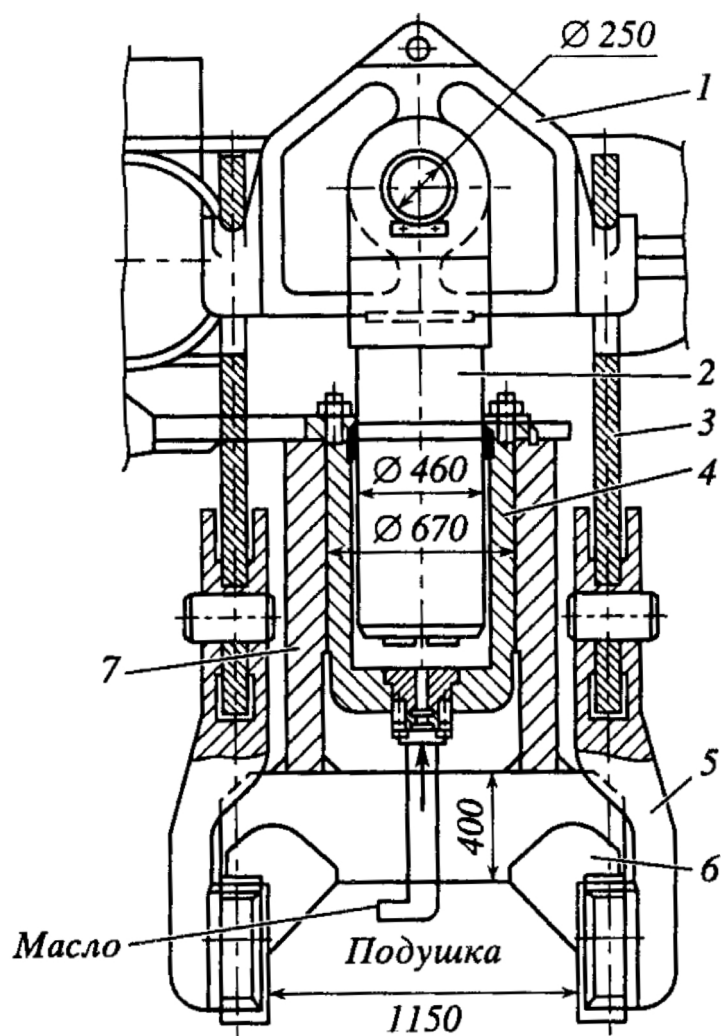


Рис.1.19. Гидравлический уравновешиватель стана 2500

Масло высокого давления поступает к гидроцилиндру 4, установленному в верхней траверсе 7 клетки. Под воздействием давления поршень 2 поднимается вверх и через подвижную траверсу 1 поднимает тяги 3 и балки 5, на упорах которых размещены подушки. Необходимое давление жидкости p в гидроцилиндре определяется из условия:

$$p \frac{\pi d^2}{4} = KG,$$

где G – вес подушек, верхнего валка и нажимного устройства; K – коэффициент переуравновешивания, $K=1,2-1,4$; d – диаметр поршня.

Весьма компактной конструкция получается, если гидравлические цилиндры устанавливают между подушками валков (рис. 1.20), подача масла под поршни (узел Б) обеспечивает прижатие подушки опорного валка к нажимному винту, а подача масла под поршень (узел А) сообщает поджатие рабочего валка к опорному.

Пружинные уравнивающие устройства применяются для станков с небольшим весом верхних валков. Его схема показана на рис. 1.21.

Устройство установлено на верхней траверсе 7, оно включает шток 5, на котором установлены пружины 3, усилие пружин регулируется гайками 1 через втулку 2. Для устойчивости от вспучивания пружин принята составная система из двух одинаковых пружин, разделенных втулками 4. Шток ушками 6 соединяется с траверсой 9, в которой установлены подушки валков 8.

Из рассмотренных типов наиболее удобны в эксплуатации гидравлические уравнивающие устройства: они обеспечивают удобство настройки, постоянство рабочих усилий и широко применяются на станах всех типов.

Для фиксации валков в подушках применяются подшипники трех типов: скольжения, качения и жидкостного трения.

Подшипники скольжения выполняются открытого и закрытого типов в виде вкладышей из текстолита и охлаждаются водой. На рис. 1.22 показано наиболее часто встречающееся расположение вкладышей для двухвалковых станков.

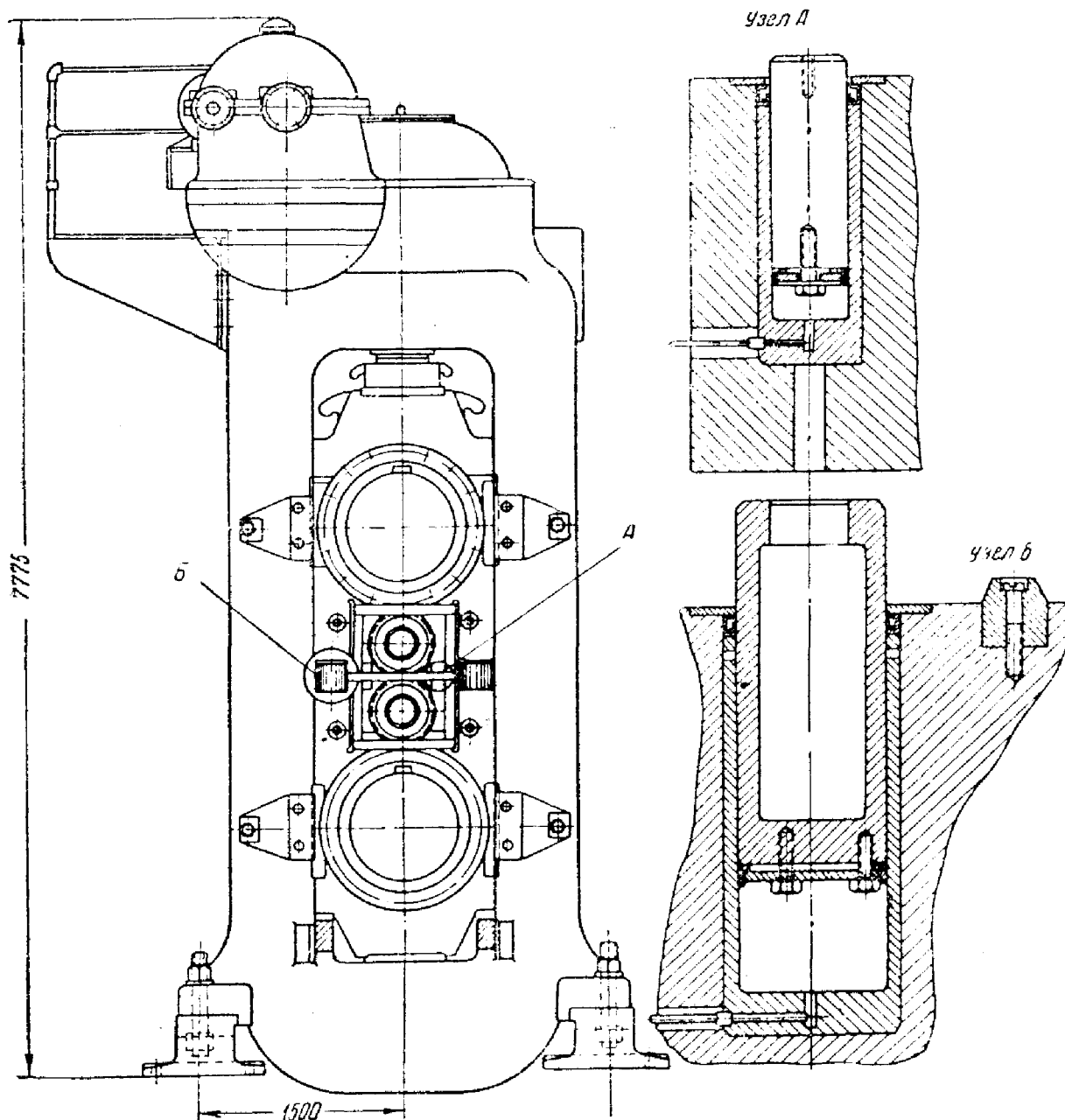


Рис. 1.20. Гидравлическое уравнивание валков у 4-валкового стана горячей прокатки

Коэффициент трения подшипников $\mu = 0,04 - 0,08$, но они не работают на больших давлениях. При высоких давлениях используются подшипники закрытого типа.

Подшипник жидкостного трения (ПЖТ) представляет собой подшипник скольжения закрытого типа с очень высокой степенью чистоты обработки трущихся поверхностей.

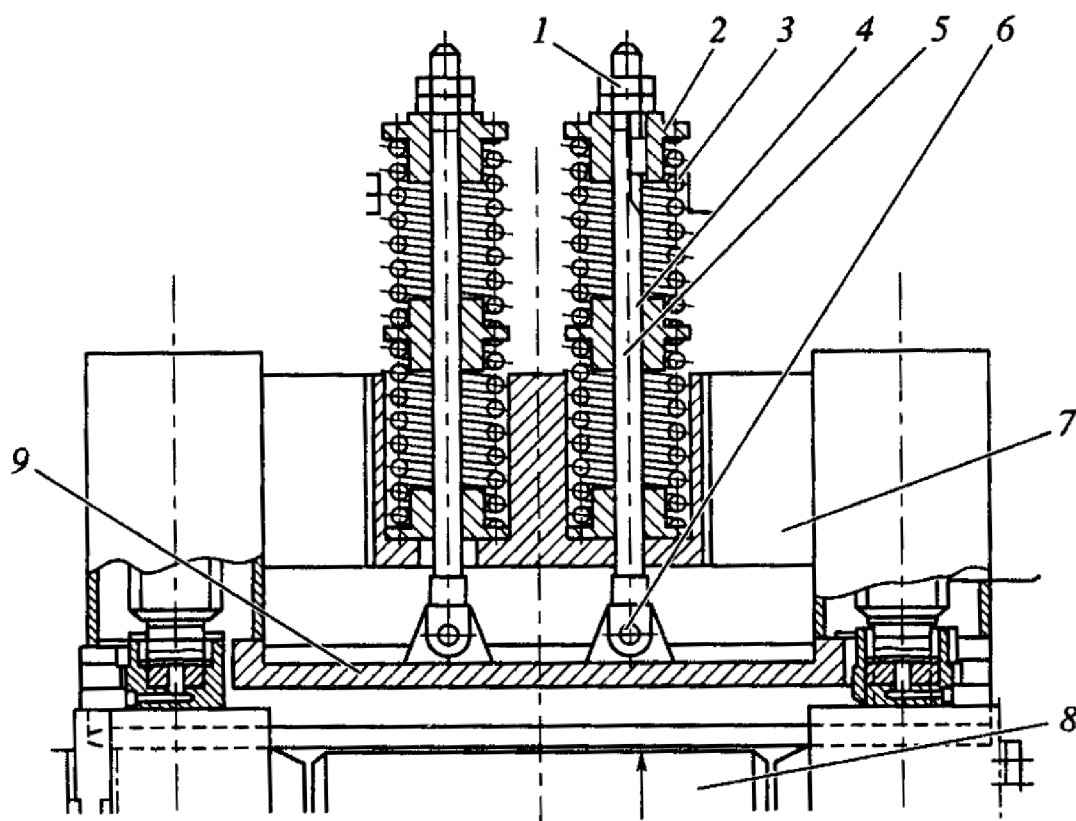


Рис.1.21. Пружинное уравновешивание верхнего валка стана 530

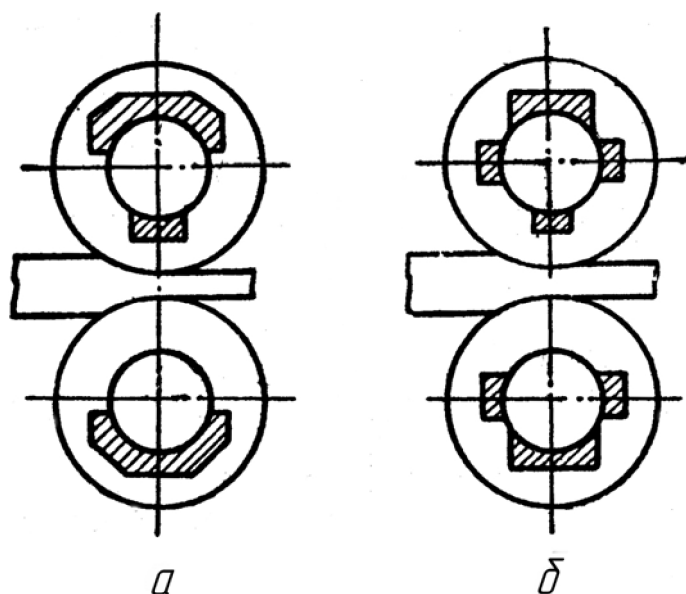


Рис.1.22. Схема расположения вкладышей подшипников открытого типа

Особенностью подшипника является то, что независимо от условий работы между телом шейки и материалом подшипника всегда сохраняется масляная пленка, в результате чего шейка как бы плавает в подшипнике. Состояние жидкостного трения обеспечивается в этих

подшипниках благодаря тщательной (зеркальной) обработке трущихся деталей и совершенно закрытой (герметичной) конструкции самого подшипника.

Для обеспечения свободного вращения цапфы ее диаметр $d_{\text{ц}}$ делают меньше диаметра втулки – вкладыша $d_{\text{в}}$ на величину двух радиальных зазоров $\delta_{\text{пжт}}$, т.е. $d_{\text{в}} - d_{\text{ц}} = 2\delta_{\text{пжт}}$ (рис.1.23).

В положении покоя цапфа, нагруженная внешней силой Y , лежит во вкладыше; центр цапфы смещен вниз на величину радиального зазора $\sigma_{\text{пжт}} = r_{\text{в}} - r_{\text{ц}}$. При вращении цапфы смазка, подаваемая под давлением, затягивается в суживающийся зазор между цапфой и вкладышем.

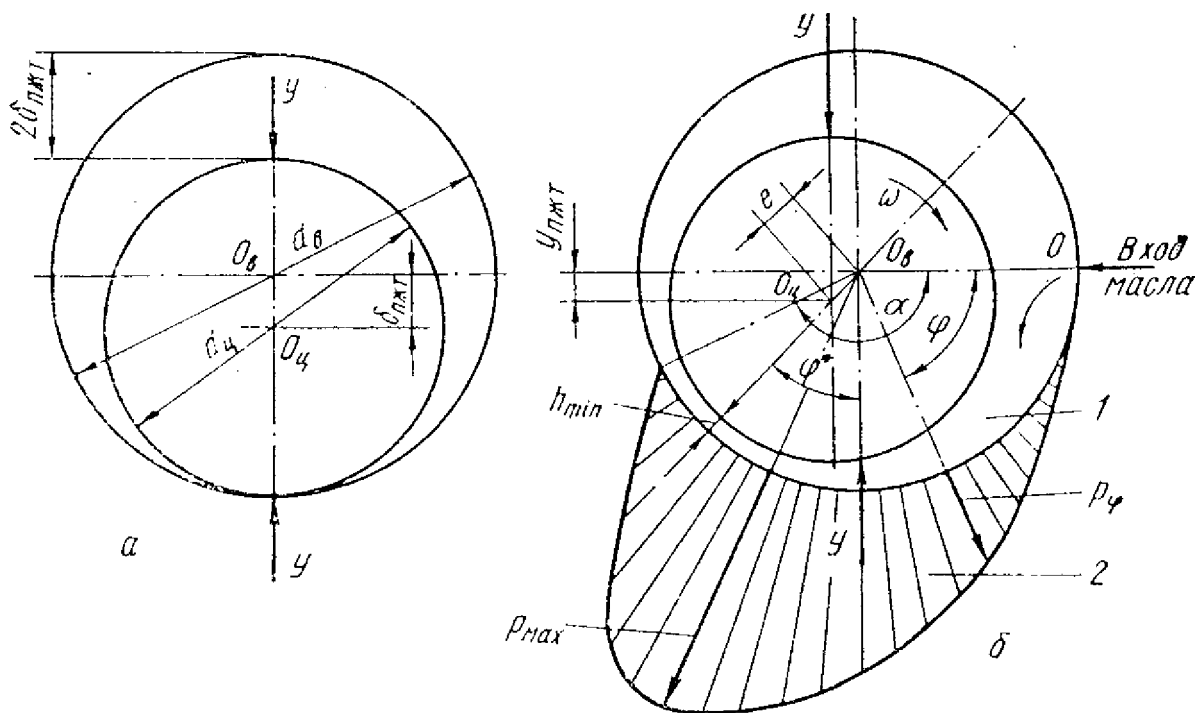


Рис.1.23. Принципиальная расчетная схема ПЖТ: а–цапфа не вращается; б–цапфа вращается; 1–масляный клин, 2–эпюра радиальных давлений

Масло нагнетается в образующийся масляный клин; давление в клине с увеличением скорости повышается (гидродинамический эффект) и, преодолев внешнюю нагрузку Y , заставит цапфу подняться и сместиться влево (по направлению вращения) по отношению к вертикальной оси, проходящей через центр вкладыша. Эпюра радиальных давлений P_{ϕ} в масляном клине имеет куполообразный вид. Цапфа и вкладыш будут разделены между собой слоем смазки.

ПЖТ устанавливают на шейки валка (рис.1.24). Внутренняя втулка 9 подшипника монтируется на цапфу и фиксируется от поворота шпонкой 5.

От осевого смещения подшипниковую втулку удерживают втулка 3, передняя насадка 1, кольцо 14, шпонка 4 и гайка 13. Наружная втулка подшипника 8 устанавливается в подушках стана, радиальная нагрузка воспринимается баббитовой заливкой наружной втулки. В связи с тем, что ПЖТ не воспринимают осевую нагрузку, в конструкции предусмотрены кольцо-насадка 6 и упорный узел 10 с коническим двухрядным подшипником. Подшипник заключен в стакан 11 и зафиксирован крышками 12, узлом передней крышки 2, гайкой с разъемным кольцом 15.

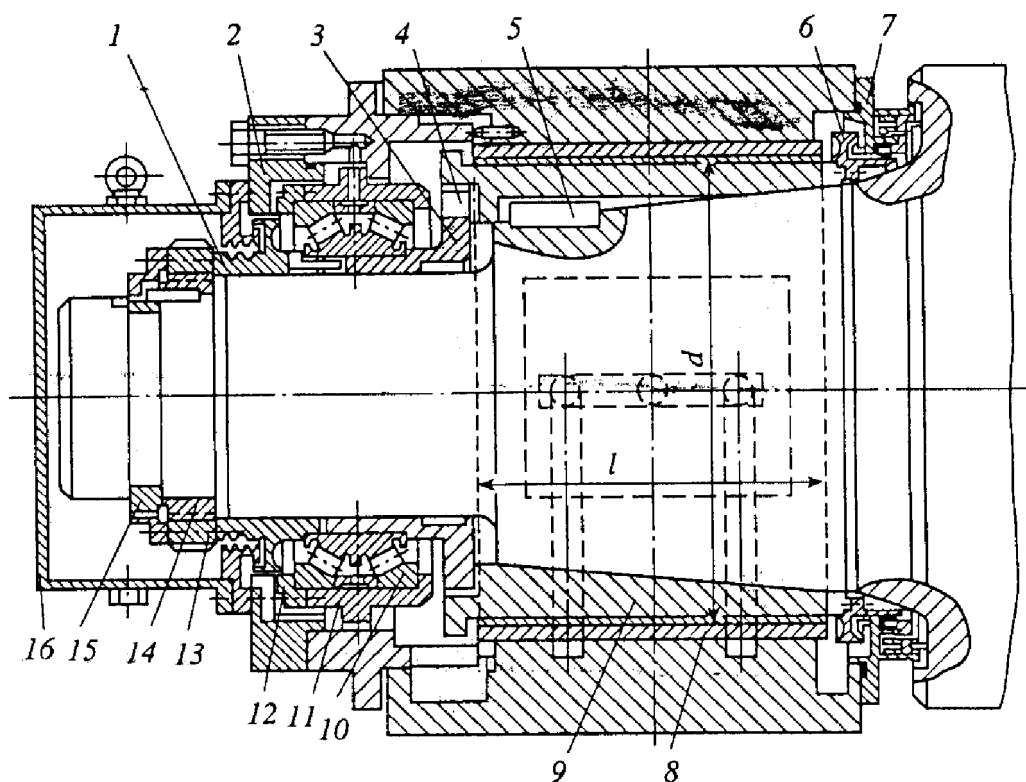


Рис.1.24. Конструкция ПЖТ

В ПЖТ имеется система торцевых текстолитовых уплотнений 7 и лабиринтных уплотнений 1. Весь узел ПЖТ закрыт крышкой 16. Коэффициент трения подшипников $\mu = 0,00015 - 0,003$.

Подшипники качения применяют на заготовочных, сортовых и листовых станах холодной и горячей прокатки. Как правило, применяют конические роликовые двух- и четырехрядные подшипники.

Они хорошо самоустанавливаются и способны воспринимать большие осевые нагрузки, обеспечивают низкий коэффициент трения и высокую точность проката.

На рис. 1.25 показана установка рабочего валка 1 стана 2800. Валок смонтирован на четырехрядном коническом роликовом подшипнике 3. Имеются системы уплотнений 2 и 4 и система густой централизованной смазки. Коэффициент трения подшипников $\mu = 0,002 - 0,005$.

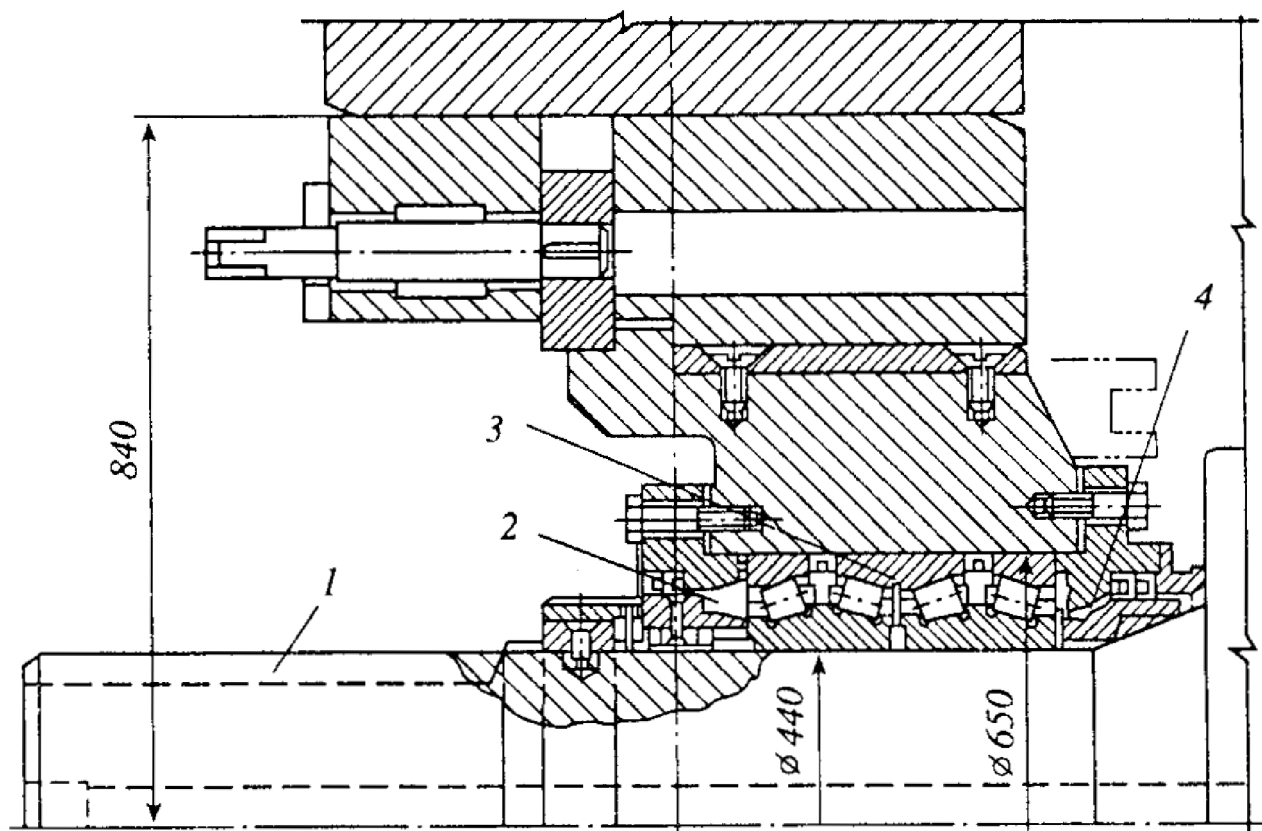


Рис.27. Установка подшипника на рабочий валок четырёхклетьевого стана

1.6 Устройства для привода валков рабочих клеток

Универсальное шпиндельное соединение 1 предназначено для передачи приводным валкам рабочей клетки 2 вращения и крутящих моментов от шестеренной клетки 3 при несоосности шестеренных и прокатных валков (рис.1.26). Несоосность валков возникает при регулировке стана и вследствие отклонения фактического диаметра валков от номинальных значений, например, после перешлифовки или переточки.

При передаче шпинделем крутящего момента в сечении I-I, расположенном на расстоянии x от оси шарнира, возникают напряжения от кручения и изгиба. Напряжение кручения:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{2W_{\text{кр}}},$$

где $W_{\text{кр}}$ – момент сопротивления кручению сечения сегмента I-I.

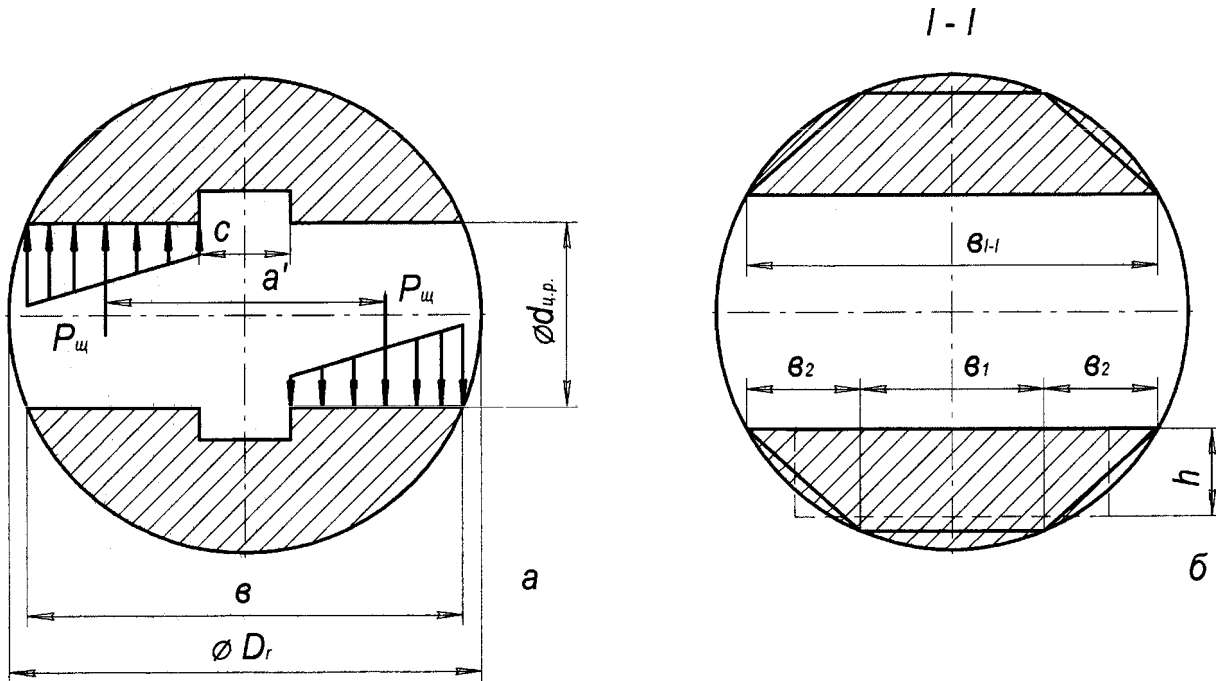


Рис. 1.28. Схема расчета $W_{\text{кр}}$ и $W_{\text{изг}}$

Для упрощения расчета $W_{\text{кр}}$ сегмент приравнивают равновеликому по площади прямоугольнику высотой h и шириной $b_1 + b_2$. Причем $b_1 = 2b_2$, $b_2 = 0,25b_{I-I}$. Тогда

$$W_{\text{кр}} = \chi(b_1 + b_2)h^2,$$

где χ – коэффициент, зависящий от отношения ширины прямоугольника $(b_1 + b_2)$ к его высоте h . Высоту легко найти из равенства площадей сегмента и прямоугольника.

Напряжение изгиба в сечении I-I

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{изг}}},$$

где $M_{\text{изг}}$ – изгибающий момент,

$$M_{\text{изг}} = P_{\text{щ}} x = 1,43 \frac{M_{\text{изг}}}{b};$$

$W_{\text{изг}}$ – момент сопротивления сечения сегмента I-I на изгиб.

Для расчета $W_{\text{изг}}$ сегмент заменяют равновеликой по площади трапецией с основанием $(b_1 + 2b_2)$ и высотой h . Тогда

$$W_{\text{изг}} = \frac{3b_1^2 + 6b_1b_2 + 2b_2^2}{6(3b_1 + 4b_2)} h^2.$$

При увеличении x изгибающий момент возрастает и одновременно с ним увеличивается $W_{\text{изг}}$. Отсюда следует, что максимальные изгибающие напряжения будут возникать в каком-то сечении, расположенном на расстоянии x^* . Для нахождения x^* надо взять несколько сечений, расположенных на разных расстояниях x , сделать в них подсчет $\sigma_{\text{изг}}$ по описанной выше методике и среди них выбрать значение x^* , соответствующее наибольшему изгибающему напряжению.

Согласно IV теории прочности суммарное напряжение в наиболее опасном сечении

$$\sigma_S^{IV} = \sqrt{\sigma_{\text{изг}}^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{в}}}{K_3},$$

где K_3 – коэффициент запаса прочности, $K_3 = 5$; $\sigma_{\text{в}}$ – предел прочности материала шпинделя.

Шпиндели обычно изготавливают из углеродистой ковanej стали марки 40 или легированных сталей 40X, 40XН, 40XНМ, 35XНВ. Предел прочности этих сталей равен 650...850 МПа.

Тело шпинделя работает только на кручение, поэтому

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{кр}}} = \frac{M_{\text{кр}}}{0,2d_{\text{шп}}^3} \leq [\tau],$$

где $d_{\text{шп}}$ – диаметр тела шпинделя.

По аналогии с расчетом на прочность головки шпинделя предполагают, что давление от вкладыша распределяется по поверхности лопасти вала по трапеции (рис. 1.29). Тогда сила $P_{\text{л}}$, действующая на вилку,

$$P_{\text{л}} = 1,43 \frac{M_{\text{кр}}}{b_{\text{л}}}.$$

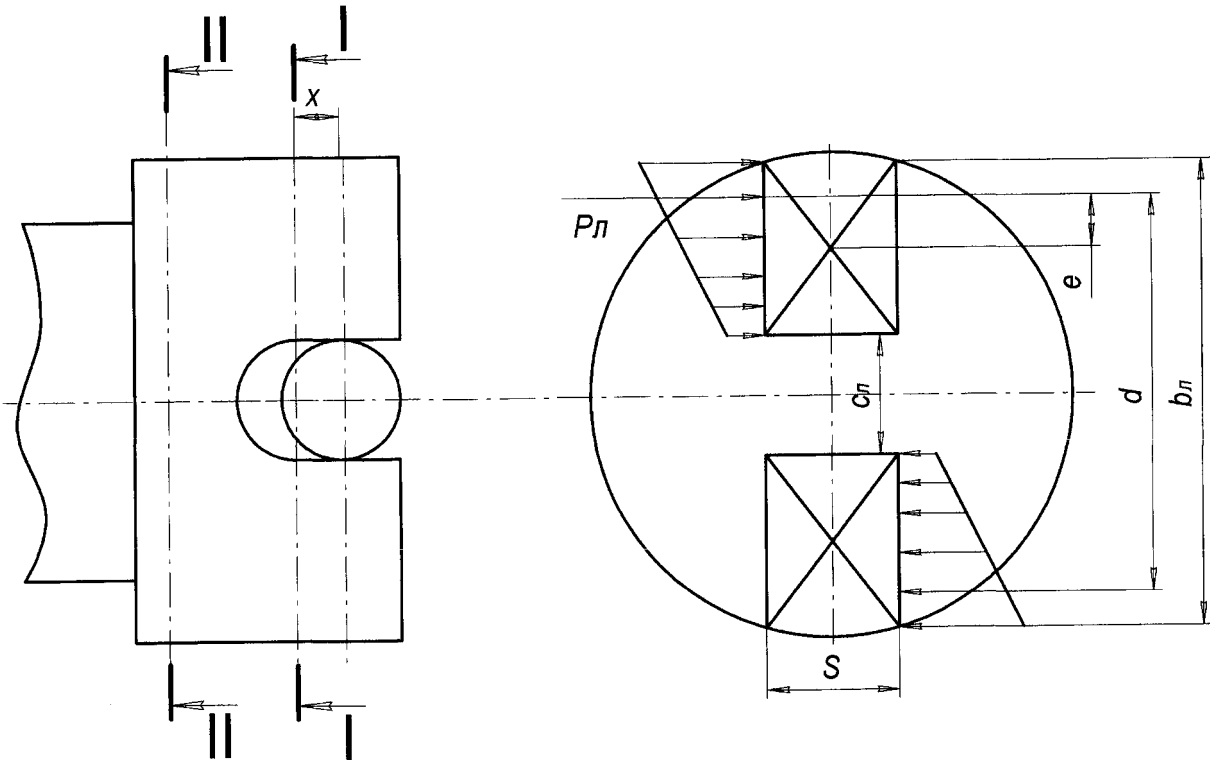


Рис. 1.29. Схема расчета лопасти валька

Эта сила приложена эксцентрично относительно центра сечения вилки, поэтому она скручивает сечение вилки моментом

$$M_{\text{кр.л}} = P_{\text{л}} e,$$

где e – эксцентриситет приложения силы $P_{\text{л}}$ относительно центра тяжести сечения вилки (определяется по чертежу).

Кроме того, сила $P_{\text{л}}$ создает изгибающий момент относительно сечения I-I. Поэтому в сечении I-I действуют напряжения кручения и изгиба

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр.л}}}{W_{\text{кр.л}}} = \frac{P_{\text{л}} e}{W_{\text{кр.л}}},$$

$$\sigma_{\text{изг}} = \frac{M_{\text{изг.л}}}{W_{\text{изг.л}}} = \frac{P_{\text{л}} x}{W_{\text{изг.л}}} = \frac{1,43 \frac{M_{\text{кр}}}{b_{\text{л}}} x}{W_{\text{изг.л}}}.$$

Моменты сопротивления сечения I-I изгибу и кручению можно определить, приравняв сечение вилки прямоугольному сечению высотой S и шириной $0,5(b_{\text{л}} - c_{\text{л}})$.

$$W_{\text{изг.л}} = \left(\frac{b_{\text{л}} - c_{\text{л}}}{2} \right) \frac{S^2}{6},$$

$$W_{\text{кр}} = \left(\frac{b_{\text{л}} - c_{\text{л}}}{2} \right) S^2.$$

Согласно IV теории прочности

$$\sigma_S^{IV} = \sqrt{\sigma_{\text{изг}}^2 + 3\tau_{\text{кр}}^2} \leq [\sigma] = \frac{\sigma_{\text{в}}}{K_3}.$$

Кроме сечения I-I проверяют сечение II-II, работающее только на кручение:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{кр}}} \leq [\sigma],$$

где $W_{\text{кр}}$ – момент сопротивления на кручение прямоугольного сечения II-II,

$$W_{\text{кр}} = \chi \cdot b_{\text{л}} \cdot S^2.$$

Здесь χ зависит от отношения ширины сечения $b_{\text{л}}$ к его высоте S .

Выбранные конструктивные размеры шпинделя после проверки его на прочность необходимо согласовать с ГОСТ 8059-83 «Шарниры универсальные с вкладышами скольжения для прокатного оборудования. Основные размеры. Общие технические требования».

Момент на валу двигателя, необходимый для привода валков прокатного стана, складывается из двух величин:

$$M_{\text{дв}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{дин}}.$$

Статистический момент двигателя $M_{\text{ст}}$ не изменяется в процессе прокатки и определяется по формуле

$$M_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}}}{i\eta} + M_{\text{хх}},$$

где $M_{\text{ст}}$ – момент прокатки, затрачиваемый на пластическую деформацию металла; $i = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{в}}}$ – передаточное отношение привода между валками и приводом.

Здесь $n_{\text{дв}}$ и $n_{\text{в}}$ – скорости вращения двигателя и вала соответственно, об/мин.

КПД привода

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3,$$

где $\eta_1 = 0,99$;

$\eta_2 = 0,92-0,95$;

$\eta_3 = 0,95-0,98$ – соответственно КПД шпинделей, шестеренной клетки, редуктора вместе с муфтой.

Момент сил трения $M_{\text{тр}}$, возникающий в подшипниках валков станов “кварто”,

$$M_{\text{тр}} = p d_{\text{ш}} \mu_{\text{ш}} \frac{D_{\text{р}}}{D_{\text{оп}}},$$

где p – нагрузка на подшипники, равная давлению металла на валки; $d_{\text{ш}}$ – диаметр шейки рабочих валков; $\mu_{\text{ш}}$ – коэффициент трения в подшипниках; $D_{\text{р}}$ и $D_{\text{оп}}$ – диаметр рабочего и опорного валков соответственно.

Момент холостого хода $M_{\text{хх}}$, необходимый для вращения деталей стана во время холостого хода, $M_{\text{хх}} = (0,02-0,05)M_{\text{пр}}$.

Динамический момент двигателя, требующийся для преодоления инерционных усилий в станах с регулируемой скоростью прокатки,

$$M_{\text{дин}} = \frac{GD_{\text{пр}}^2}{375} \rho,$$

где ρ – угловое ускорение (замедление) вращения; $GD_{\text{пр}}^2$ – приведенный к оси якоря электродвигателя маховой момент вращающихся частей привода,

$$GD_{\text{пр}}^2 = GD_{\text{я}}^2 + GD_{\text{м}}^2 + GD_{\text{мах}}^2 + \\ + \frac{DG_{\text{к}}^2}{i^2} + \frac{DG_{\text{км}}^2}{i^2} + 2 \left(\frac{GD_{\text{ш.в}}^2}{i^2} + \frac{GD_{\text{ш}}^2}{i^2} + \frac{GD_{\text{р}}^2}{i^2} \right).$$

Здесь индексами обозначены маховые моменты якоря двигателя, моторной муфты, маховика, ведомого колеса редуктора, коренной муфты, шестеренных валков, шпинделей, рабочих валков.

Приведенный динамический момент двигателя с учетом продолжительности включения (ПВ)

$$M_{\text{дин.пр}} = M_{\text{дин}} \sqrt{\frac{\text{ПВ}}{0,25}},$$

где $\text{ПВ} = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{ц}}}$, $t_{\text{ц}} = t_{\text{раб}} + t_{\text{п}}$, $t_{\text{раб}} = \frac{L_i}{v_i}$ – рабочее время прохода;

$L_i = \frac{L_0 B_0 H_0}{H_i B_i}$, $t_{\text{п}}$ – время пауз, $t_{\text{п}} = D h_i / v_{\text{н.в}}$; $v_{\text{н.в}}$ – скорость перемещения нажимных винтов; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность одного цикла прокатки.

Время прокатки должно распределяться между клетями таким образом, чтобы продолжительность прокатки в чистовых клетях была на 15–20% меньше, чем в черновых.

Момент двигателя прокатного стана – контролируемый параметр:

$$\frac{M_{\text{дв}}}{K} \leq M_{\text{н}},$$

где K – коэффициент допустимой перегрузки двигателя стана, $K = 2,5$; $M_{\text{н}}$ – номинальный момент двигателя, определяемый по каталогам.

Кроме того, рассчитывается мощность двигателя:

$$N_{\text{дв}} = \frac{A 10^3}{102 t_{\text{раб}}},$$

где A – работа двигателя,

$$A = \frac{L_i}{R_i(1 + S_i)} \frac{M_{\text{дв}}}{K}.$$

Найденное значение следует сравнивать с номинальной мощностью двигателя, указываемой в каталогах.

По отношению момента прокатки $M_{\text{пр}}$ к статическому моменту двигателя определяется КПД прокатного стана:

$$\eta_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{пр}}}{M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{хх}}}.$$

Его величина зависит от конструкции стана и колеблется в широких пределах 0,3–0,9.

1.7 Оборудование для перемещения проката

Металл в современных прокатных цехах перемещают в различных направлениях, но главным образом, в продольном (вдоль цеха) и поперечном. Кроме того, металл подвергается кантованию и перемещению в вертикальном направлении. Для выполнения указанных транспортных операций в прокатном цехе применяется следующее оборудование (рис.1.30).

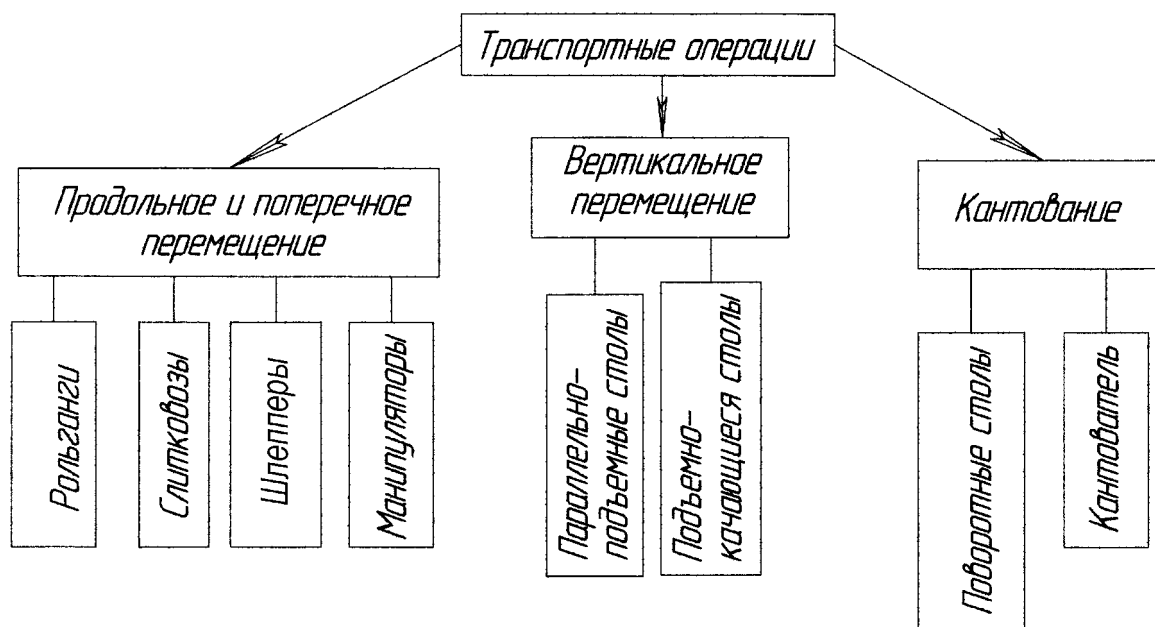


Рис. 1.30. Типы оборудования для перемещения проката

Рольганги служат в основном для перемещения металла в продольном направлении к рабочим клетям, подачи металла в валки,

приема его из валков, транспортировки от одной клетки к другой, передвижения к ножницам и др.

По назначению рольганги разделяют на рабочие и транспортные. Рольганги, установленные непосредственно у рабочих клеток стана называют рабочими. Все остальные – транспортными.

Общая длина рабочих и транспортных рольгангов прокатного стана весьма значительна, а масса их достигает 20–30% от массы механического оборудования.

Рольганги представляют собой систему расположенных параллельно друг другу в горизонтальной плоскости цилиндрических стальных роликов, вращающихся на двух опорах. Рольганги выполняют с групповым и индивидуальным приводом роликов и с холостыми роликами.

На рис. 1.31 показана кинематическая схема группового привода роликов 5 с односторонним расположением конических передач. Вращение роликам передается от электродвигателя 1 через редуктор 2 и конические шестерни 3, находящиеся на общем продольном валу 4. Рольганг с групповым приводом через конические передачи обычно составляют из отдельных секций. Каждая секция содержит 4–10 роликов.

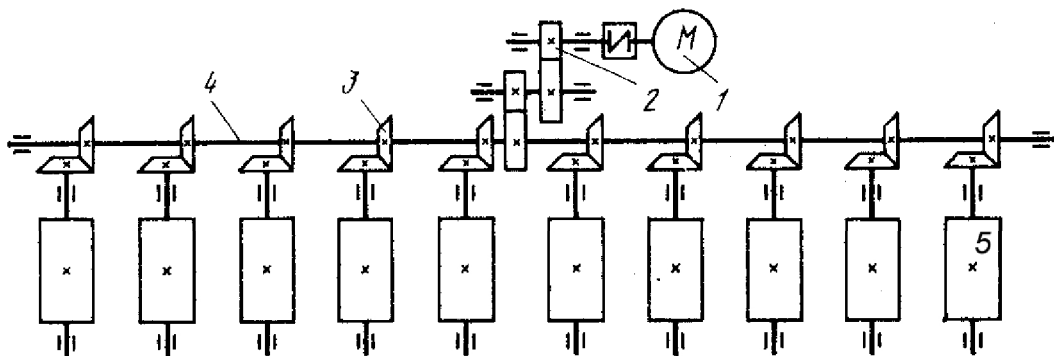


Рис. 1.31. Кинематическая схема рольганга с групповым приводом через конические передачи

В последние годы получили распространение рольганги с групповым приводом через цилиндрические передачи (рис. 1.32). Вращение роликам рольганга 4 передается от электродвигателя 1 через редуктор 2 и цилиндрические передачи с паразитной шестерней 3. Такие рольганги обладают большей долговечностью, лучшими усло-

виями замены роликов при ремонтах, повышенной окружной скоростью. Себестоимость их изготовления на 20–30% меньше по сравнению с рольгангами, имеющими групповой привод через конические передачи.

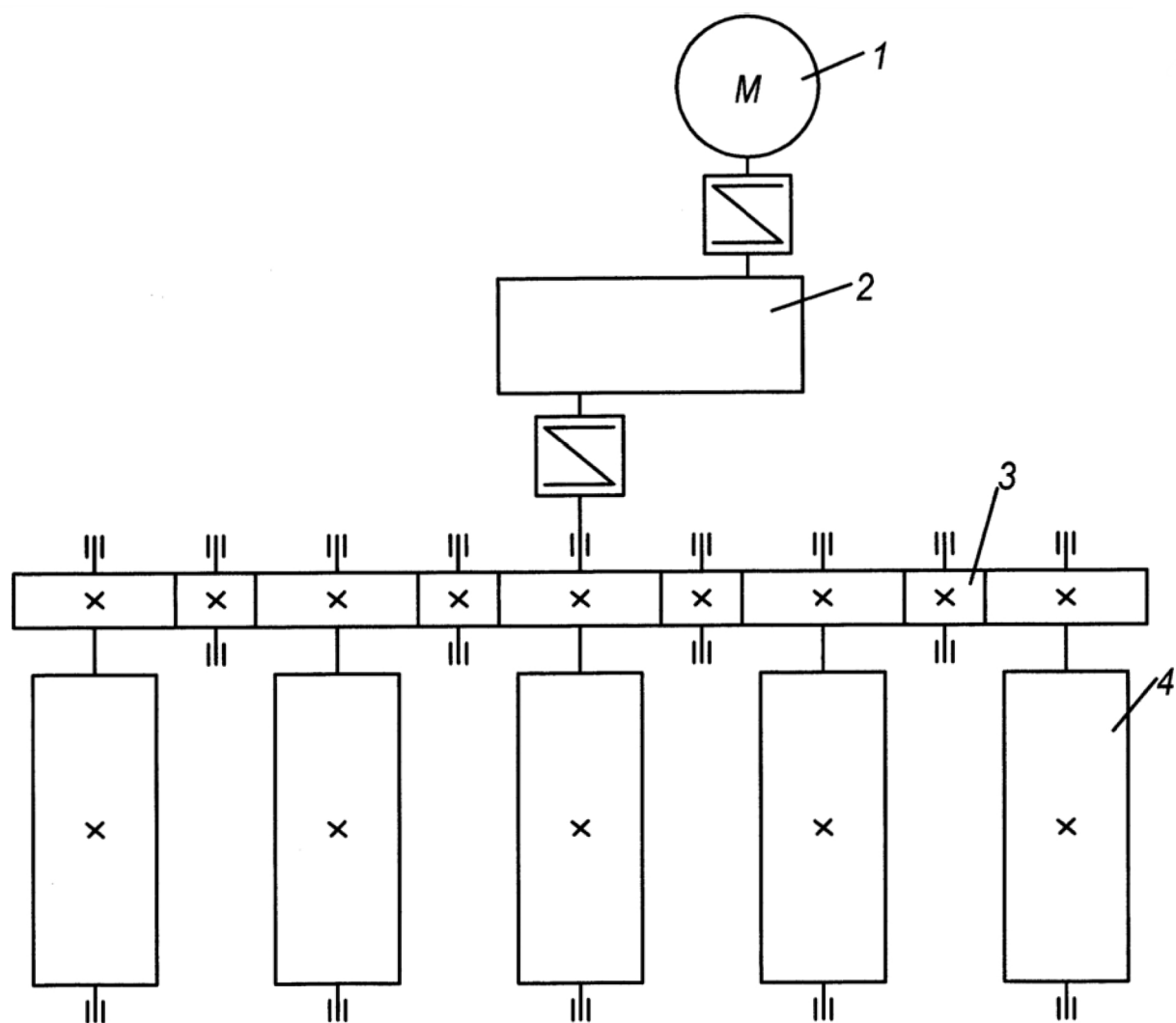


Рис. 1.32. Кинематическая схема рольганга с групповым приводом через цилиндрические передачи

Рольганги с индивидуальным приводом проще по конструкции, масса их меньше, удобны в эксплуатации. Эти преимущества компенсируют более высокую стоимость электропривода. Вращение роликов осуществляется непосредственно от электродвигателя (рис. 1.33).

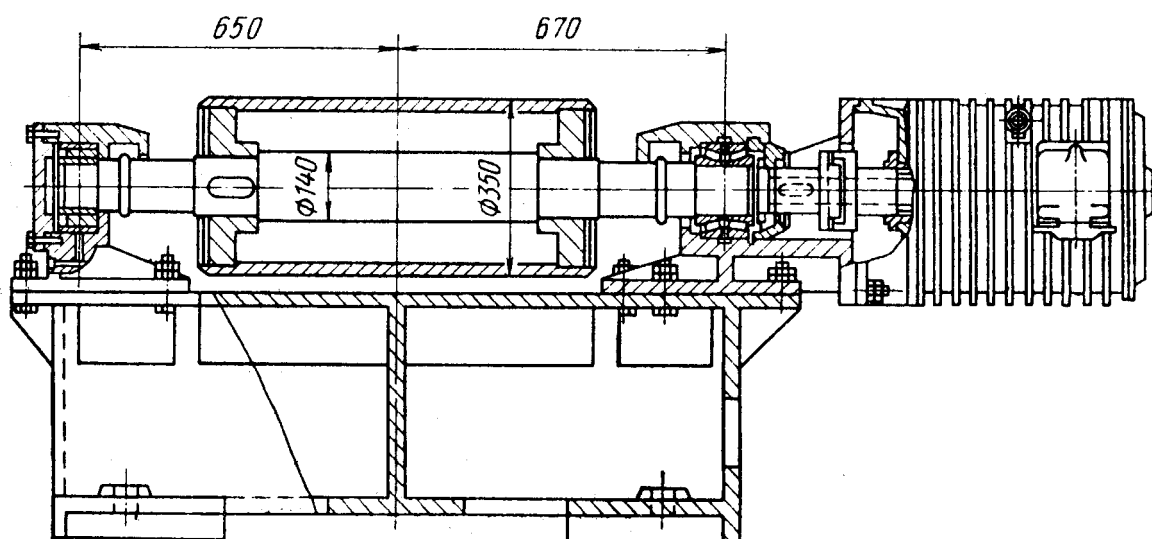


Рис. 1.33. Индивидуальный привод роликов рольганга от электродвигателя

К основным параметрам рольгангов относятся: диаметр бочки D , длина бочки L , шаг роликов t , скорость рольганга V . Диаметр бочки роликов выбирают конструктивно и проверяют расчетом на прочность. Длину бочки роликов принимают равной длине бочки прокатных валков. Шаг роликов выбирают из условия, что прокат должен находиться не менее чем на двух роликах при его спокойном транспортировании и берется в пределах от 0,2 до 2,5 м. Скорости рольгангов должны соответствовать производительности прокатного стана, например, скорость вращения роликов рабочих рольгангов должна быть на 10-15% выше скорости выходящего из валков металла.

Слитковозы представляют собой массивные самоходные тележки на колесах с приводом от электродвигателя постоянного тока. Слитки, нагретые до температуры прокатки, подаются на слитковоз, который подвозит их к приемному рольгангу блюминга или слябинга.

Шлепперы служат для перемещения металла в поперечном направлении, например, от подводящего рольганга к отводящему. На рис.1.34 приведена схема канатного шлеппера.

Он состоит из 6-8 канатов, натянутых между рядом приводных барабанов 1 и рядом натяжных блоков 2. На всех канатах в один ряд закреплены шлепперные тележки 3 с упорными пальцами 4. При ходе тележек вперед упорные пальцы 4 перемещают металл от рольганга 5 к рольгангу 6. При обратном ходе тележек пальцы «утапливаются» и проходят под металлом.

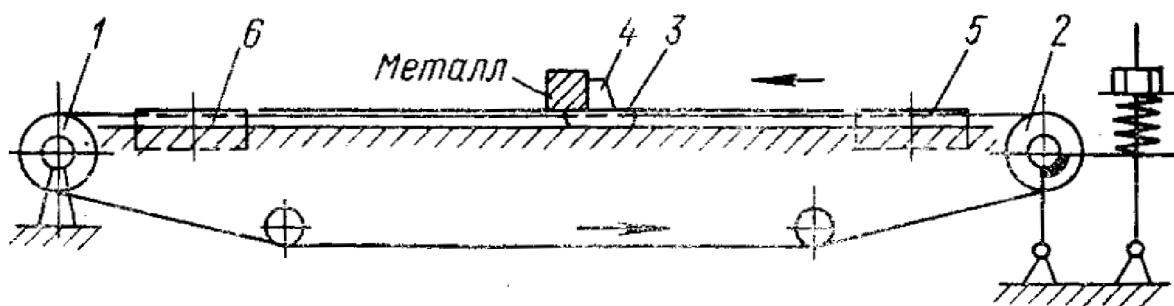


Рис. 1.34. Схема канатного шлеппера

Манипуляторы предназначены для передвижения металла по роликам рольганга параллельно их бочкам с целью правильной ориентации заготовок в валки, перемещения металла от калибра к калибру. На рис.1.35 показан манипулятор реверсивной клетки стана 2800.

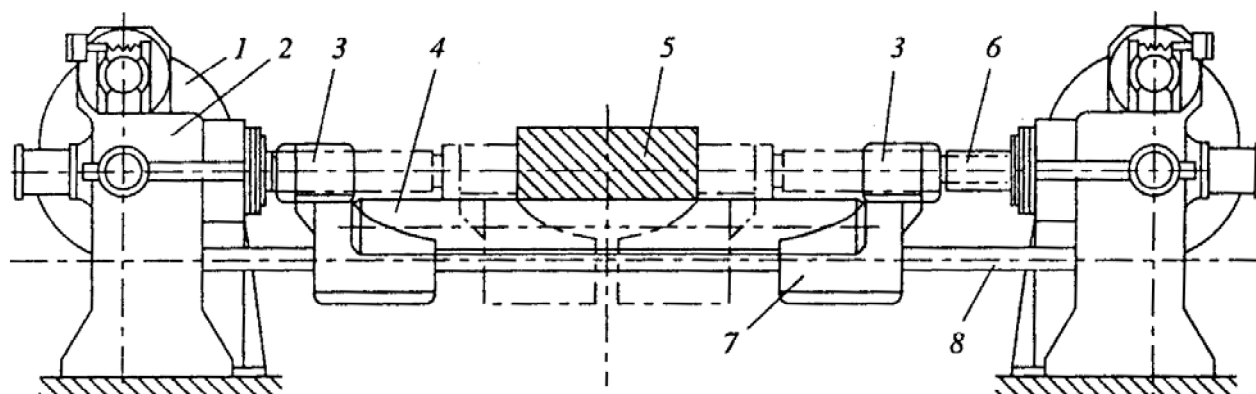


Рис. 1.35. Манипулятор стана 2800

Передвижение сляба 5 вдоль рольганга 4 осуществляется двигателем 1, червячным редуктором 2, винтами 6, передвигающимися линейками 3. Параллельность движения обеспечивают ползуны линеек 7, центрирующиеся на направляющих штангах 8.

Подъемно-качающиеся столы осуществляют подачу металла в валки и прием его из валков на трехвалковых станах. Схема устройства подъемно-качающихся столов показана на рис. 1.36.

Стол 1, приводимый в движение от электродвигателя через редуктор 5, поднимается и поворачивается относительно оси 2 при помощи вертикальной тяги 3 и кривошипно-рычажной передачи 4. Подъем и отпускание стола происходят при повороте кривошипного вала редуктора 5 на 180° . Для уравнивания стола применяют контргрузы 6. С целью разгрузки кривошипного вала редуктора 5 контргрузы устанавливают не на валу основного кривошипа, а на отдельном рычаге 7, поворачиваемом вокруг дополнительного вала 8 кривошипом 9.

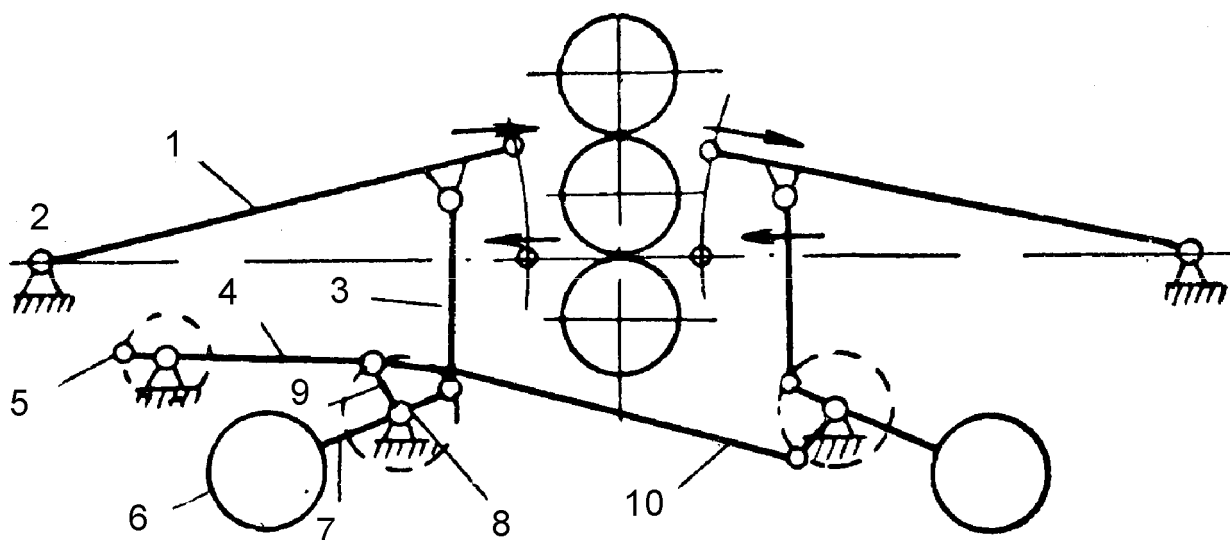


Рис. 1.36. Схема устройства подъемно-качающих столов трёхвалковой клетки

Если подъемно-качающиеся столы установлены с обеих сторон рабочей клетки, привод стола, расположенного на другой стороне, осуществляется по такой же схеме. Для обеспечения синхронной работы столов привод переднего стола связан с приводом заднего тягой 10; в этом случае оба стола приводятся в движение одним и тем же электродвигателем через редуктор 5 и кривошипную передачу 4.

Кантователи служат для поворота (кантовки) прокатываемой полосы относительно её продольной оси перед подачей в следующий калибр валка. Такие кантователи применяют на блюмингах, слябингах, рельсобалочных и сортовых станах.

На блюмингах и слябингах применяют кантователи крюкового типа, принцип действия которых заключается в следующем (рис. 1.37): в линейке манипулятора (со стороны привода) предусмотрены направляющие пазы, в которых могут вертикально передвигаться кантующие крюки 1; подъем и опускание крюков осуществляются поворотом вала 2, на котором закреплены рычаги 3, шарнирно соединенные с крюками. Вал 2 со своими подшипниками смонтирован на линейке манипулятора 4 и поворачивается влево при ходе штанги 5 или телескопическим шпинделем, соединенным с электродвигателем. В исходном положении гребенка находится между роликами 6 рольганга. При кантовке крюки 1 поднимаются, захватывают нижнюю часть слитка и поворачивают (опрокидывают, кантуют) его относительно нижнего левого ребра; для уменьшения динамического удара о ролики рольганга слитки кантуют на левую линейку, которая

при этом отодвигается. У направляющей 7 сделан наклонный скос в верхней части; в верхнем положении (после кантовки) гребенка крюка входит в паз на рабочей поверхности 8 линейки, благодаря чему можно передвигать скантованный слиток линейкой 4, не дожидаясь опускания крюков в исходное положение. Крюк в исходном положении остается до конца пропуска металла через валки. Крюки опускаются в нижнее исходное положение во время паузы между пропусками.

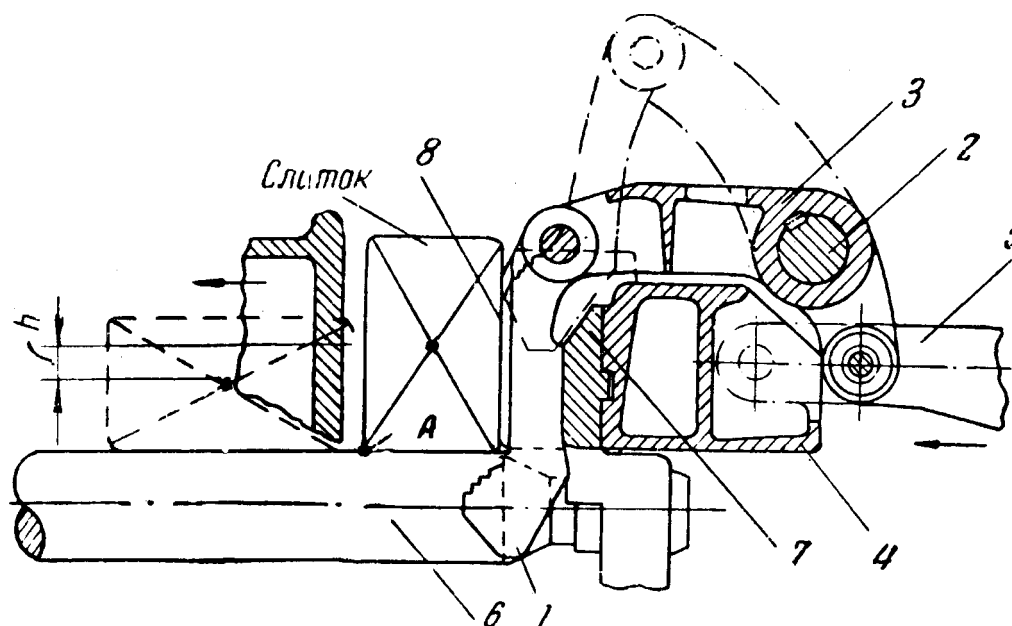


Рис. 1.37. Схема крюкового кантователя

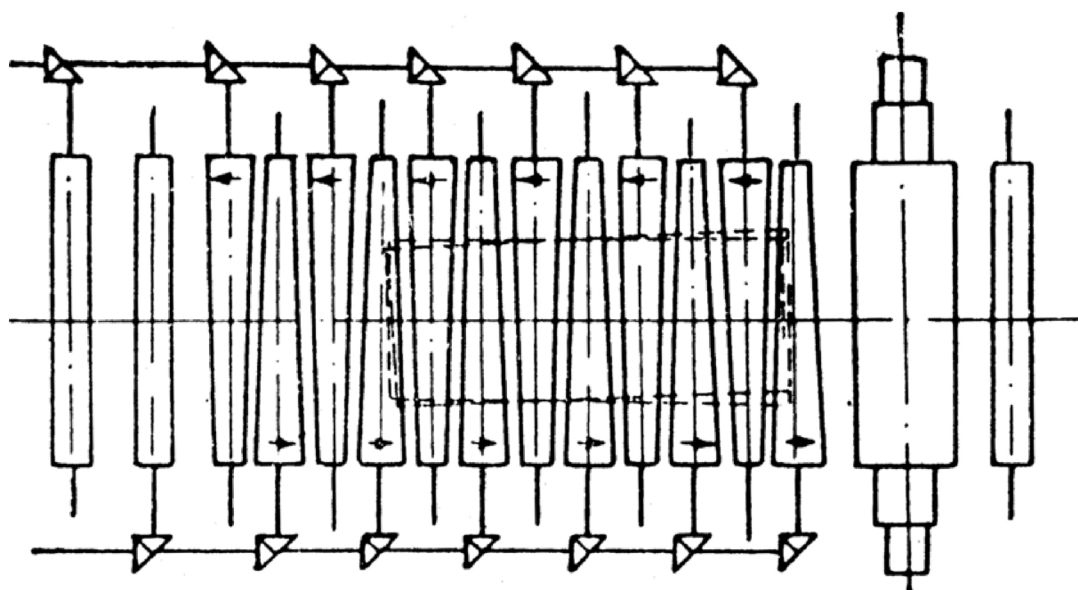


Рис. 1.38. Рольганг с коническими роликами

Поворотные столы содержат два комплекта конических роликов с обращенной конусностью, приводимых электродвигателями (рис. 1.38). При подаче сляба в валки без предварительного поворота оба комплекта роликов вращаются в одну сторону; если же надо повернуть сляб на $1,57$ рад (90°), то ролики одного комплекта вращаются в одном направлении, другого – в противоположном.

1.8 Оборудование для правки поката

Правильное оборудование служит для устранения дефектов прокатки: кривизны, волнистости, коробоватости, планшетности и др.

Существуют следующие способы правки: путем знакопеременного изгиба и путем растяжения (рис. 1.39). При любом способе правки металл подвергается пластической деформации.

Для правки листового и сортового проката широко используют роликовые правильные машины, в которых процесс правки происходит между роликами.

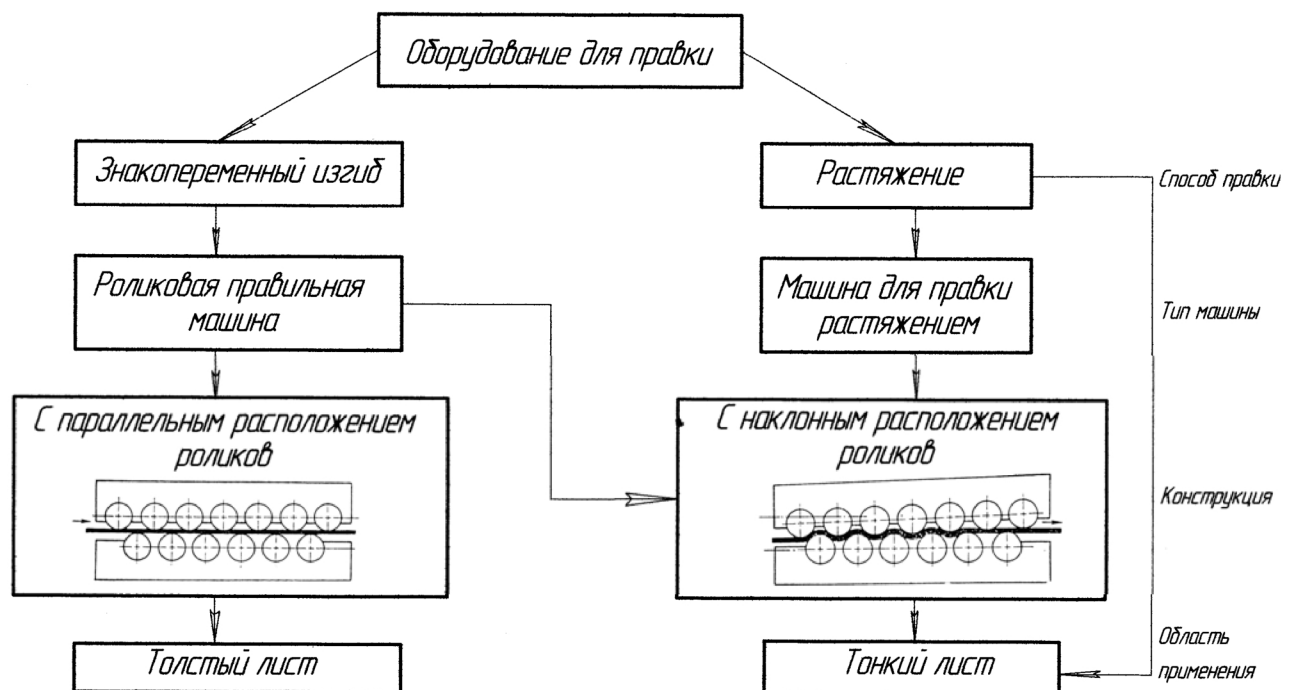


Рис. 1.39. Классификация оборудования для правки

В машинах с параллельным расположением роликов лист прогибается одинаково под всеми роликами. В машинах с наклонным расположением роликов между первыми роликами лист имеет наибольший прогиб. Далее по мере продвижения листа его прогиб уменьшается до нуля в последних роликах.

Основными параметрами роликовых правильных машин являются: диаметр роликов D , шаг роликов t , число роликов n ; длина бочки роликов L и толщина листов h , подвергаемых правке на этой машине. Чем меньше шаг роликов, тем выше качество правки, однако с уменьшением шага возрастают усилия, требующиеся для правки. Число роликов колеблется от 7 до 23. Чем тоньше лист, тем больше роликов в машине. Для повышения жесткости рабочие ролики опираются на опорные ролики. Длина бочки роликов определяется шириной листов. Ролики изготавливают из легированных сталей типа 9Х, ШХ15.

Способ правки в роликовых машинах основан на упругопластическом знакопеременном изгибе листа (рис. 1.40). Процесс правки происходит между роликами. Любой участок листа, проходя между двумя рядами роликов, изгибается в двух направлениях (сечения 1 и 2).

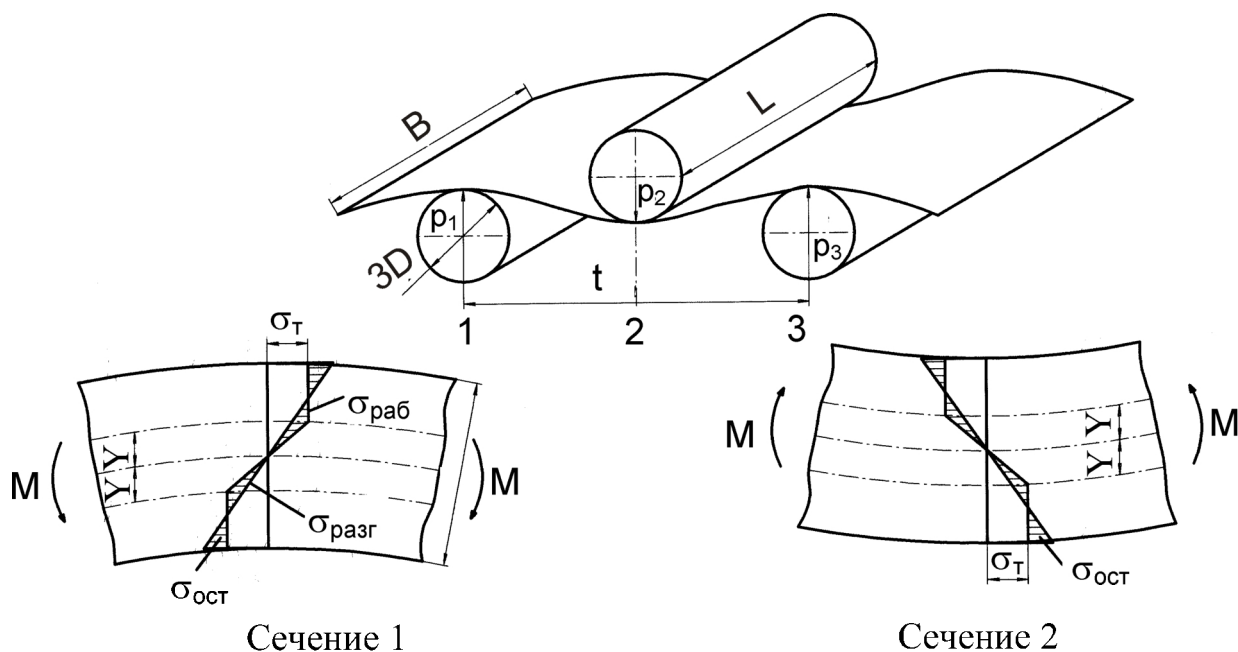


Рис. 1.40. Величины напряжений при правке изгибом

Поверхностные слои листа толщиной h деформируются пластически, а внутренние слои – упруго. В результате многократного знакопеременного изгиба остаточные напряжения $\sigma_{\text{ост}} = (\sigma_{\text{раб}} - \sigma_{\text{разг}}) \rightarrow 0$, кривизна листа $\rho \rightarrow \infty$, а лист становится ровным и гладким, где $\sigma_{\text{раб}}$ – окружные напряжения при изгибе, $\sigma_{\text{разг}}$ – окружные напряжения при разгрузке.

Усилия, действующие на ролики правильной машины, можно найти из уравнений моментов. Для сечения 2 уравнение моментов имеет вид:

$$P_1 \frac{t}{2} = M_2,$$

откуда

$$P_1 = \frac{2}{t} M_2.$$

Сечение 3:

$$P_1 t - P_2 \frac{t}{2} = -M_3, \quad P_2 = (P_1 t + M_3) \frac{2}{t} = 2M_2 + M_3.$$

Для i -го сечения:

$$P_{i-1} = \frac{2}{t} (M_{i-2} + 2M_{i-1} + M_i).$$

Так как первый и последний ролики не осуществляют деформацию листа, то $M_1 = M_n = 0$.

Суммарное усилие на верхние и нижние ролики

$$P = \sum_{i=1}^n P_i = \frac{8}{t} (M_2 + M_3 + \dots + M_{n-1}),$$

где $M_2, M_3 \dots M_{n-1}$ – моменты при упругопластическом изгибе листа,

$$M = M_y + M_{\pi} = \sigma_{\tau} \frac{By^2}{6} + \sigma_{\tau} \frac{B(h^2 - y^2)}{4},$$

где y – глубина упругой зоны; σ_{τ} – предел текучести материала листа; M_y – величина момента в упругой зоне; M_{π} – величина момента в пластической зоне; B – ширина листа.

Правку растяжением применяют для листов, которые трудно править на роликовых машинах. При правке растяжением в материале листа необходимо создать напряжение, равное пределу текучести σ_t , поэтому усилие правки находится по формуле:

$$P = \sigma_t B h.$$

На рис. 1.41 показана листоправильная растяжная машина.

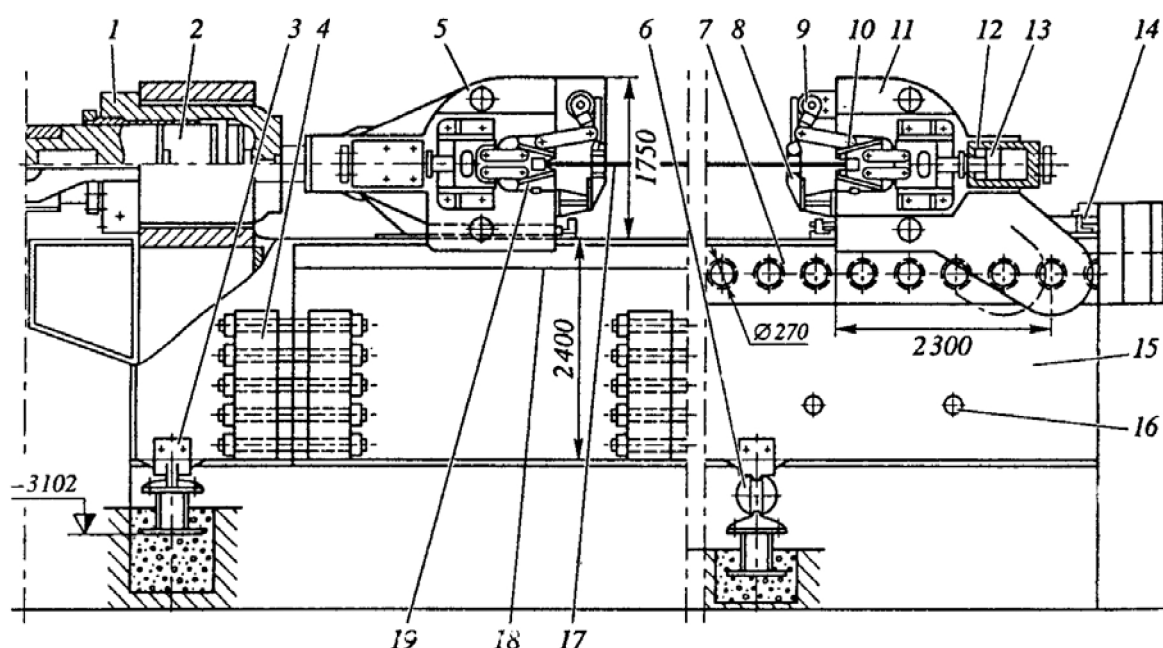


Рис. 1.41. Листоправильная растяжная машина

Станину 15 машины образуют толстые листы, соединенные между собой болтами 4 и 16. Станина установлена на фундаментные балки 3 и 6. На столе 18 закреплены две головки 5 и 11. Головка 11 для установки в ней листа 17 может смещаться по столу и затем фиксируется пальцами, входящими в отверстие планки 7. Перемещения головки осуществляются гидроцилиндрами 14. Левая головка 5 соединена траверсой и тягами с цилиндром растяжки 1. Под действием давления происходит пластическое растяжение листа с помощью плунжера 2.

Предварительно лист укладывается на стойки 8 и зажимается губками 10 клинового механизма. Затем в гидроцилиндр 12 подается давление, под действием которого шток с поршнем 13 заталкивает

раздвижные губки 10 в клиновое устройство 19, жестко закрепленное в головке. Угол клина подбирается из условия самозаклинивания: $\operatorname{tg} \alpha < \mu$, где μ – коэффициент трения губок о растягиваемый лист, $\operatorname{tg} 6^\circ = 0,105 < \mu$.

Для освобождения листа от зажима плунжер 13 подается в исходное положение, губки раскрываются и все рычаги свободно поворачиваются вокруг опоры 9.

На рис. 1.42 представлена 17-роликовая правильная машина с наклоняемой траверсой. Станина машины состоит из двух стоек 1, нижней 2 и верхней 15 траверс. В машине предусмотрены 17 рабочих приводных роликов: восемь роликов 5 – в нижнем ряду и девять 9 – в верхнем. Рабочие ролики расположены между опорными роликами 3 и 8 в шахматном порядке. Причем по длине бочки для повышения жесткости каждый опорный ролик разбит на три отдельных ролика 12, подвешенных на упругих опорах 11. Нижние ролики зафиксированы в траверсе 7, верхние ролики установлены в траверсе 4. Опускание верхней траверсы и зажим роликами листов производится четырьмя нажимными винтами 10. Привод каждого винта – отдельный электродвигатель. Подъем верхней траверсы осуществляется четырьмя пружинами 6, установленными на колонке.

Индивидуальный привод 13 каждого винта позволяет изменить наклон траверсы в двух направлениях. Для ужесточения положения опорных роликов предусмотрена их отдельная регулировка с помощью гидрораспоров 4 с ручным приводом от штурвалов.

1.9 Оборудование для резки проката

Резку прокатного металла осуществляют в основном на ножницах, реже на пилах. В зависимости от расположения в технологическом потоке стана и назначения применяют ножницы для продольной и поперечной резки (рис. 1.43).

Ножницы поперечной резки с параллельными ножами (рис. 1.44) служат для горячей и холодной резки заготовок для листовых и сортовых станов. У ножниц может быть подвижным верхний нож и неподвижным – нижний. В этом случае они называются ножницами с верхним резом, а при перемещении только нижнего ножа – ножницами с нижним резом.

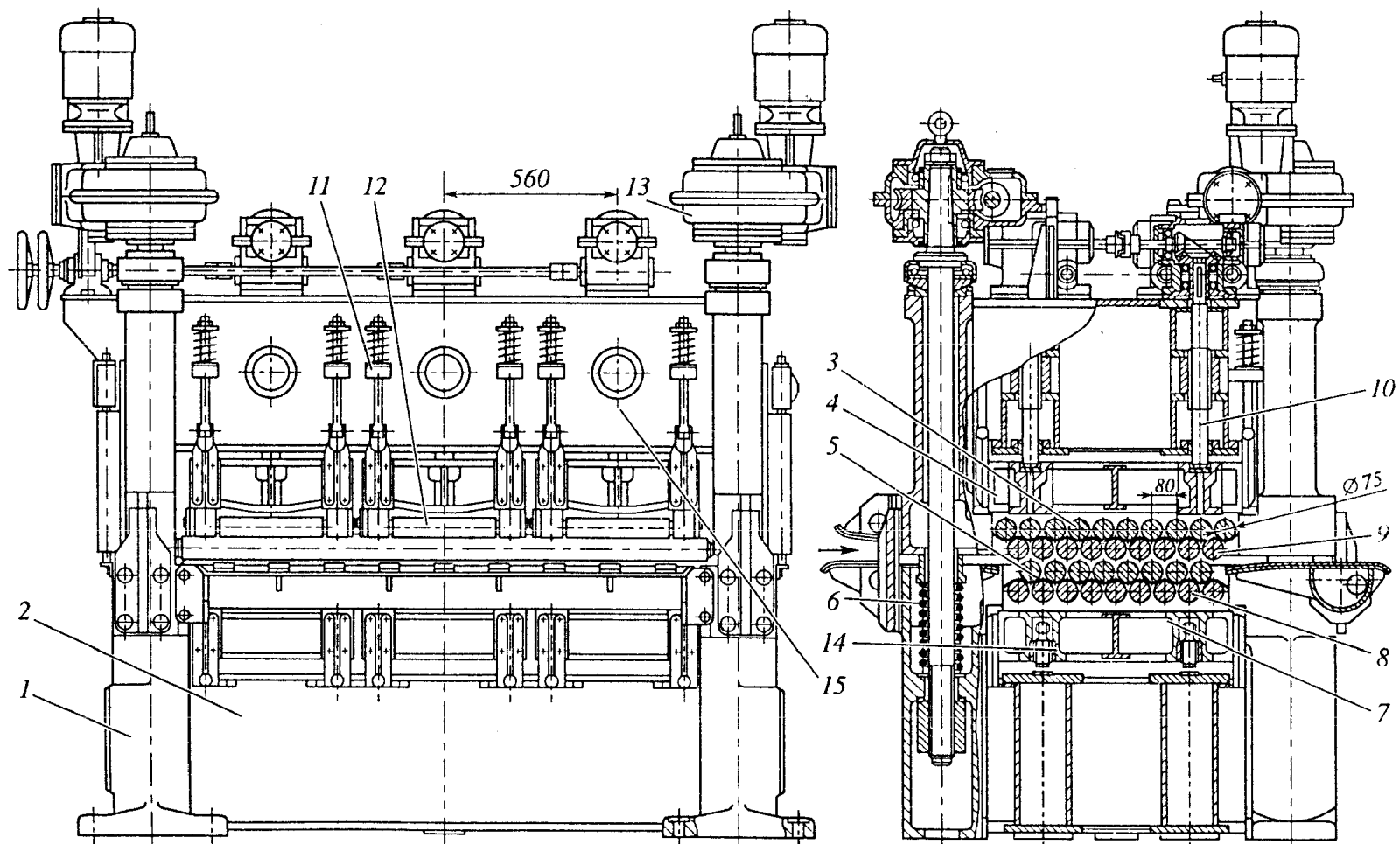


Рис. 1.42. Многороликовая правильная машина

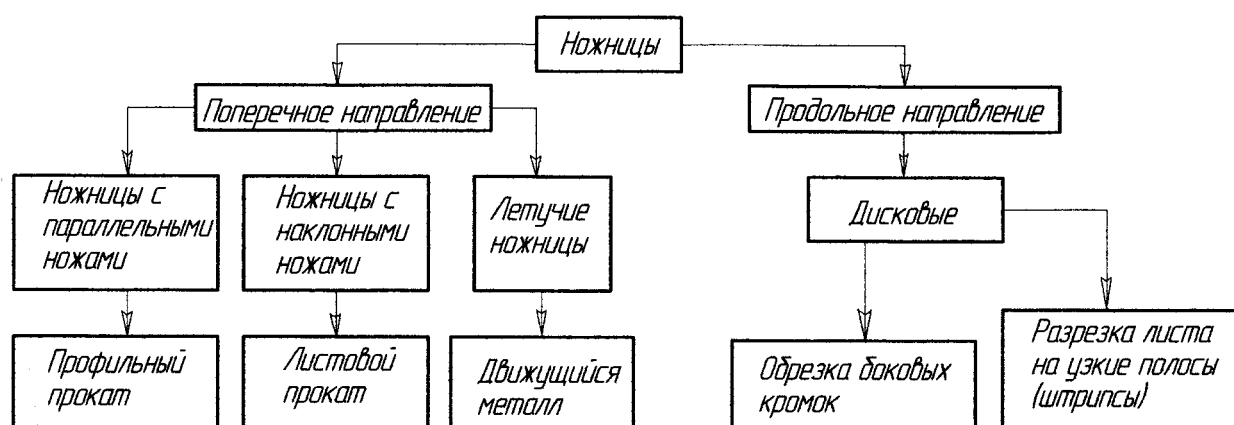


Рис. 1.43. Виды ножниц для резки проката

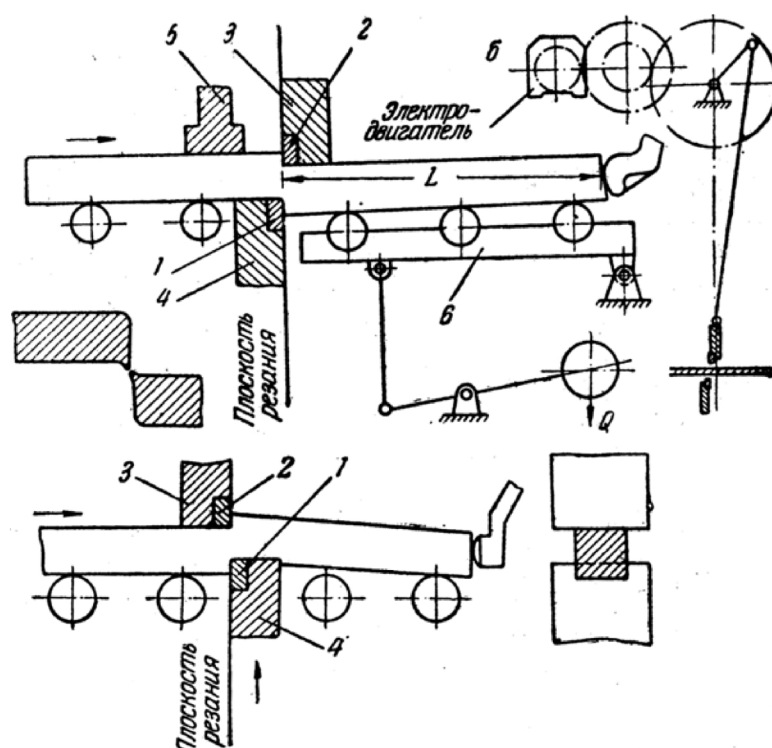


Рис. 1.44. Ножницы поперечной резки с параллельными ножами

Конструкция ножниц с верхним резом сравнительно проста. Нижний нож 1 укреплен в станине ножниц 4, верхний нож 2 – в суппорте 3 и перемещается от кривошипного или гидравлического привода. В связи с опусканием отрезаемой полосы секцию рольганга 6 устраивают качающейся. Эта секция уравнивается, например, пружинами. Чтобы воспрепятствовать повороту полосы при резе применяют прижим 5, опускающийся на полосу вместе с движением верхнего ножа. Недостатком ножниц с верхним резом является образование заусенцев на нижней грани разрезаемого металла.

Ножницы с нижним резом лишены этого недостатка, вследствие чего они за последнее время получают все большее распространение. Верхний суппорт 3 с ножом 2 перед резом опускается на полосу и прижимает ее к рольгангу, затем начинает подниматься нижний суппорт 4 с ножом 1 и осуществляет рез. Оба эти движения обычно выполняются от одного вала через систему кривошипов.

Усилие резки

$$P = K \sigma_{\text{ср}} B h,$$

где K – коэффициент, учитывающий затупление ножей, $K = 1,8$; B и h – ширина и толщина разрезаемой полосы; $\sigma_{\text{ср}}$ – сопротивление срезу, $\sigma_{\text{ср}} \approx (0,6-0,7) \delta_{\text{в}}$.

Ножницы с наклонным ножом называют по имени их изобретателя – гильотинными. Такие ножницы применяются для резания листового металла в горячем и холодном состояниях. Нижний нож, закрепленный в станине, расположен горизонтально, а верхний – под некоторым углом. Угол наклона верхнего ножа α при резке тонких листов берется от $1^\circ 30'$ до 6° , а при резке толстых листов он составляет $4 - 10^\circ$. Наклонный рез приводит к тому, что резание происходит не по всей площади разрезаемого листа одновременно, а только по некоторой его части, по площади треугольника abc (рис. 1.45) – это приводит к снижению усилий, потребных для резания листа данной ширины.

Усилие резания

$$p = \frac{0,5h^2\sigma_{\text{ср}}}{\text{tg } \alpha}.$$

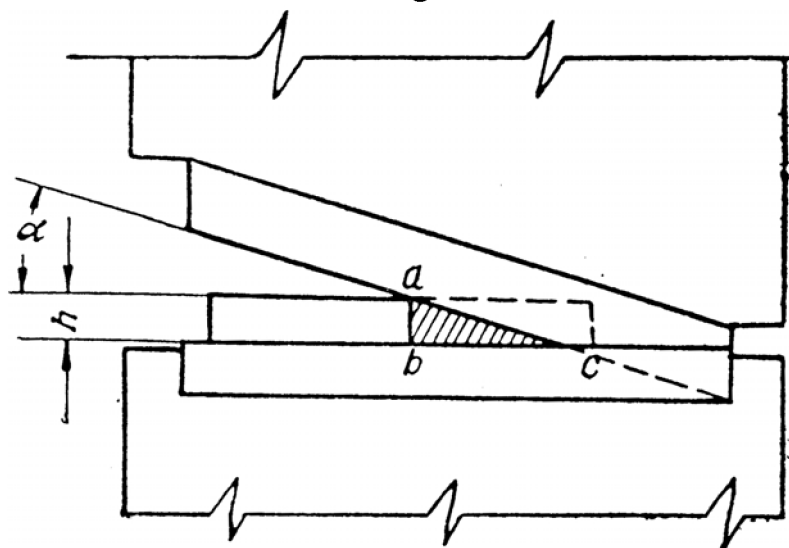


Рис. 1.45. Схема реза на ножницах с наклонными ножами

Конструкция гильотинных ножниц показана на рис. 1.46. Станину образуют две стойки 13, верхняя траверса (суппорт) 7 с закрепленным прямым ножом 8 и нижняя траверса 15.

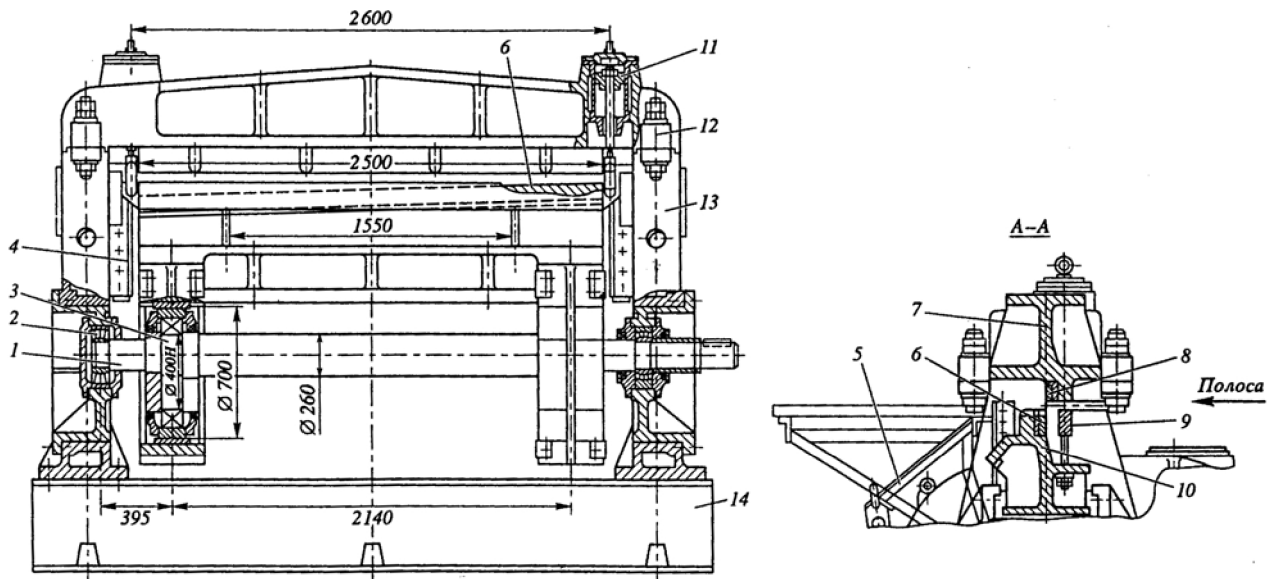


Рис. 1.46. Гильотинные ножницы с нижним резом усилием 0,2МН для резки тонких листов

Станина фиксируется болтами 12. Нижний наклонный нож 6 монтируется на суппорте 10 и передвигается в направляющих 4 стойки 13 под действием эксцентрикового вала 1, установленного в подшипниках 2. На эксцентриковую шейку 3 напрессован подшипник, который через рычажную систему, выполняющую роль шатуна, передает движение суппорту нижнего ножа. На поднятый стол 5 перемещается полоса, фиксируемая прижимами 9 в верхней траверсе с помощью пневмоцилиндров 11. Ножи изготавливают из стали Х12М. Привод осуществляется от электродвигателя через редуктор.

Для резки полос при их движении используются летучие ножницы (рис. 1.47). По образующим двух барабанов 3 установлены ножи 2. Полоса со скоростью V_n подается роликами 1 к ножницам. Для создания натяжения и разрыва между листами скорость выходного ролика 4 больше скорости полосы перед ножницами. При встрече верхнего и нижнего ножей происходит разрезание полосы на мерные части. Длина отрезаемых листов

$$h = V_n \tau,$$

где τ – период времени между резами, $\tau = \frac{2\pi}{\omega}$, где ω – угловая скорость вращения барабана.

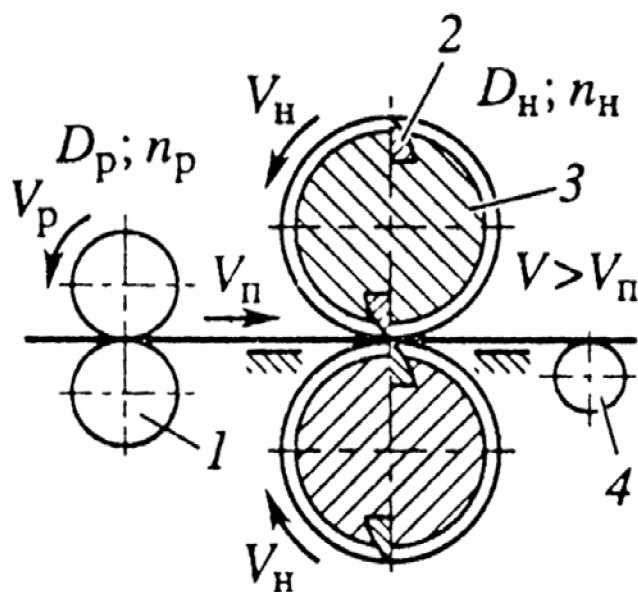


Рис. 1.47. Схема барабанных летучих ножниц

На рис. 1.48 показана конструкция ножниц. Она состоит из станины 1, на которой установлены две стойки 2 и траверса 3, стянутые шпильками 4 и болтами 5. Барабаны 6 установлены на конических роликовых подшипниках. Для устранения люфтов верхний вал барабана имеет дополнительную подпружиненную опору из конических роликовых подшипников. Вращение от нижнего приводного барабана передается верхнему косозубыми шестернями. Осевые нагрузки воспринимают упорные подшипники качения, установленные с не приводной стороны. Для подачи полосы имеются подвижные ролики 7 с пневмозажимом 8.

Дисковые ножницы применяют для обрезки кромок полосы и разрезки полос в продольном направлении. Ножницы представляют пару или несколько пар приводных дисковых ножей, установленных с перекрытием и вращающихся навстречу друг другу (рис. 1.49). Конструктивно дисковые ножи изготавливают толщиной $(0,06-0,1)D$ из стали 5ХВС.

Для получения качественной поверхности реза ножи по радиусу смещают на величину $\Delta = 1-3$ мм. Для получения ровного реза верхний диск по горизонтали смещают от нижнего вправо по движению.

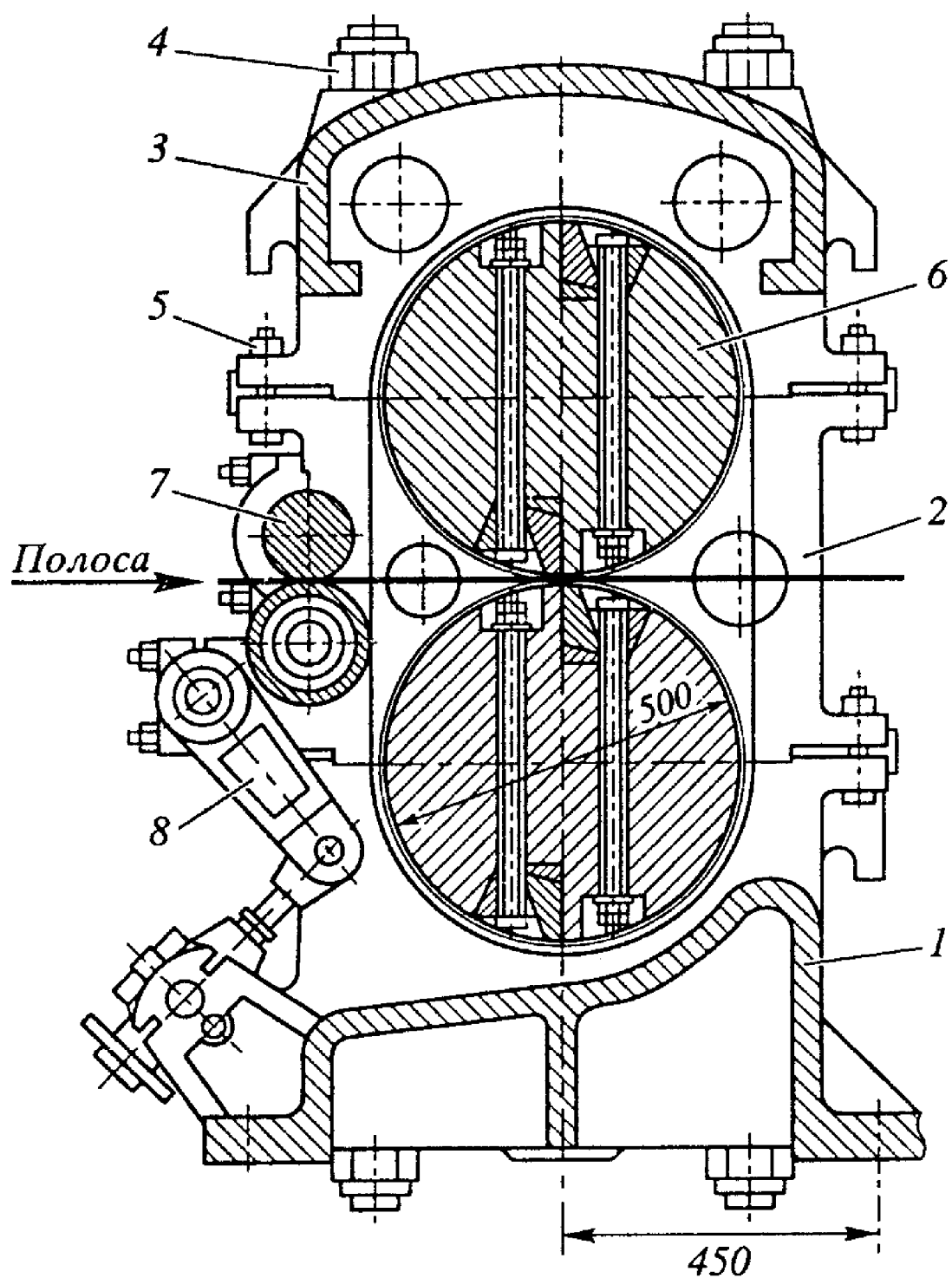


Рис. 1.48. Летучие барабанные ножницы для поперечной резки тонкой полосы на мерные длины

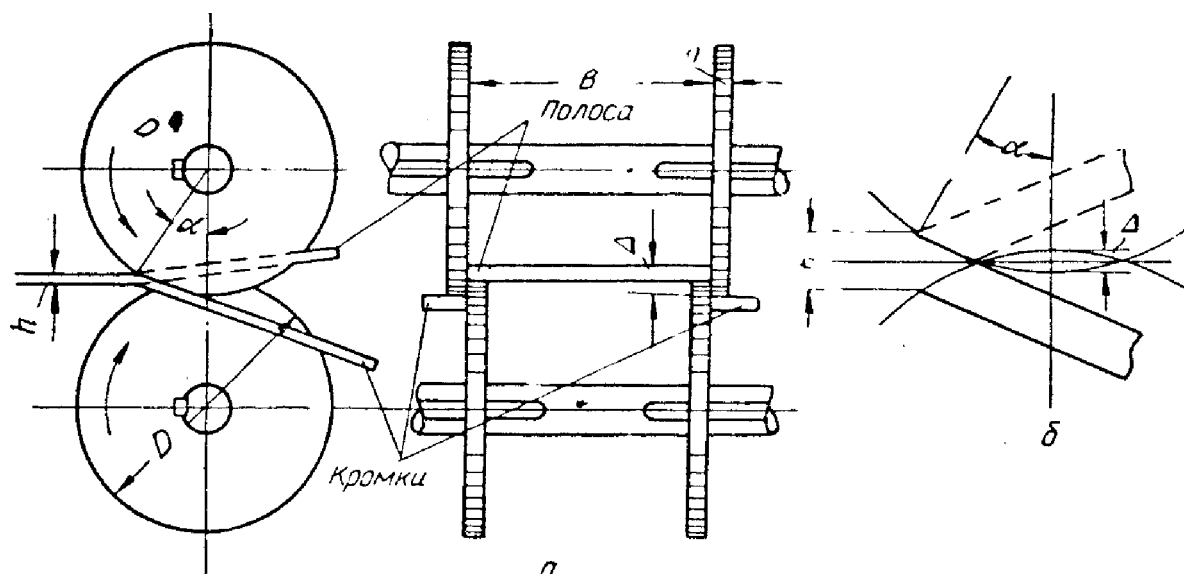


Рис. 1.49. Схема дисковых ножей для обрезки кромок полосы

На рис.1.50 приведены дисковые двухпарные ножницы. Диски 10 приводятся во вращение от электродвигателя через редуктор, вал 4, передаточную коробку 3, шестерни передачи 6, шпиндели 5 на вал ножей 13, валы установлены в подшипниках 12 и эксцентриковых втулках 11. С помощью электродвигателей 7 и червячной передачи 8 регулируется радиальное перекрытие ножей поворотом эксцентриковой втулки. Боковой зазор между ножами регулирует червячная передача 9. Для установки и прижима полос предназначены верхние 14 и нижние 15 ролики. Настройка ширины полосы осуществляется смещением станины 2 по плитовине 1.

1.10 Моталки и разматыватели

Моталки и разматыватели применяются для сматывания листового металла в рулоны. Для горячего металла применяют роликовые барабанные моталки (разматыватели), для холодного – барабанные.

При смотке рулон должен быть плотным, без телескопичности витков. Плотность рулонов обеспечивается барабаном моталки, создающим натяжение, или формирующими роликами, плотно прижатыми к листу на барабане моталки. Принцип действия машин основан на упругопластическом изгибе.

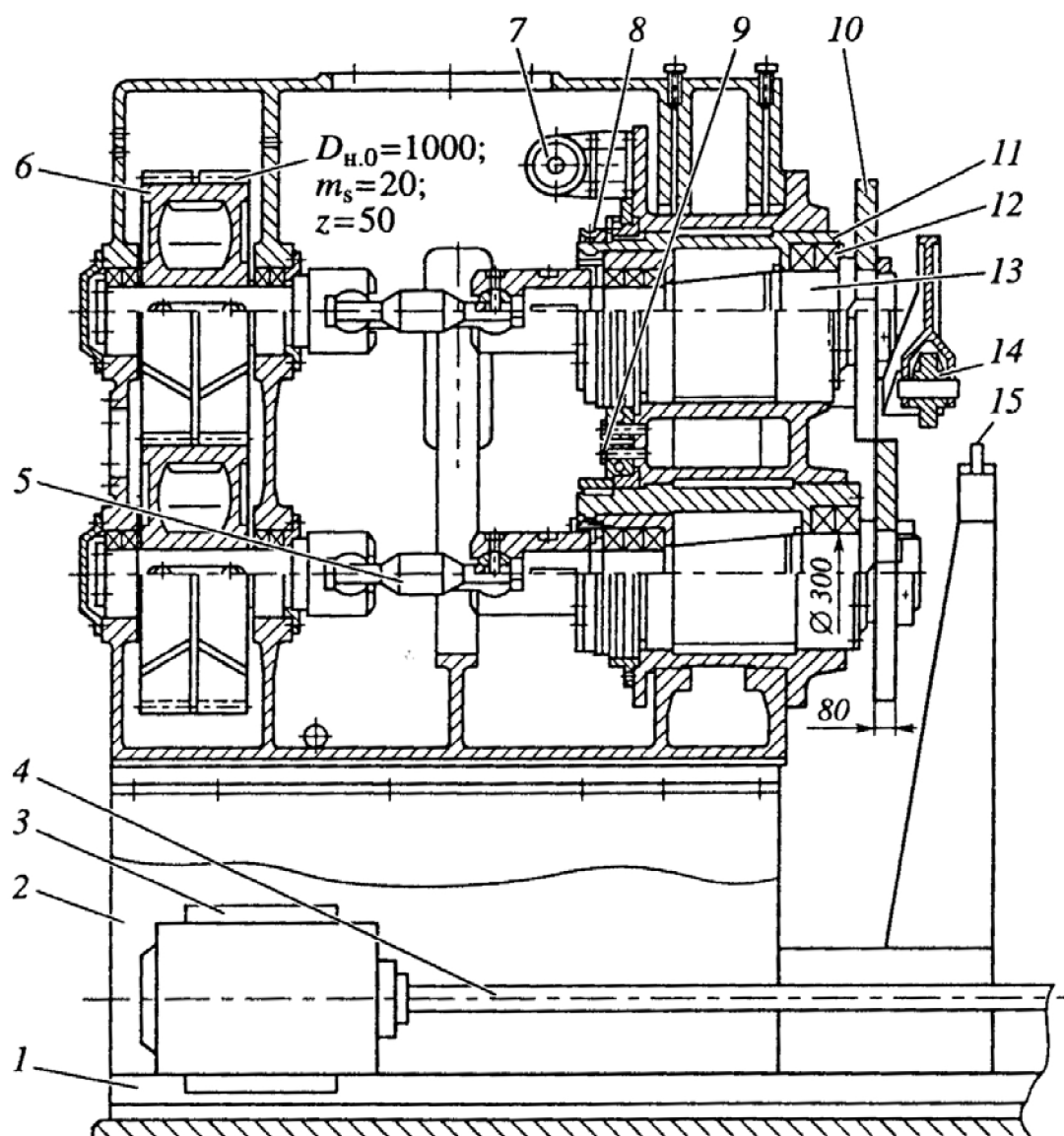


Рис. 1.50. Дисковые ножницы 25×2600

При сматывании тонкой горячей полосы на двухроликовой барабанной моталке (рис.1.51, а) после образования 2 – 3 первых витков формирующие ролики 1 отводятся от рулона и дальнейшее сматывание осуществляется натяжением полосы барабаном 2 моталки. Между роликами установлены круговые проводки 3.

При сматывании толстых горячих полос рекомендуется восьми-роликовая барабанная моталка (рис.1.51, б). После захвата переднего конца полосы барабаном формирующие ролики остаются прижатыми к полосе в течение всего периода наматывания.

На рис.1.52 показана схема четырехроликовой моталки горячей полосы. С последней клетки полоса получает небольшой изгиб вверх. Для лучшего захвата переднего конца полосы подающие приводные

70

В положении 1 формируется рулон четырьмя формующими роликами 6 с индивидуальным приводом. Положение формовки определяют два барабана 4 через систему рычагов 5. Дополнительное прижатие обеспечивают проводки скольжения 8. Все механизмы роликов и проводок смонтированы на станине 10. Для ремонта моталки используются катки 11, перемещающиеся по плите 12. При заполнении рулона формующие ролики постоянно сжимают лист и создают плотный рулон. По окончании намотки (положение II) гидроцилиндр 9 подходит к моталке, выключается привод формующих роликов и они отходят от рулона. Распущенный рулон позволяет высвободить из него моталку, после чего тележка увозит рулон.

Барабанные моталки работают с натяжением полосы и предназначены для сматывания в рулоны холоднокатаных полос. Для обеспечения необходимого натяжения барабаны моталок должны надежно захватывать и зажимать концы полос и уменьшать свой наружный диаметр для снятия намотанных рулонов.

Момент изгиба полосы при сматывании:

$$M_{\text{изг}} = \sigma_t W_{\text{изг}} = \sigma_t B h^2 / 4.$$

При сматывании с натяжением T момент, возникающий от усилия натяжения,

$$M_{\text{изг}} = TR,$$

где R – минимальный радиус рулона.

Суммарный момент на валу барабана моталки

$$M_{\Sigma} = M_{\text{изг}} + M_{\text{нат}}.$$

Барабан (рис.1.53) состоит из трех сегментов, но складывается от клинового механизма. Корпус барабана 1, представляющий один из сегментов, переходит в цилиндрический вал, вращающийся на конических двухрядных подшипниках. Два других сегмента шарнирно соединены с корпусом осями 5 и стянуты между собой пружинами 7. При выдвигении клиньев 3 пружины, поворачивая сегменты, сжимают барабан. Клинья перемещаются штоком 2. Соприкосновение клина с опирающимися на него сегментами по всей цилиндрической поверхности 6 обеспечивается тем, что центр дуги этой поверхности находится на уровне осей 5. Передний конец полосы при складировании барабана подается в образующуюся при этом щель 4. При раздвижении сегментов в период расклинивания барабана щель сокращается и полоса надежно зажимается губками. Откидывающийся с

помощью пружины козырек над щелью обеспечивает более удобную задачу полосы в зев барабана. Во время намотки первым же витком козырек прижимается к сегменту.

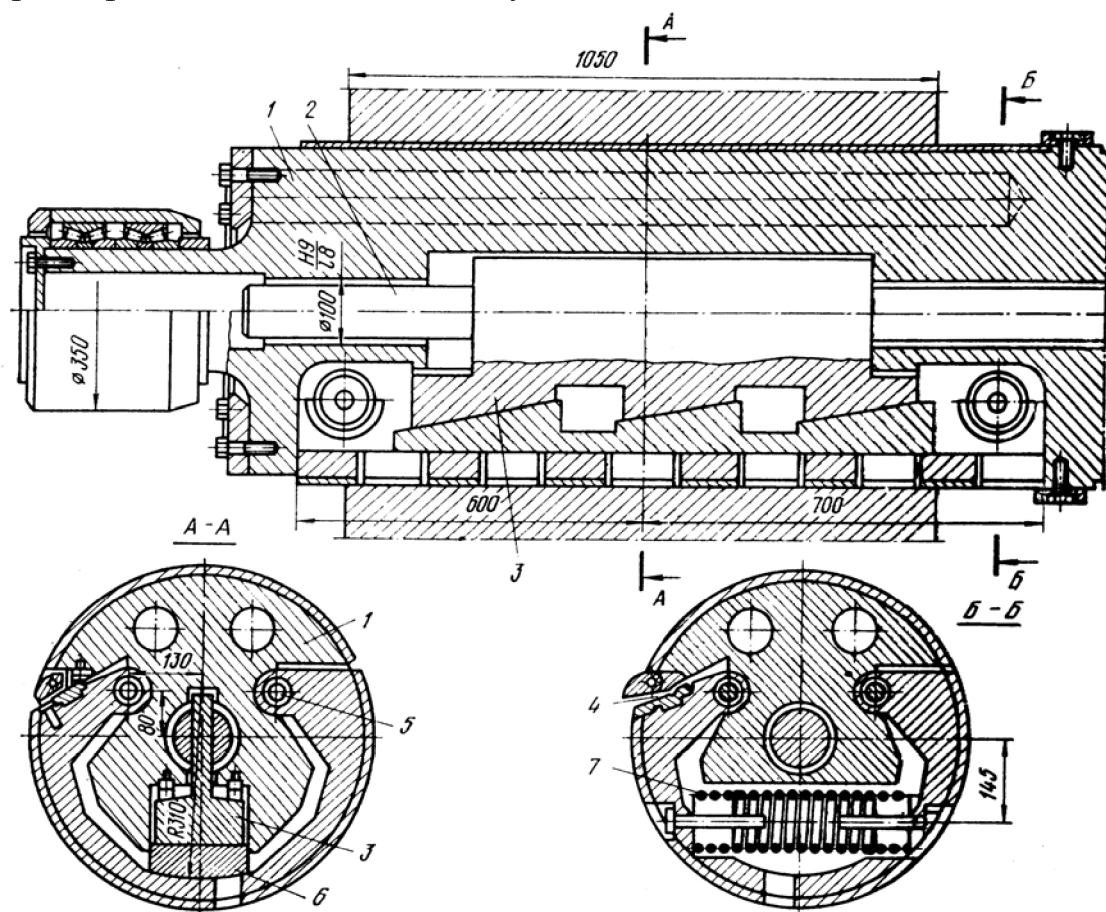


Рис.1.53. Конструкция барабана моталки

Двухконусный разматыватель (рис.1.54), имеет гладкие неразжимные конусные направляющие части головок. Рулон на головках 4 удерживается от проворачивания при разматывании благодаря сжатию торцов рулона щеками головок. На двух сварных станинах (левой 1 и правой 6) по направляющим перемещаются каретки 3 и 5 с помощью гидроцилиндров 2. На каретках установлены конусные головки 4. На правой каретке 5 смонтирован привод 7, предназначенный для вращения правой головки разматывателя. Левая головка разматывателя, установленная на каретке 3, неприводная. Перед установкой рулона каретки с головками разводятся с помощью гидроцилиндров 2. Перемещение штоков гидроцилиндров синхронизировано и контролируется сельсинами 10 через кинематический редуктор 9 с помощью реечной передачи 8, соединенной с каретками. Конечные выключатели 11 фиксируют крайнее положение кареток, соответствующее наибольшему раствору головок разматывателя.

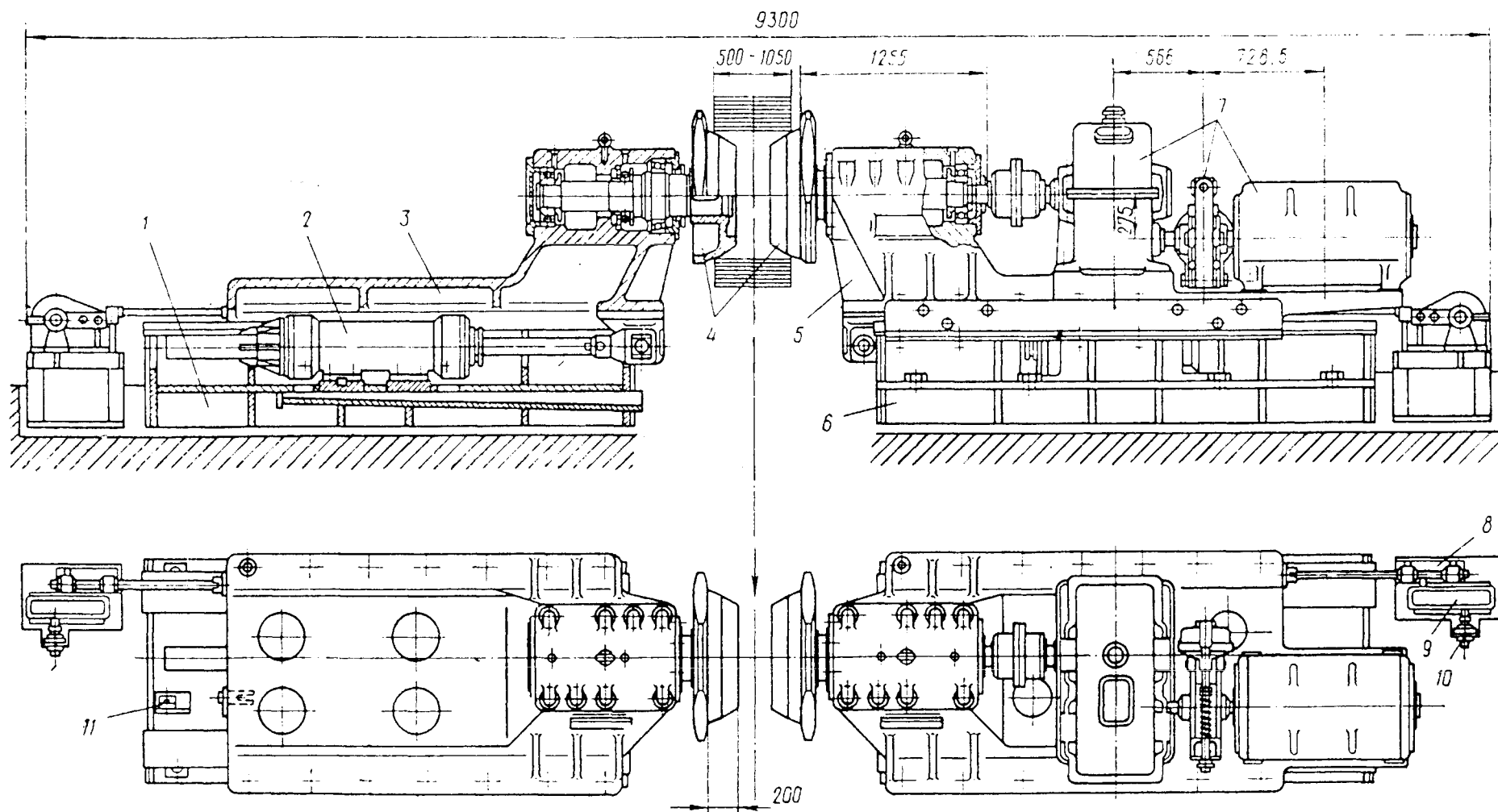


Рис. 1.54. Двухконусный разматыватель

Поданный к размотателю очередной рулон с помощью подъемного стола поднимают на уровень головок, при сближении которых рулон зажимается между щеками головок. Двигатель вращения головок при размотке рулона работает в генераторном режиме, обеспечивая торможением при разматывании создание необходимого натяжения полосы.

В ряде случаев, например при смотке в рулон узкой горячей полосы, весьма подходящей является свертывающая роликовая моталка (рис. 1.55).

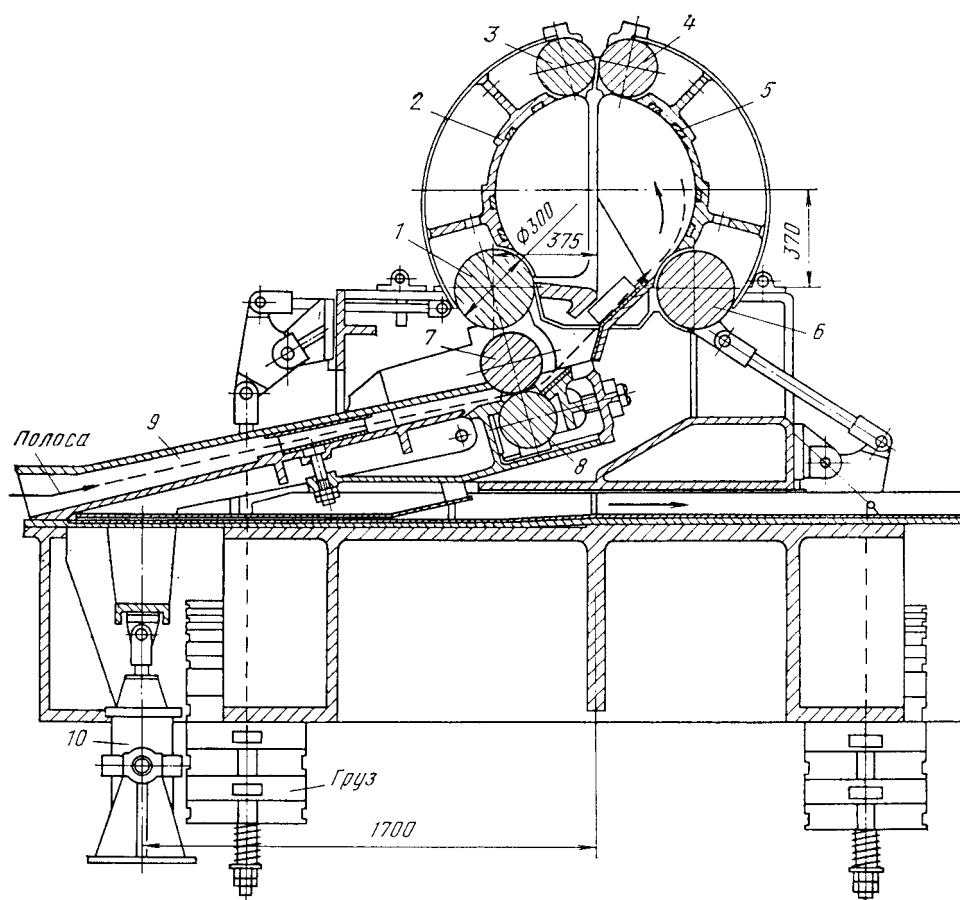


Рис. 1.55. Моталка (свёртывающая машина)

Моталка состоит из подающих гибочных роликов 8 и 7 (оба приводные) и боковых сегментов 2 и 5. Эти сегменты свободно установлены на конец приводных роликов 1 и 6, при помощи рычагов и контргрузов прижимаются вверху друг к другу своими холостыми роликами 3 и 4.

Полоса по желобу 9 направляется в моталку. При помощи гибочных роликов передний конец её изгибается и подается внутрь каме-

ры, образуемой сегментами; таким образом, при непрерывной подаче полоса будет свертываться в рулон.

Так как бунт штрипса является готовой продукцией данного стана, то для транспортирования его потребителю необходимо, чтобы он был плотным (с нераспущенными витками).

Для получения плотного бунта в моталке предусмотрена рычажно-грузовая система, плечи которой подобраны таким образом, что с увеличением диаметра рулона поджатие к нему расходящихся боковых сегментов будет непрерывно увеличиваться. По окончании свертывания полосы в рулон сбоку вводится горизонтальная штанга консольного крана-подъемника; при помощи этой штанги рулон поднимается вверх и затем переносится краном на цепной транспортер. На стане установлены две моталки, работающие поочередно. Направление переднего конца полосы в одну или другую моталку осуществляется перемещением вводного желоба при помощи пневматического цилиндра 10.

1.11 Компоновка оборудования

Выбор и расположение оборудования осуществляется на основе технологического проектирования производства прокатной продукции заданной геометрии.

Рассмотрим компоновку оборудования для производства полосы из алюминиевых сплавов толщиной 3–6 мм в рулоне. В качестве основного оборудования выбран полунепрерывный стан 2800 горячей прокатки, позволяющий получать как листы толщиной 6–60 мм, шириной 1000–2500 мм, длиной до 10 м, так и полосы толщиной 3–6 мм в рулоне. В качестве заготовки на стане используют слитки, полученные полунепрерывным литьём. Слитки заданных размеров из литейного цеха поступают на участок фрезерования, мойки, сушки слитков и наложения планшет 1 (рис.1.56). Линия фрезерования оснащена слиткофрезерными станками для фрезерования малых и больших граней слитков.

После фрезерования слитки поступают на моечно-сушильный агрегат (рис. 1.57), где для обеспечения качественной сварки планшет и основного металла проводится тщательная подготовка свариваемых поверхностей путем зачистки и обезжиривания.

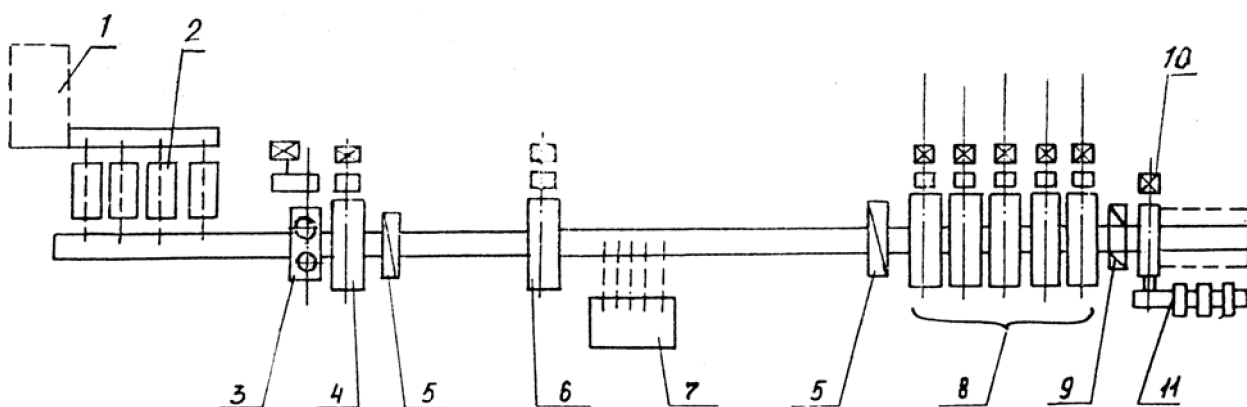


Рис. 1.56. План-схема расположения семиклетьевого стана горячей листовой прокатки: 1 – участок фрезерования, мойки, сушки слитков и наложения планшета; 2 – печи для нагрева слитков; 3 – эджерная клеть; 4 – первая реверсивная клеть; 5 – гильотинные ножницы; 6 – вторая реверсивная клеть; 7 – кантователь плит; 8 – 5-клетьевая непрерывная группа; 9 – дисковые ножницы; 10 – моталка для смотки полосы; 11 – транспортер для рулонов

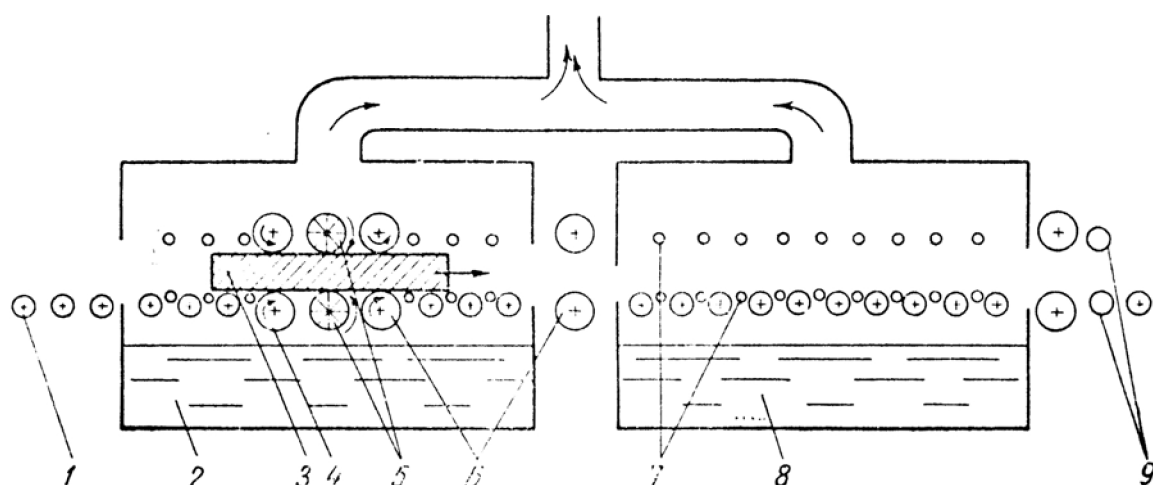


Рис. 1.57. Схема моечно-сушильного агрегата для подготовки слэбов: 1 – рольганг; 2 – ванна с моющим раствором; 3 – слэб; 4 – задающие ролики; 5 – щетки; 6 – тянущие ролики; 7 – коллекторы, подающие раствор или воду; 8 – ванна с горячей водой; 9 – коллекторы, подающие горячий воздух для сушки

Обезжиривание слитков перед плакировкой производят промывкой и механической зачисткой в специальном агрегате, состоящем из двух камер, в первой из которых слэб промывают моющим раствором (сода, тринатрий-фосфат и т.п.), во второй – горячей водой. Между камерами расположено щеточное устройство для очистки поверхности от налипов.

Линия наложения планшет включает в себя двухваликовый станок со специальными формующими роликами и рольганг (рис.1.58). Пневматическим укладчиком на верхнюю плоскость слитка укладывается планшет. Далее слиток кантуется кантователем и на втором планшетоукладчике на вторую грань слитка накладывается планшет.

Планшеты подгибаются на боковые грани слитка и подаются рольгангом для нагрева под прокатку.

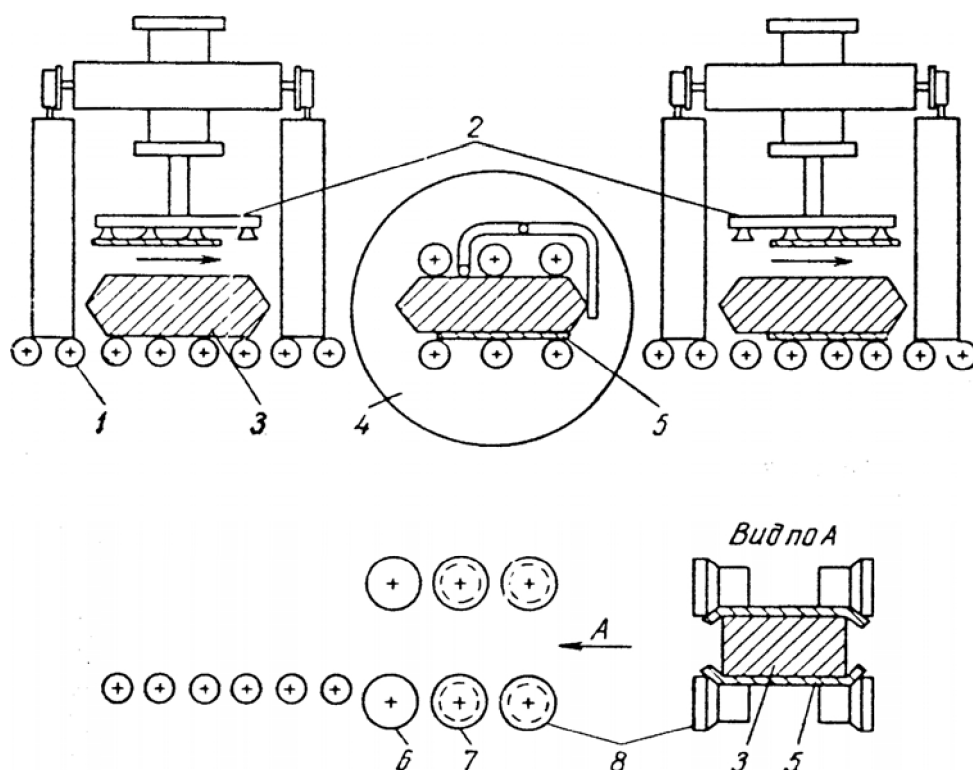


Рис. 1.58. Схема поточной линии плакировки слитков: 1 – рольганг; 2 – укладчик планшетов; 3 – сляб; 4 – кантователь слябов; 5 – планшеты; 6 – задающие валки; 7 – первая пара профилированных валков для предварительной гибки; 8 – вторая пара профилированных валков для окончательной гибки

Для нагрева слитков могут применяться электрические конвейерные печи с принудительной циркуляцией воздуха. Загрузка слитков в печи производится вилочными кранами, а после нагрева такими же кранами слитки укладываются на подающий рольганг. Нагрев слитков производится в методическом режиме с подгрузкой в определенном темпе холодных слитков и выгрузки нагретых слитков или в садочном режиме, когда печь загружается целиком и после нагрева полностью разгружается.

Нагретые слитки поступают от печи 2 рольгангу на стан горячей прокатки 2800. В состав стана входят две черновые реверсивные четырехвалковые клетки 4 и 6 (900/1400x2800 и 750/1400x2800) и эджерная клеть 3 для обжатия боковых кромок слитков. Валки первой черновой клетки приводятся в движение электродвигателем мощностью 4000 кВт при частоте вращения $n = 0 \div 30 \div 60 \text{ об/мин}$, а валки второй клетки – электродвигателем мощностью 5500 кВт при $n = 0 \div 50 \div 120 \text{ об/мин}$. Рабочие и опорные валки установлены на подшипники качения, максимальное давление металла на валки может достигать 30 МН. Перемещение рабочих валков производится электро-механическими нажимными устройствами, скорость перемещения может составлять до 15 мм/с. На стане применяется гидравлическое уравнивание рабочих валков и шпинделей.

Подача слитков в валки стана производится рольгангами и специальными толкателями 1 с передней и задней стороны стана (рис. 1.59). Оборудование стана содержит манипуляторные линейки 2 и подъемно-поворотный стол 3 для разворота (при необходимости) сляба на 90°.

Чистовая непрерывная группа стана, связанная с черновой группой рольгангом, состоит из пяти четырехвалковых клеток 650/1500x2800, расположенных друг от друга на расстоянии (по осям клеток) 6000 мм (см. рис. 1.56). Валки первых трех клеток приводятся во вращение через шестеренные клетки и одноступенчатые редукторы от электродвигателей мощностью 4200 кВт, две последние клетки – непосредственно через шестеренные клетки от двигателей мощностью 2500 кВт. В последней клетки максимальная скорость прокатки 6 м/с, максимальное давление на валки 30 МН.

Рабочие валки клеток чистовой группы установлены в подшипниках качения, а опорные – в подшипниках жидкостного трения. Валки и шпиндели уравниваются посредством гидравлического уравнивания, скорость установки винтов от электро-механического нажимного устройства составляет 0,5-1 мм/с. Для получения необходимого профиля полосы все клетки снабжены гидромеханическими устройствами для противоизгиба рабочих валков. Клетки имеют также устройства для очистки валков от налипающего при прокате алюминия и устройства для подачи на них эмульсии. В линии стана перед первой клетью чистовой группы размещены ножницы с нижним резом, предназначенные для обработки переднего и заднего концов полосы.

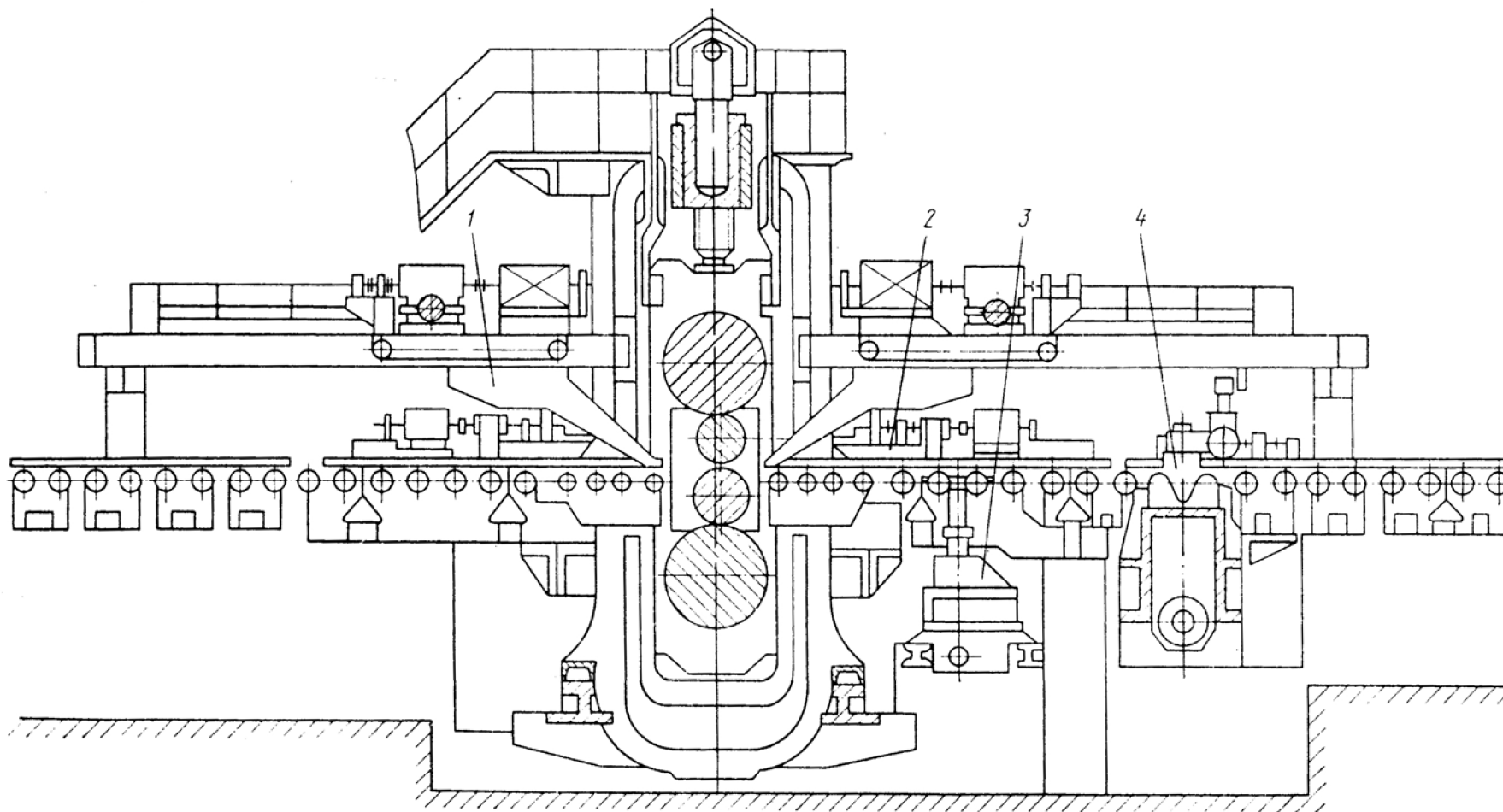


Рис. 1.59. Вторая черновая реверсивная четырехвалковая клеть полунепрерывного стана 750/1400×2800

За пятой чистовой клетью установлены дисковые ножницы 9 для обрезки боковых кромок и барабанная моталка 10 для смотки полосы в рулон. С моталки рулон снимается транспортером рулонов 11.

Рассмотрим конструкцию непрерывного пятиклетьевого четырехвалкового стана 1800 фирмы «Siemag», предназначенного для холодной прокатки полос из алюминия и его сплавов (рис. 1.60). Стан предназначен для прокатки полос толщиной 0,15–1,5 мм и шириной 800–1650 мм. Заготовкой служат рулоны, полученные горячей или холодной прокаткой, имеющие толщину полосы 2,8–6,0 или 1,0–2,8 мм соответственно, масса рулона может составлять 3–15 т. При этом максимальная скорость прокатки составляет 21 м/с.

Основное оборудование стана состоит из следующих участков: установки рулонов, рулоноподготовительной станции, входной стороны стана, зоны рабочих клеток, выходной стороны стана. Входная сторона стана образована разматывателем 2, снабженным прижимным роликом 1 и скребковым отгибателем полосы 3 и обеспечивающим величину натяжения полосы в пределах 1,8–80 кН. Перед первой рабочей клетью расположен пятироликовый проводковый стол 4. Между рабочими клетями 5 располагаются регуляторы натяжения полосы 6. Все эти клетки, кроме первой, снабжены пресс-проводками 7, выходная сторона стана содержит моталку 8 с ременным захлестывателем полосы 9, при этом величина натяжения, обеспечиваемая моталкой, составляет 2,5 – 100 кН.

Участок установки рулонов представляет собой загрузочный стол, снабженный амортизатором, на котором установлен поддон.

Рулон укладывается на поддон и перемещается по рольгангу к разматывателю стана или рулоноподготовительной станции, содержащей разматыватель, роликовую правильную машину для правки переднего конца полосы и ножницы для его обрезки. После подготовки переднего конца полосы рулон передаточной тележкой передается к разматывателю, установленному перед станом, центрируется в вертикальном и горизонтальном направлениях и надевается на барабан разматывателя, который затем разжимается и захватывает рулон. По наружному диаметру на рулон устанавливается прижимной ролик.

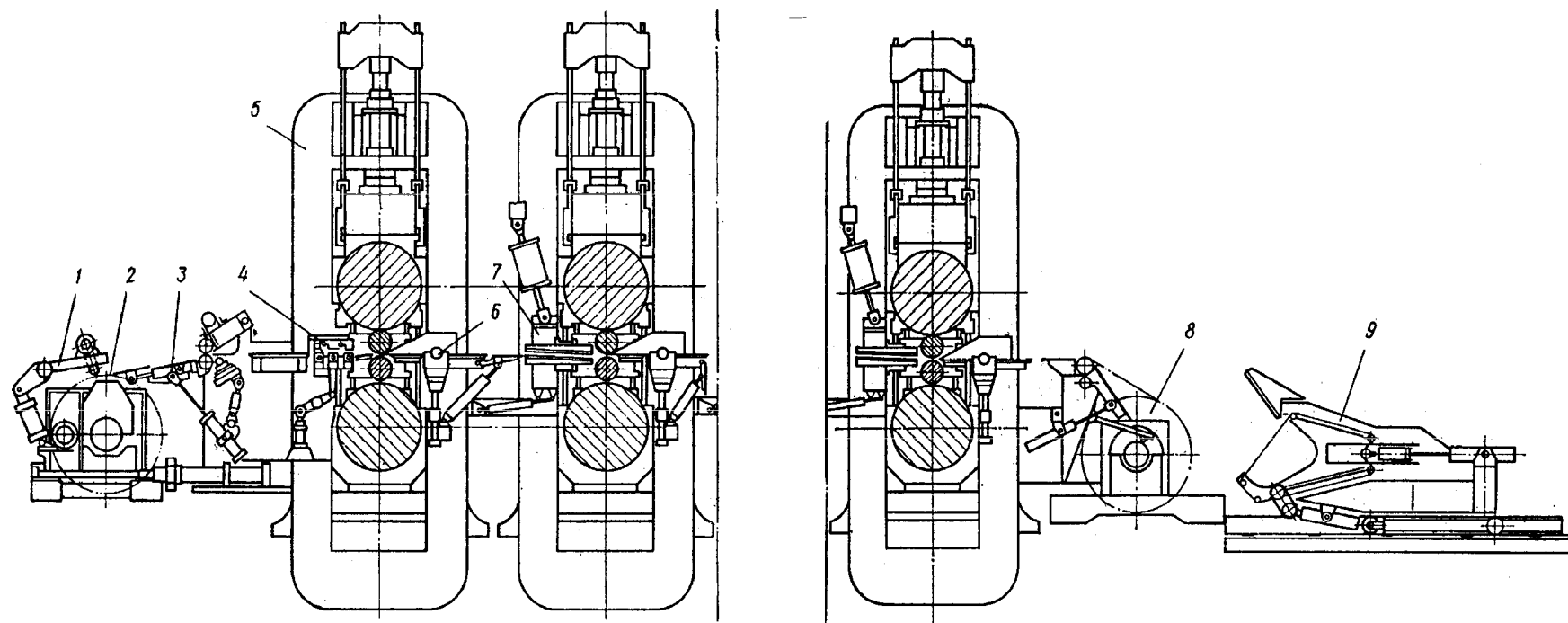


Рис. 1.60. Пятиклетьевого стан 1800 холодной прокатки фирмы «Siemag»

Процесс заправки полосы в рабочие клетки начинается по сигналу, подаваемому фотодатчиком, расположенным на входной стороне стана. При вращении разматывателя конец рулона отгибается скребковым отгибателем полосы, подающими роликами направляется в пятироликовый стол и далее подается в валки первой клетки. После захвата полосы рабочими валками первой клетки производятся отвод подающих роликов и включение регулятора натяжения между разматывателем и первой клетью. Одновременно с этим полосу центрируют по оси стана.

Полоса проходит от клетки к клетке, через первый и второй межклетевые промежутки с помощью направляющих столов, пресс-проводок и боковых линеек. В третьем и четвертом клетевых промежутках для предотвращения отгиба полосы создают её натяжение линейными двигателями до момента входа в очередную клетку. Автоматическая заправка полосы на моталку, вращающуюся с заправочной скоростью, производится ременным захлестывателем. После намотки двух – трех витков захлестыватель отводится и включаются регуляторы натяжения моталки. Затем валки стана разгоняются до рабочей скорости.

По окончании процесса прокатки положение заднего конца полосы определяется фотодатчиком, расположенным на выходной стороне стана. К моталке стана подают поддон и она останавливается таким образом, что конец полосы прижимается опорным роликом поддона, что предотвращает роспуск рулона при его съеме с моталки.

Рабочие клетки стана по конструкции идентичны. Они имеют рабочие валки диаметром 550 мм и опорные валки диаметром 1525 мм, которые установлены на подшипниках жидкостного трения, оснащенных гидростатодинамическими устройствами.

Максимальное усилие прокатки не должно превышать 25 МН. Скорость вертикального перемещения рабочих валков составляет 3 мм/с. Точность установки валков 2 мкм. Характерная особенность рабочих клеток стана – широкое применение гидравлических приводов, среди которых: нажимное устройство предварительного напряжения клетки, система изгиба рабочих валков, устройство уравнивания валков, клиновое устройство для регулирования положения валков по линии прокатки.

Гидравлическое нажимное устройство позволяет устанавливать заданный межвалковый зазор, а также поддерживать заданное усилие прокатки, необходимое для получения требуемой толщины прокатываемой полосы. Оно содержит два установочных гидроцилиндра, расположенных в верхней части окон станины между подушками опорных валков и её верхней траверсой. Гидравлическое устройство предварительного напряжения клетки обеспечивает стабильность модуля жесткости клетки и содержит гидроцилиндры распора, встроенные в подушки нижнего опорного валка. Усилие предварительного напряжения передается на подушки верхнего опорного валка при помощи штанг. Для обеспечения заданного профиля прокатываемой полосы служит система положительного прогиба рабочих валков.

Рулоны алюминия и его сплавов в отожженном или холоднокатаном состоянии режут на листы на агрегате поперечной резки (рис. 1.61). Рулоны из термически неупрочняемых сплавов режут в состоянии «М» или «Н» (отожженном или нагартованном – холоднокатаном), а рулоны из термически упрочняемых сплавов – в холоднокатаном состоянии.

Операции, составляющие технологический цикл резки и используемое оборудование:

1. Подача рулона в конусы разматывателя, закрепление его и удаление обвязки рулона.

2. Отгибание конца рулона и подача его с помощью тянущих роликов в пятироликовую правильную машину для предварительной правки.

3. Предварительная правка рулона – ее обеспечивает пятироликовая правильная машина и во избежание роспуска рулона в конусах разматывателя создает постоянное натяжение полосы.

4. Обрезка переднего и заднего концов рулона на гильотинных ножницах с нижним резом.

5. Обрезка кромок рулона на дисковых ножницах (наибольшая ширина обрезаемых кромок равна 100 мм с каждой стороны).

6. Разрезка рулона на листы на гильотинных ножницах с нижним резом.

7. Правка листов на семнадцатирولیковой правильной машине.

8. Укладка листов в стопу листоукладчиком.

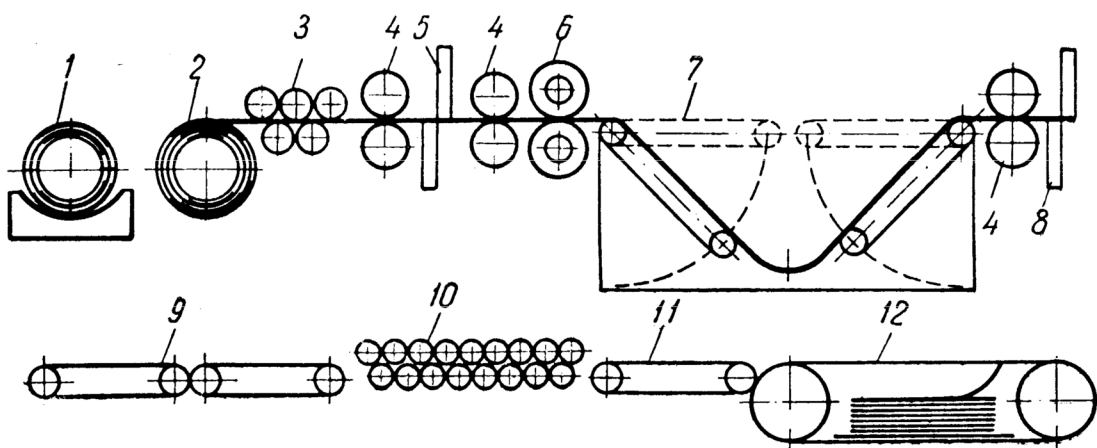


Рис. 1.61. Линия резки рулонов: 1 – тележка для транспортировки рулонов; 2 – конусный разматыватель; 3 – пятироликовая правильная машина; 4 – тянущие ролики; 5 – ножницы с нижним резом; 6 – дисковые ножницы с кромкокрошителем; 7 – петлеобразующий транспортер; 8 – ножницы с нижним резом; 9 и 11 – транспортеры; 10 – листоправильная машина; 12 – листоукладчик

Отделка листов в состояниях после отжига и различных степеней нагартовки осуществляется на специальной линии (рис.1.62).

Технологический цикл производства листов и плит из термически упрочняемых сплавов состоит из упрочняющей термической обработки (закалка и старение) и отделки и проводится непрерывным потоком на механизированных линиях.

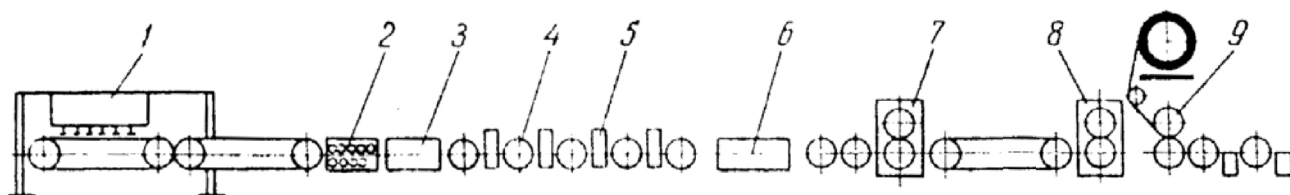


Рис. 1.62. Линия отделки мягких листов: 1 – вакуумный раскладчик листов с транспортером; 2 – семнадцатирولیковая правильная машина; 3 – контрольная плита; 4 – рольганг; 5 – кантователь; 6 – контрольная плита; 7 – маркировочная машина; 8 – промасливающая машина; 9 – машина для покрытия листов бумагой

Толстые закаленные листы из сплавов АВ, Д16, В95 изготавливают толщиной 4–10,5 мм. Порезанные в меру (с припусками по длине под закалку) и выправленные на многовалковой правильной машине горячекатаные листы проходят закалку в воздушной садочной электрической печи с циркуляцией воздуха.

После закалки листы обрабатывают на специальной линии отделки толстых листов, которая состоит из следующих агрегатов: вакуумного раскладчика, тринадцативалковой правильной машины, стана “кварто” 2800 для прогладки и нагартовки, правильно-растяжной машины, гильотинных ножниц с нижним рядом, кантователя, машины для маркировки листов, машины для промасливания листов, вакуумного укладчика.

Закаленные листы толщиной 0,8–4 мм изготавливают из сплавов АВ, Д1, Д16, В92, В95, АК4-1.

Порезанные на линии резки в меру с припусками по длине листы проходят закалку в селитровых ваннах или в агрегате полистной закалки.

В случае проведения закалки в селитровых ваннах листы тщательно промывают, протирают и направляют на линию отделки, в которую входят следующие агрегаты: переключательное устройство, транспортер, агрегат полистной закалки, сушильная камера, семнадцатироликовая правильная машины, прогладочный стан “дуо”, правильно-растяжная машина, ножницы, кантователь, контрольные плиты, маркировочная машина, промасливающая машина и упаковщик.

1.12 Перспективы развития оборудования

Прокатное оборудование развивается в следующих направлениях:

I. Повышение качества прокатываемых изделий путем повышения точности размеров, улучшения физико-механических свойств проката, нанесения на прокат различных покрытий, улучшающих свойства поверхности.

II. Увеличение производительности прокатного оборудования путем повышения скорости прокатки, роста массы прокатываемых заготовок и автоматизации процессов прокатки.

III. Расширение сортамента прокатной продукции.

IV. Совмещение процессов литья и прокатки.

Использование этого технологического процесса для получения проката непрерывным методом из жидкого металла открывает большие перспективы по повышению металлургического производства. В литейно-прокатных агрегатах (ЛПА) удастся использовать первич-

ную теплоту слитка для его деформации, исключить промежуточный склад металла и достичь полной непрерывности в процессах литья и прокатки, что обеспечивает значительное повышение производительности труда. Машины, входящие в состав ЛПА, становятся более компактными, уменьшается их масса и требуемые для них производственные площади.

При создании ЛПА используют следующие способы:

1. Жидкий металл поступает в межвалковое пространство.
2. Начало процесса кристаллизации отдельно от деформации, но прокатка начинается, когда сердцевина слитка находится ещё в жидком состоянии.
3. Прокатку непрерывно образующего слитка осуществляют после окончания рекристаллизации.

Первый способ кристаллизации был предложен Бессемером в 1846 г. и получил название – бесслитковая прокатка. Разработаны два варианта бесслитковой прокатки.

В первом варианте жидкий металл поступает из миксера по желобу в распределительную коробку, межвалковое пространство которой образовано двумя горизонтальными валками-кристаллизаторами, расположенными в вертикальной плоскости (рис.1.63, а). При этом жидкий металл, соприкасаясь с охлажденными валками, кристаллизуется в полосу, непрерывно выходящую из валков, вращающихся навстречу друг другу.

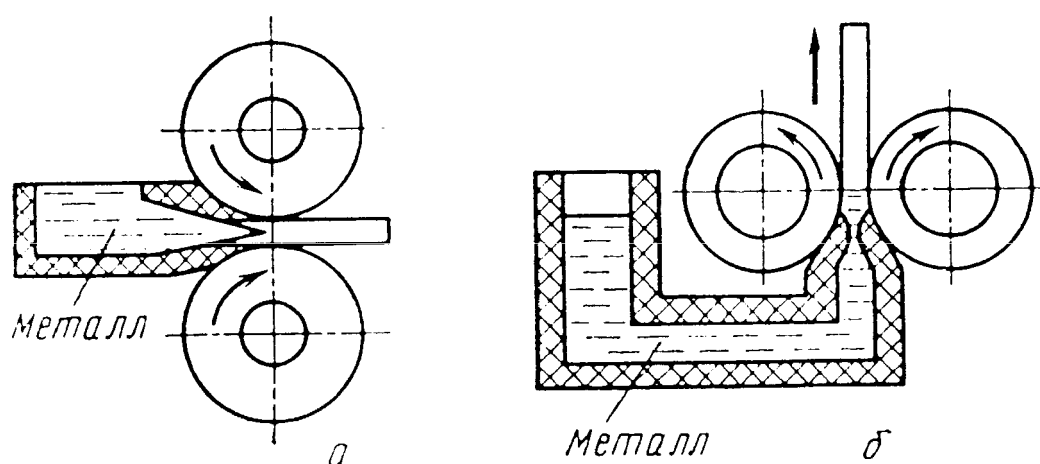


Рис. 1.63. Схема бесслитковой прокатки с горизонтальным (а) и вертикальным (б) кристаллизатором

Во втором варианте кристаллизация металла (рис.1.63, б) происходит между двумя валками, находящимися в горизонтальной плоскости. Жидкий металл поступает из распределительной коробки через специальную щель в межвалковое пространство и при дальнейшем движении вверх кристаллизуется в полосу, которая затем правится, режется и сматывается в рулон (рис. 1.64).

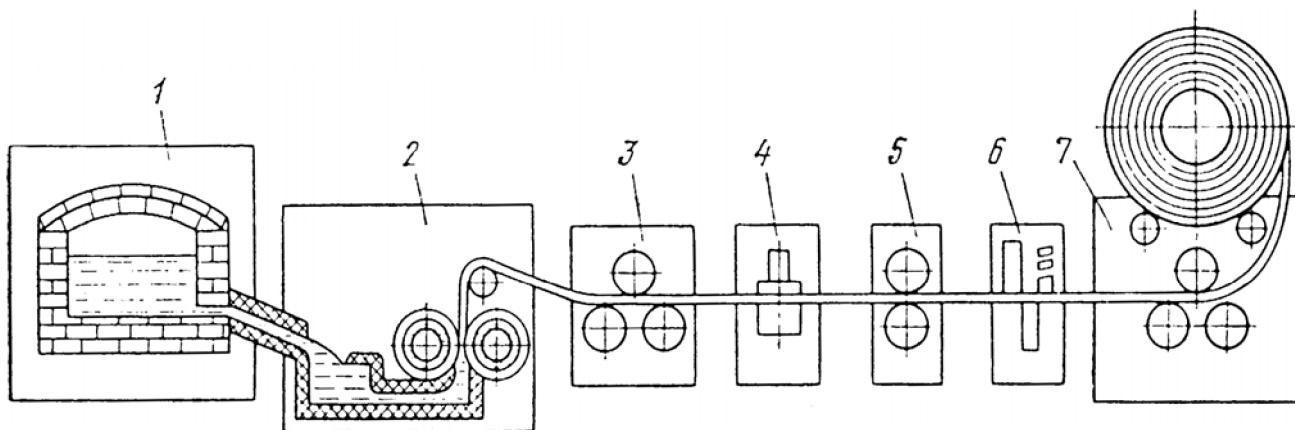


Рис. 1.64. Литейно-прокатный агрегат конструкции ВНИИМетмаш для производства алюминиевой полосы: 1 – миксер; 2 – валковый кристаллизатор; 3 – правильная машина; 4 – центрирующие ролики; 5 – обрезка кромки; 6 – гильотинные ножницы; 7 – свертывающая машина

Третий способ бесслитковой прокатки состоит в прокатке непрерывно образующейся заготовки после окончания кристаллизации. Кристаллизатор представляет собой желобчатое водоохлажденное колесо, обтянутое снаружи стальной лентой (рис. 1.65). Жидкий металл, подаваемый из плавильной печи в зазор между колесом и стальной лентой, затвердевает в закрытом калибре и при вращении колеса непрерывно выходит из него в виде непрерывно литой полосы, направляемой в прокатный стан.

Для производства широких полос используют подвижные кристаллизаторы ленточного типа, где процесс непрерывного литья основан на том, что жидкий металл поступает в производство, образованное между двумя наклонно расположенными и непрерывно движущимися стальными лентами (рис. 1.66). Снаружи ленты интенсивно охлаждаются водой. Выходящая полоса подается к прокатному стану.

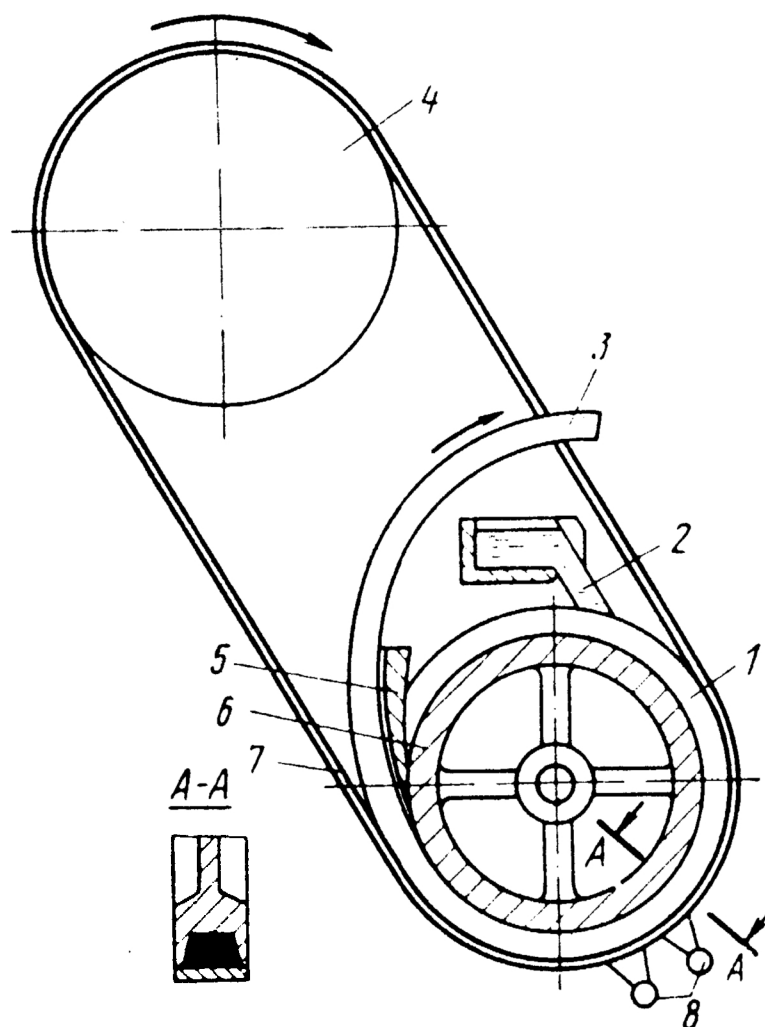


Рис. 1.65. Схема кристаллизатора роторного типа: 1 – замкнутое пространство; 2 – промежуточная область; 3 – полоса; 4 – барабан; 5 – скребок; 6 – колесо; 7 – стальная лента

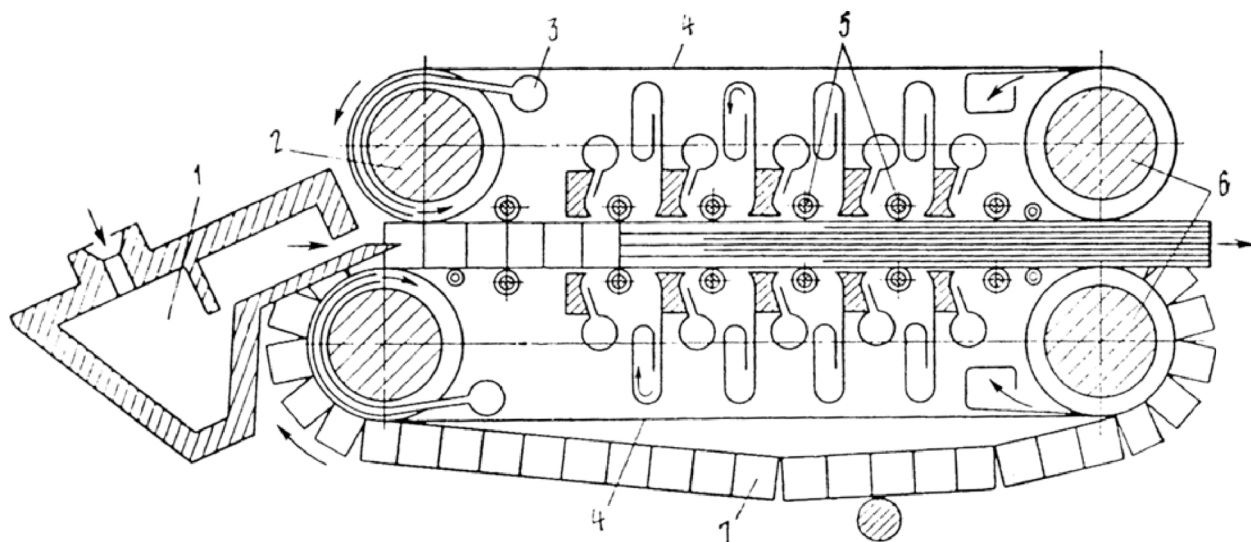


Рис. 1.66. Непрерывное литье полос в кристаллизатор ленточного типа: 1 – приемная ванна; 2 – барабаны; 3 – устройство охлаждения полосы; 4 – тонкие бесконечные ленты; 5 – ролики; 6 – приводные барабаны; 7 – боковые бесконечные цепи

Применение станов, позволяющих осуществлять высокие обжатия за проход, позволяет сократить число проходов при прокатке и уменьшить количество промежуточных отжигов. Использование этих станов рационально и в литейно-прокатных агрегатах. Станы данной категории предназначены в основном для прокатки труднодеформируемых сплавов и обеспечивают при этом вытяжки до 10–20 за проход. К ним относятся планетарный стан с опорными планками (рис.1.67), стан с возвратно-поступательным движением клетки.

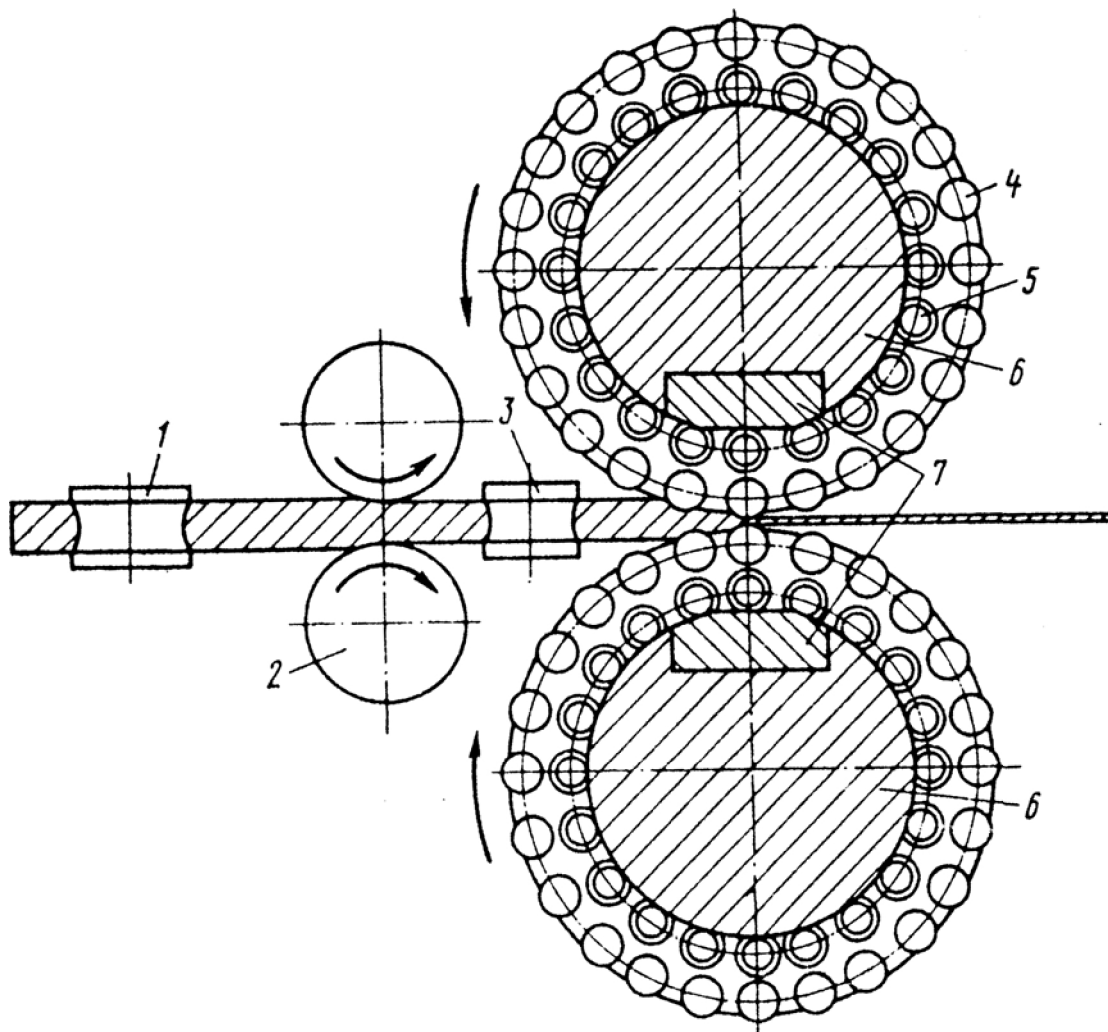


Рис. 1.67. Схема планетарного стана

Планетарная клетка содержит два стальных опорных вала, приводимых во вращение через шестеренную клетку. На шейках опорных валков крепится кассета, в которой установлены рабочие валки. В зависимости от конструкции стана на опорных валках могут вращаться 18–30 пар рабочих валков, которые приводятся во вращение вместе с кассетой от главного двигателя. При вращении рабочие вал-

ки деформируют металл, причем суммарное обжатие, производимое всеми рабочими валками за один оборот кассеты, достигает 80% и более. Из-за больших обжатий в очаге деформации происходит большое тепловыведение и температура металла может возрастать. В связи с особенностями кинематики процесса прокатки рабочие валки оставляют на поверхности полосы чередующиеся впадины и выступы – волнистость. Стремление уменьшить волнистость при прокатке на планетарном стане привело к разработке конструкции (см. рис. 1.67), в которой неподвижные валки 6 в зоне деформации имеют горизонтальный участок, оборудованный опорными планками 7. Очаг деформации состоит из участка обжатия и участка калибровки. Стан содержит два неподвижных валка 6, вокруг которых вращаются в противоположных направлениях рабочие 4 и соответствующие им опорные 5 валки. Неподвижные валки 6 содержат плоские участки, позволяющие практически устранить волнистость полосы. Подача и предварительное обжатие полосы осуществляются валками 1–3. При прокатке полосы обжатие за проход достигает 90–98%.

Стан с возвратно-поступательным движением клетки (рис. 1.68) позволяет получить обжатие до 95%. Подкат непрерывно подается клетью 1 в зону деформации. Рабочая клеть стана содержит неподвижную станину 2, в которой перемещается кассета 5 с установленными в ней двумя рабочими 4 и двумя опорными 3 валками. Неподвижная станина содержит направляющие опорных валков, имеющие наклонный и параллельный оси прокатки участки. Вследствие этого рабочие валки при возвратно-поступательном движении кассеты от привода 6 сначала обжимают полосу, а затем производят её калибровку.

Маятниковый стан (рис. 1.69) состоит из станины, на которой установлены два качающихся рычага 4 с рабочими валками 3. Рычаги приводятся в синхронное колебательное движение с помощью кривошипно-шатунных механизмов, рабочие валки холостые. Обжатие полосы 1 осуществляется и при прямом, и при обратном ходе валков, что увеличивает производительность и снижает шум и вибрацию стана. Так как в данном стане металл не затягивается в валки силой трения, а во время обратного хода маятников даже выталкивается из клетки, требуется достаточно мощная задающая клеть 2. Интенсивное тепловыделение в процессе прокатки на этом стане снижает наклеп и сопротивление деформации, что позволяет прокатывать металл без

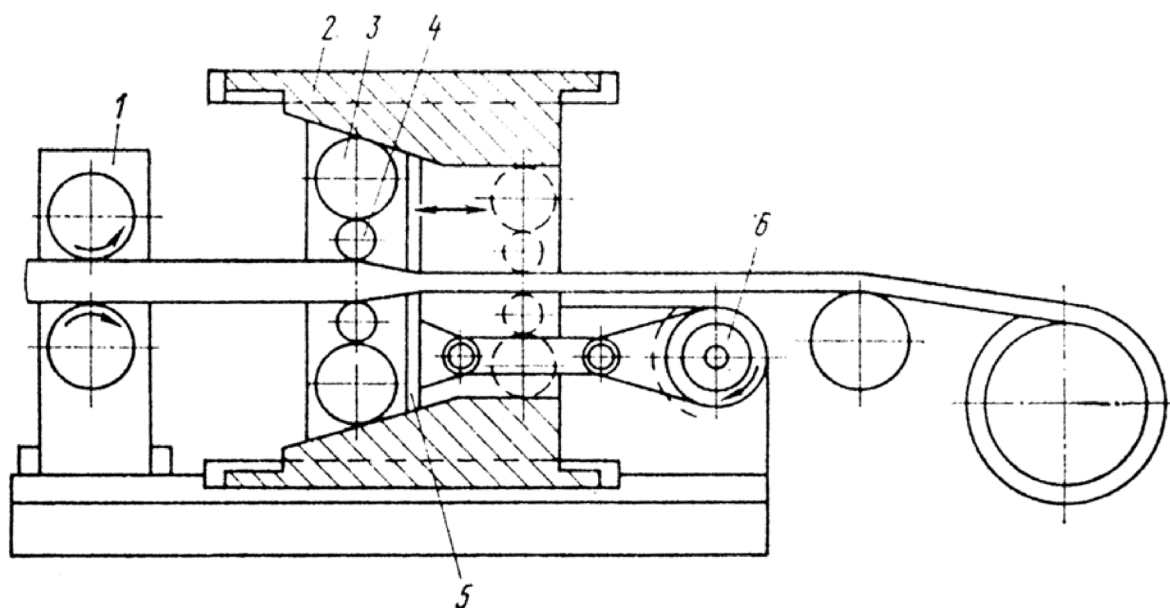


Рис. 1.68. Стан с возвратно-поступательным движением клетки

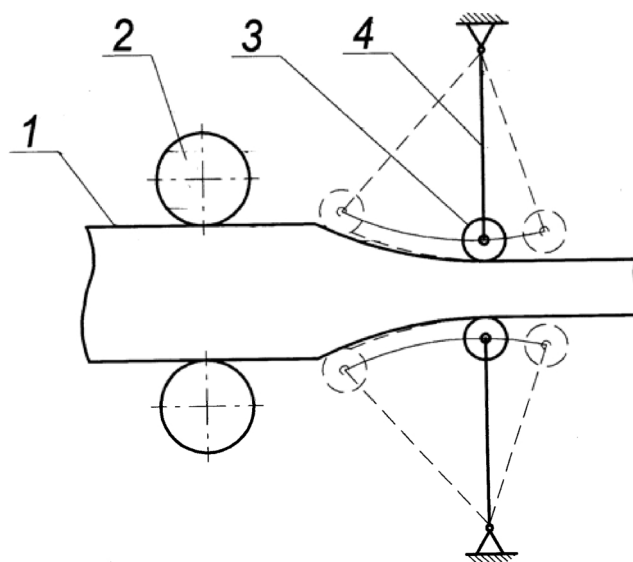


Рис.1.69. Схема маятникового стана

промежуточных отжигов. Вытяжка составляет 17–20. Частота колебаний валков 800–1800 цикл/мин. Недостаток работы данного стана – волнистость полосы на выходе.

Циклоидный стан (рис.1.70), сохраняя такое важное преимущество маятникового стана, как интенсивный разогрев металла в результате деформации, в то же время свободен от такого недостатка, как волнистость полосы. Стан содержит две опорные плиты 4, между которыми расположены приводимые в движение кривошипно-шатунными механизмами качающиеся опоры 5. Эти опоры несут на

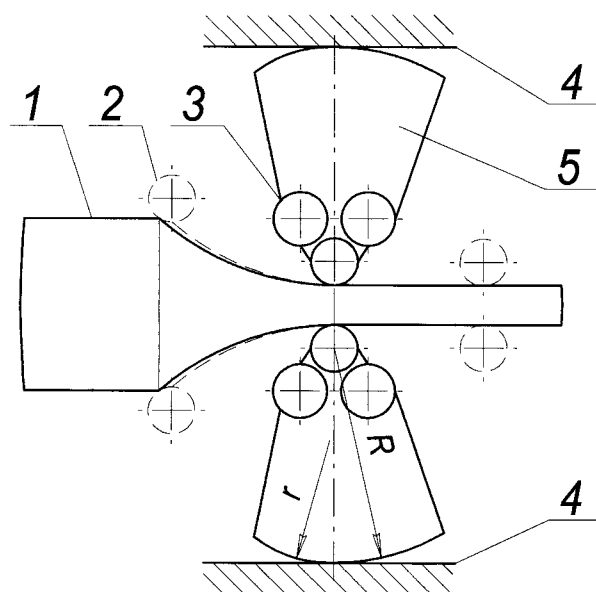


Рис.1.70. Схема циклоидного стана

себе опорные 3 и рабочие 2 валки, деформирующие полосу 1. Опоры колеблются с частотой 200–400 цикл/мин, но не вокруг реальной, жестко закрепленной оси, как в маятниковом стане, а вокруг мгновенной оси скоростей, образующейся при обкатывании качающейся опоры 5 по опорной плите 4. Профиль качающейся опоры 5 выполнен так, что при колебании ось рабочего валка 2 сначала перемещается по циклоиде (валок в это время обжимает полосу), а затем по прямой (калибровка). Вытяжка составляет 10–15 (обжатие 90–93%).

1.13 Вопросы для самоконтроля

1. Как классифицируют прокатные станы?
2. Какие агрегаты составляют главную линию рабочей клетки?
3. Дайте классификацию рабочих клеток.
4. Какие основные параметры определяют прокатные станы?
5. Как делятся станины по своей конструкции?
6. Опишите методику расчета станины закрытого типа на прочность.
7. Как деформируется станина в процессе прокатки?
8. Что представляют собой валки листопрокатного стана?
9. Как рассчитать на прочность двух- и четырехвалковые рабочие клетки?
10. Какие каскады валков используют для горячей и холодной прокатки?

11. Какие конструкции устройств применяются для создания заданного зазора между валками?
12. Как работает гидравлическое уравнивающее устройство?
13. Какие подшипники используют в валковых узлах?
14. Перечислите оборудование для перемещения проката.
15. Как работает шлеппер?
16. Какие принципы заложены в конструкциях правильных машин?
17. Как работает многороликовая правильная машина?
18. Перечислите оборудование для резки проката в продольном и поперечном направлениях.
19. Опишите конструкцию летучих ножниц.
20. Приведите примеры конструкций барабанных роликовых моталок.
21. Перечислите состав оборудования полунепрерывного стана 2800 горячей прокатки.
22. В каких случаях возможно опрокидывание рабочей клетки прокатного стана?
23. Перечислите тенденции развития оборудования прокатных цехов.
24. Опишите конструкцию и работу станов: планетарного, маятникового, циклоидного.
25. Назовите пути реализации бесслитковой прокатки.
26. Что представляет собой рольганг?
27. Когда применяют эджерные клетки?
28. Опишите конструкцию непрерывного пятиклетьевого стана холодной прокатки 1800 фирмы "Siemag".

2 ОБОРУДОВАНИЕ ПРЕССОВЫХ ЦЕХОВ

2.1 Структура технологического процесса прессования профилей и необходимое для ее реализации оборудование

На рис.2.1 приведена технологическая схема производства прутков и профилей из алюминиевых сплавов, подвергающихся закалке и искусственному старению, например из сплавов Д1, Д16, В95 и др.

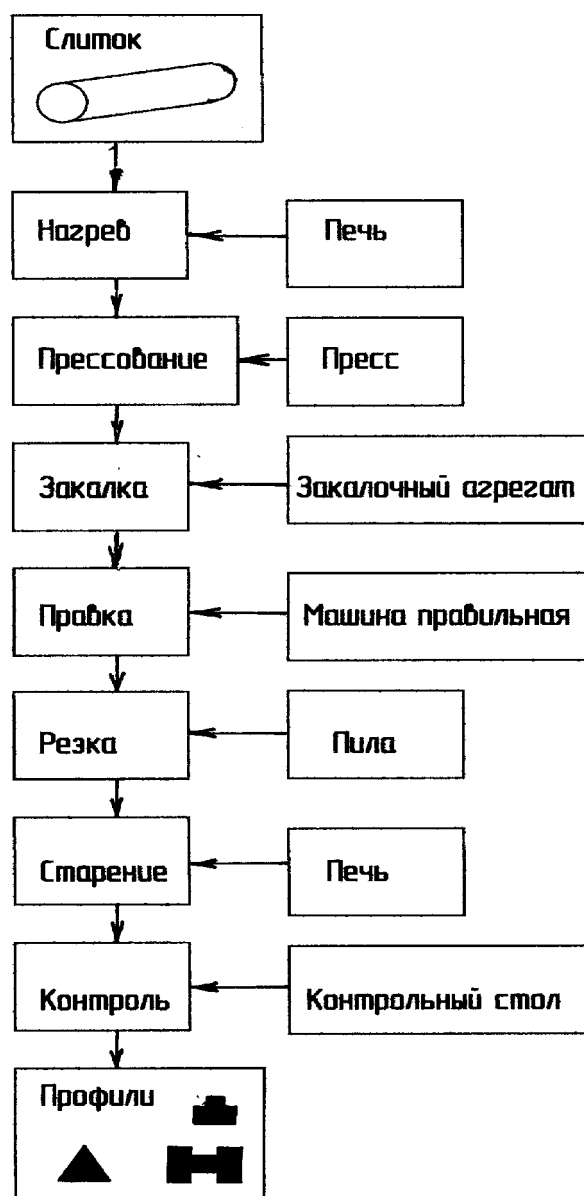


Рис. 2.1. Технологическая схема производства профилей из алюминиевых сплавов, подвергающихся закалке и искусственному старению

Для прессования применяют слитки, отлитые полунепрерывным методом, прошедшие предварительную термическую обработку в виде гомогенизирующего отжига, резку на мерные заготовки и обработку поверхности. Нагрев заготовок перед прессованием осуществляют в индукционных печах промышленной частоты (рис. 2.2).

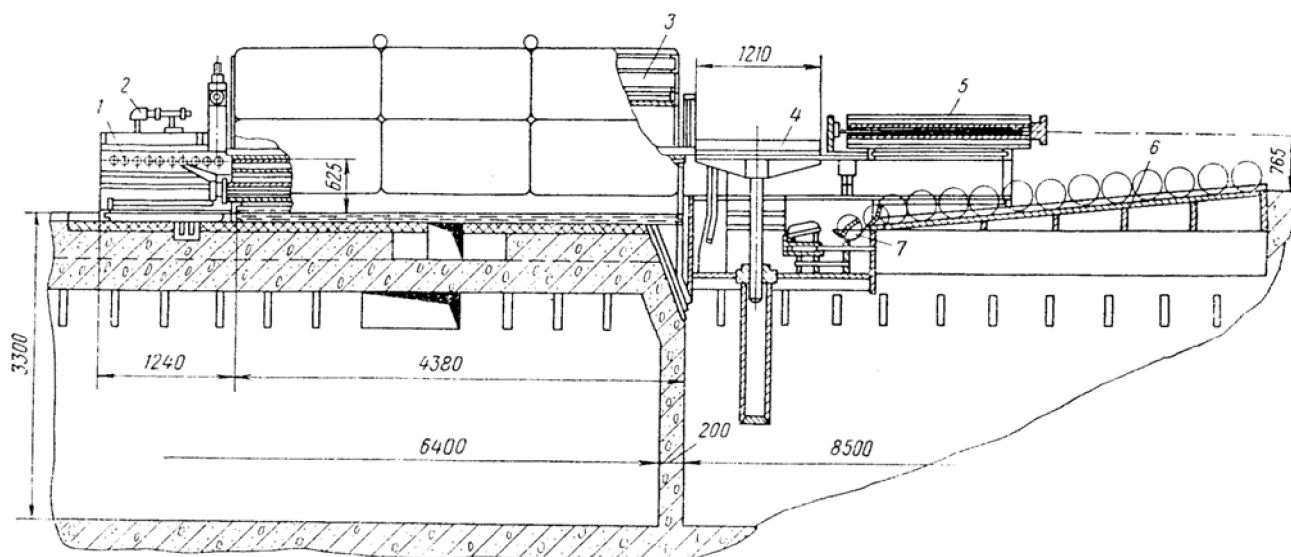


Рис. 2.2. Индукционная печь ИН-31 промышленной частоты для нагрева заготовок

Заготовки из бункера 6 подаются через дозатор 7 на подъемно-поворотный стол 4, а затем при помощи гидравлического толкателя 5 в индуктор 3. Перемещение заготовок в индукторе происходит путем последовательной загрузки их при помощи толкателя 5. Нагретая заготовка по выходе из индуктора касается термопары 2, при помощи которой измеряют ее температуру. Если температура заготовки соответствует заданному режиму, она подается на приводной рольганг выгрузки 1, при помощи которого транспортируется к загрузочному устройству прессы.

Для производства прессованных изделий из алюминиевых сплавов в основном используется процесс прессования с прямым истечением металла с неудаляемой “рубашкой” без технологической смазки на горизонтальных гидравлических прессах прямого действия. Прессование с обратным истечением металла с неудаляемой “рубашкой” без смазки используется для получения прутков, компактных профилей простой геометрической формы и труб на горизонтальных гидравлических прессах обратного действия. Прессование с прямым истечением с использованием технологической смазки применяется

для профилей из малопластичных, труднодеформируемых сплавов и получения изделий с равномерной макро- и микроструктурой.

Прессованные профили из алюминиевых сплавов чаще всего поставляются после закалки и старения или в горячепрессованном состоянии. В отдельных случаях изделия после прессования подвергают отжигу в камерных электрических печах с принудительной циркуляцией воздуха. Закалка проводится на вертикальных закалочных агрегатах, состоящих из нагревательной печи и закалочного бака.

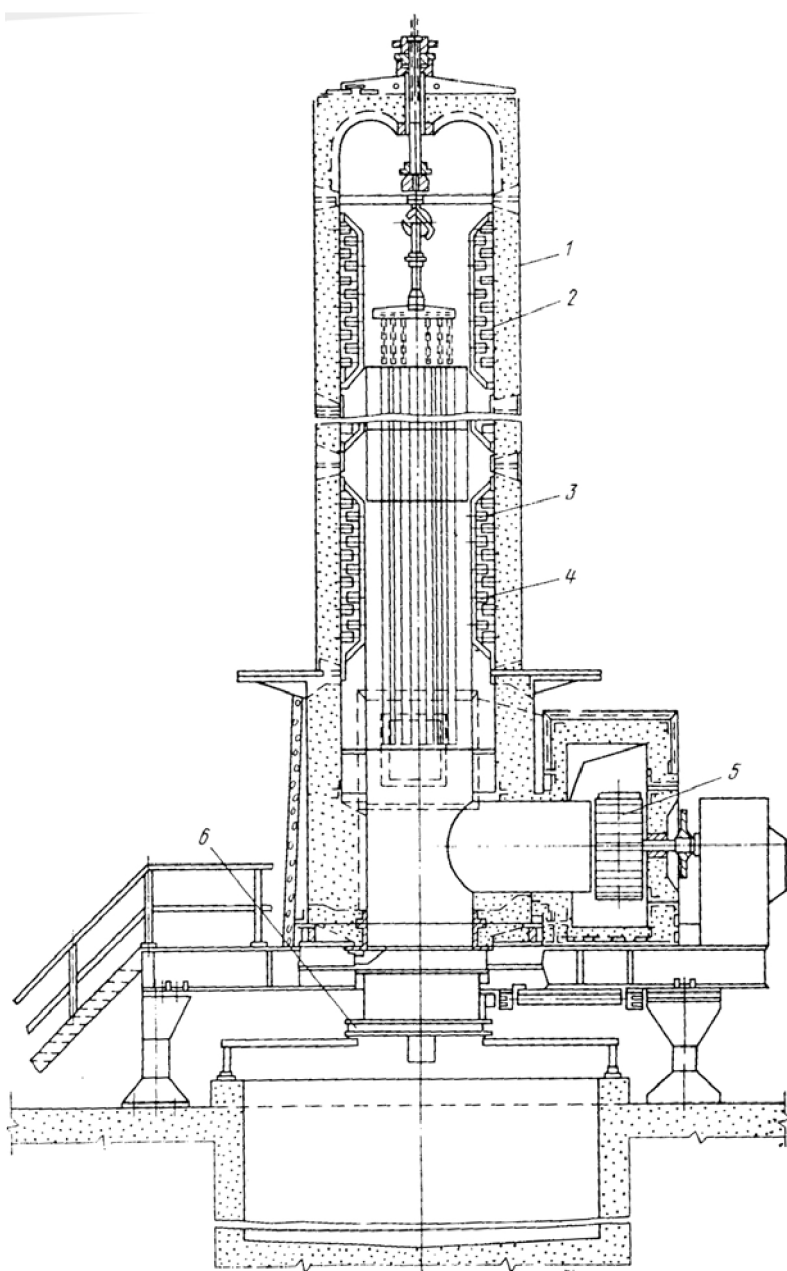


Рис. 2.3. Схема вертикального закалочного агрегата: 1, 2, 3 – соответственно наружный, средний и внутренний цилиндры; 4 – электронагреватели; 5 – вентилятор; 6 – заслонка; 7 – бак с водой

Нагревательная печь этих агрегатов по существу является термостатом с непрерывной циркуляцией воздуха. Устройство печи (рис.2.3) заключается в том, что она состоит из трех металлических цилиндров. Между наружным 1 и средним 2 цилиндрами находится теплоизоляция, а между средним и внутренним 3 расположены спиральные электронагреватели 4. Вентилятор 5, забирая воздух из рабочего пространства, направляет его вверх между внутренним и средним цилиндром, где он нагревается и сверху движется по рабочему пространству, где подвешены нагреваемые изделия. Контроль за нагревом проводится термopарами, укрепленными непосредственно на изделиях.

После нагрева и выдержки выключается вентилятор, открывается заслонка 6 и изделия опускаются в бак с водой 7. Для уменьшения склонности к поверхности коррозии изделий в воду закалочного бака добавляют 0,2 – 0,4% бихромата калия или натрия. С целью поддержания равномерной концентрации этой добавки производят барботаж воды сжатым воздухом.

Для отжига и искусственного старения широкое распространение получили электрические печи камерного типа с принудительной циркуляцией горячего воздуха (рис.2.4). Пресс-изделия в них загружаются в кассетах на сменных тележках, которые цепным транспортером закатываются в рабочее пространство печи через торцовые дверки. Каждую следующую садку подготавливают на тележке в процессе старения предыдущей.

После прессования или термической обработки профили могут иметь нарушения продольной и поперечной геометрии. Нарушения поперечной геометрии проявляются в искривлении полок профиля, искажении углов в поперечном сечении, непараллельности отдельных элементов профиля.

Нарушение продольной геометрии профилей исправляется растяжением и раскруткой в правильно-растяжных и раскруточных машинах, а также гибкой в роликовых правильных машинах с шахматным расположением роликов. Нарушения поперечной геометрии исправляются в процессе гибки на роликовых правильных машинах фасонными роликами с соосным расположением верхнего и нижнего роликов. В ряде случаев дополнительная правка профилей крупного поперечного сечения осуществляется гибом на гидравлических прессах, а мелкого – вручную с помощью специальных приспособлений.

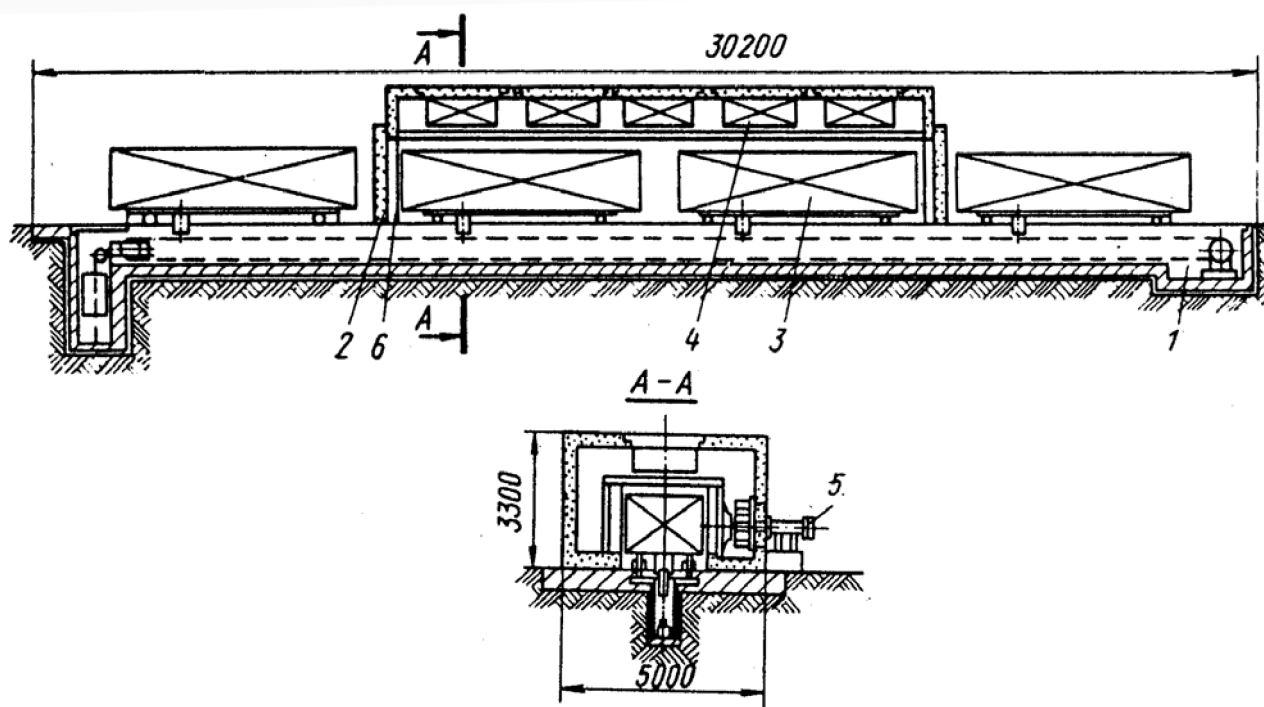


Рис. 2.4. Печь для отжига, искусственного старения: 1 – механизм продольного перемещения тележек; 2 – дверка; 3 – тележка; 4 – электронагреватели; 5 – вентилятор; 6 – каркас печи

Передняя головка на рис.2.5 предназначена для зажима профиля в губках, раскрутки его и растяжения; задняя – для зажима профиля и удержания в процессе правки. При растяжении передняя головка перемещается по станине под действием гидроцилиндра привода, закреплённого на станине и соединённого с индивидуальной маслонасосной установкой. Привод механизма раскручивания профиля осуществляется от электродвигателя через червячную передачу.

Механизм перемещения задней головки смонтирован на каретке и служит для быстрой настройки машины на другую длину профиля. Он имеет привод от электродвигателя через цепную и винтовую передачу. Фиксацию каретки на станине для удержания задней головки во время растяжения профиля осуществляют штифтом через каждые 1000 мм.

Зажимные механизмы головок выполнены в виде клиновых самозатягивающихся губок с приводом от пневмоцилиндров.

Правка профилей на ролико-правильных машинах проводится после правки растяжением для доводки поперечной геометрии полок профилей и размеров.

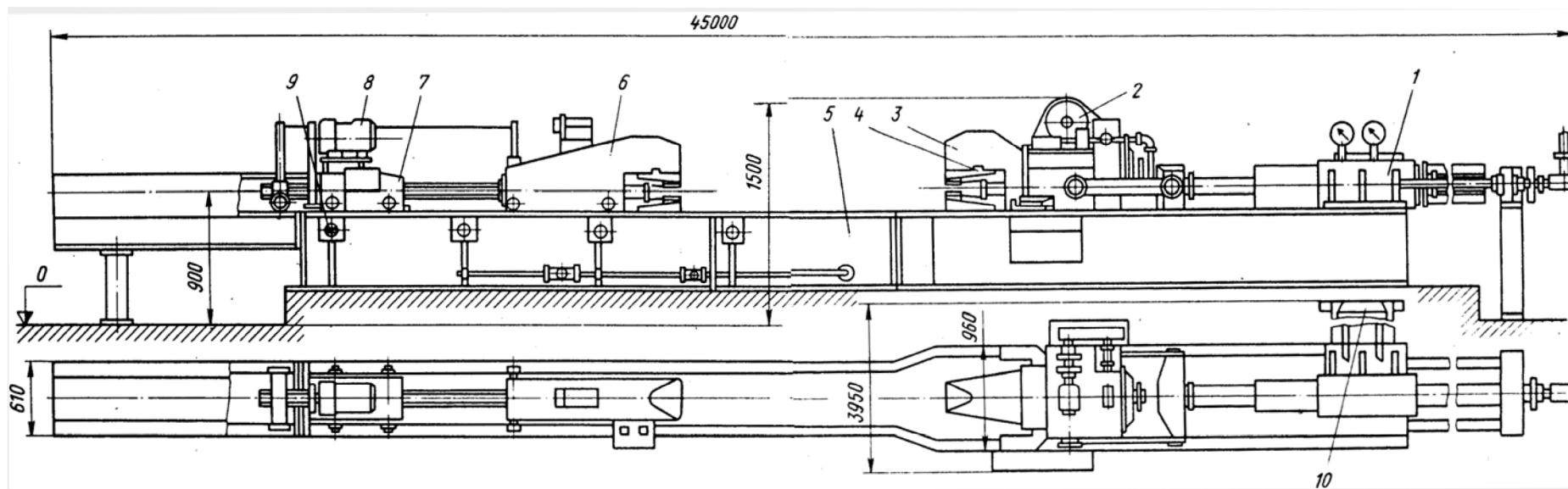


Рис. 2.5. Правильно-растяжная машина усилием 0,3 МН для правки и раскрутки профилей из алюминиевых сплавов: 1 – гидроцилиндр привода; 2 – механизм поворота передней головки; 3 – передняя головка; 4 – зажимные губки; 5 – станина; 6 – задняя головка; 7 – каретка; 8 – механизм перемещения задней головки; 9 – фиксатор; 10 – насосная станция

Принципиальные схемы основных видов операции правки на роликовых правильных машинах приведены на рис. 2.6, где стрелками показаны направления изменения геометрии элементов профиля.

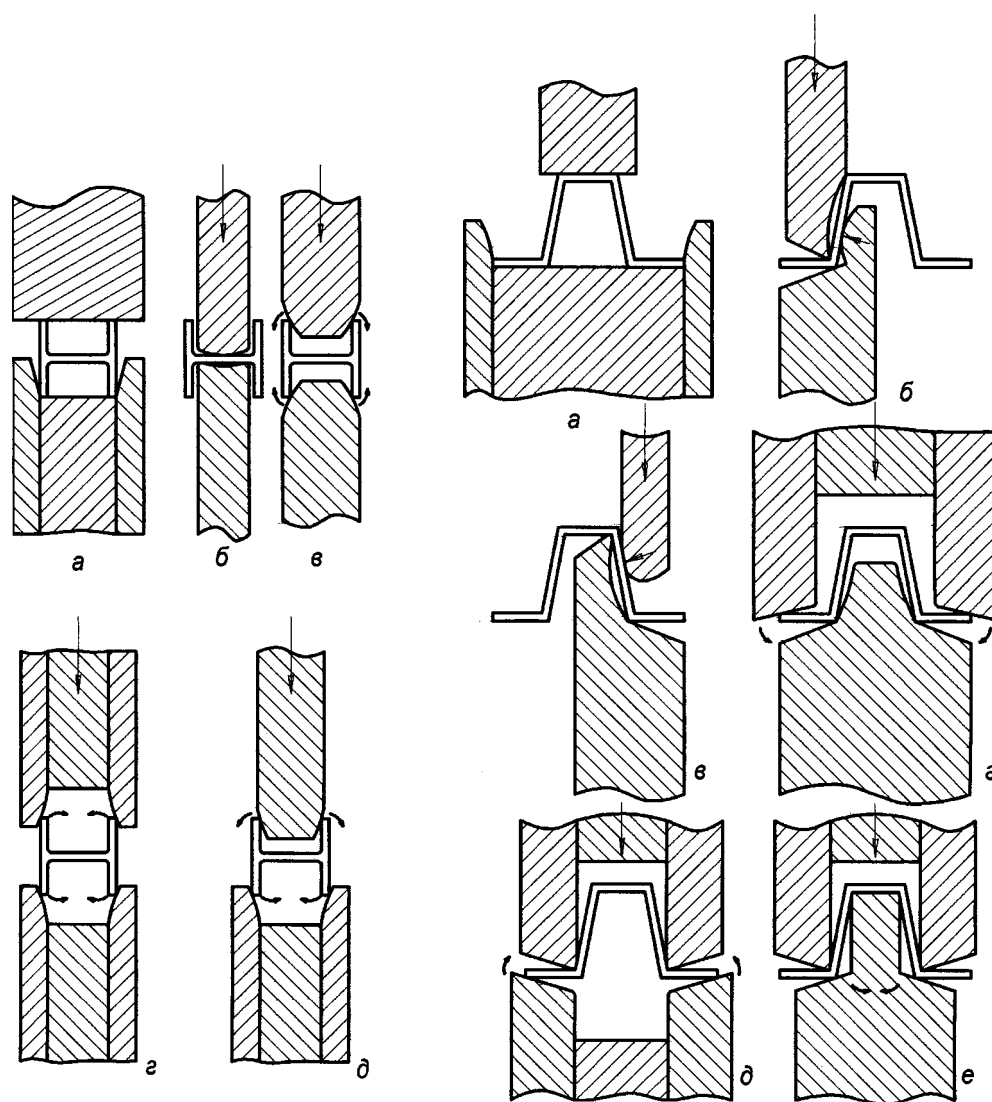


Рис.2.6. Схема правки профилей в роликовой машине

Контроль качества профилей проводят путём испытаний на растяжных машинах, исследованием макро- и микроструктуры и ультразвуковых колебаний.

Таким образом, для реализации технологической схемы прессования профилей, прутков и труб из алюминиевых сплавов необходимо иметь следующее оборудование: горизонтальные прессы прямого и обратного действия, нагревательные и термические устройства для слитков, прессованных изделий и инструмента, механизмы для вспомогательных операций (нанесение смазки, загрузка и выгрузка

слитков, отделение пресс-остатка, транспортировка и т.п.), установки для питания прессов и всех механизмов, машины для правки и резки изделий, оборудование для контроля качества изделий.

2.2 Принцип действия гидравлического пресса

Гидравлический пресс представляет собой машину статического действия, которая совершает работу за счет энергии электродвигателя, приводящего в движение насос, связанный с рабочим цилиндром пресса системой трубопроводов. Принцип действия гидравлического пресса основан на законе Паскаля, согласно которому давление сжатой жидкости передается во все стороны равномерно и действует по нормали к поверхности.

На схеме (рис.2.7) два гидравлических цилиндра разных диаметров (цилиндр малого действия – насоса, большого – цилиндр пресса) соединены трубопроводом. Если на плунжер 1 цилиндра малого диаметра с площадью f_1 воздействовать усилием P_1 , то в жидкости возникает давление $P = P_1 / f_1$.

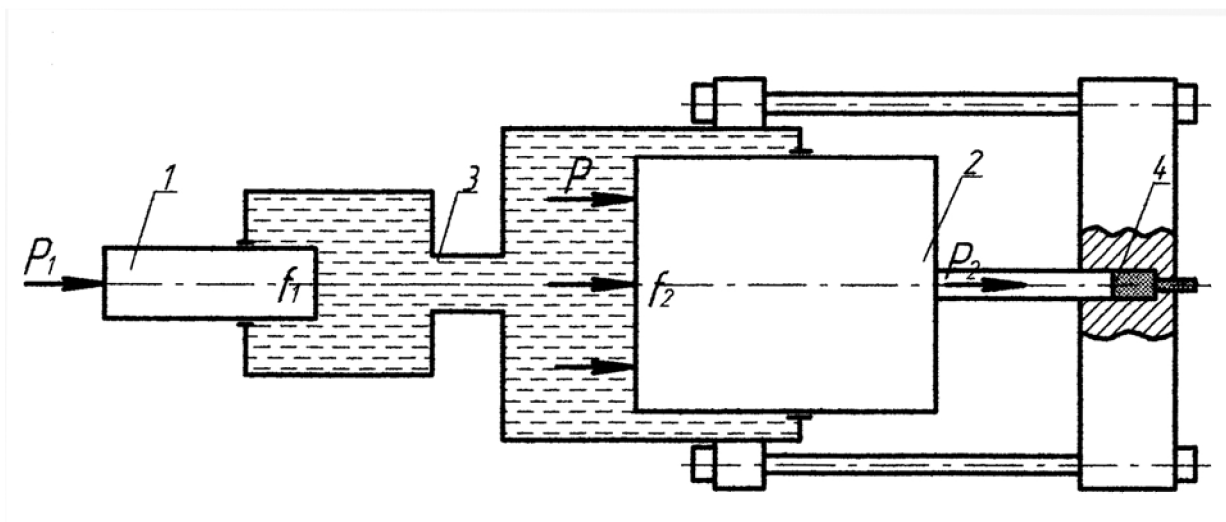


Рис.2.7. Схема действия гидравлического пресса

По трубопроводу 3 это давление передается в цилиндр большого диаметра, и на его плунжер 2 с помощью f_2 будет действовать усилие

$$P_2 = pf_2 = P_1 f_2 / f_1.$$

Следовательно, усилие, развиваемое рабочим плунжером, во столько раз больше усилия, действующего на плунжер насоса, во сколько раз площадь рабочего плунжера больше площади плунжера насоса. Это усилие с помощью инструмента передается на заготовку 4 и используется для ее деформирования.

Объем V жидкости, вытесненным ходом H малого плунжера, $V = Hf_1$ равен изменению объема жидкости в цилиндре большого диаметра при смещении плунжера на величину h : $V = hf_2$. Отсюда $h = Hf_1 / f_2$.

Таким образом, ход цилиндра гидравлического пресса во столько раз меньше хода насоса, во сколько раз его усилие больше усилия, действующего на плунжер насоса.

Во всех приведенных выше рассуждениях не учитывались гидравлические и механические (на преодоление трения) потери. С учетом этих потерь фактический выигрыш в усилиях оказывается меньше, а часть энергии, подводимой к насосу, теряется (рассеивается).

Отмеченные физические закономерности определяют следующие основные особенности гидравлических прессов:

1. Усилие, развиваемое гидравлическим прессом, теоретически может быть сколь угодно большим. Увеличивая площадь рабочего плунжера, повышая давление в гидросистеме или применяя в прессе несколько рабочих цилиндров, можно получить усилие любой величины.

2. Ход пресса может быть сколь угодно большим. Для этого не требуются насосы с огромными ходами. Достаточно в магистрали, связывающей насос с прессом, поставить клапан, который будет пропускать жидкость только в одном направлении от насоса к рабочему цилиндру. Тогда за счет достаточно большого числа ходов плунжера насоса можно обеспечить ход пресса любой величины.

3. Скорость движения плунжера пресса определяется количеством жидкости, поступающей в рабочий цилиндр в единицу времени. Меняя число работающих насосов, их производительность, а также используя аккумуляторный привод, можно регулировать скорость пресса в широких пределах.

2.3 Горизонтальный гидравлический пресс прямого действия

На рис. 2.8 представлена конструкция прутково-профильного горизонтального гидравлического пресса усилием 25 МН для прессования с прямым истечением металла.

Основными узлами пресса являются станина, прессующая траверса, рабочий, возвратные и форсирующие цилиндры, контейнер с контейнеродержателем и цилиндрами передвижения, матрицедержатель и устройство для отделения пресс-остатка от изделия (ножницы).

Станина состоит из неподвижных передней и задней поперечин, которые соединены колоннами в жесткую раму, образующую замкнутый силовой контур пресса, и устанавливается на фундаментной плите. Задняя поперечина, в которой монтируются все цилиндры привода прессующей траверсы, жестко фиксируется на плите в продольном и поперечном направлениях с помощью шпонок и клиньев. Передняя поперечина, в которой размещены матрицедержатель, ножницы и цилиндры передвижения контейнера, устанавливается на призматических направляющих с помощью винтовых домкратов.

Прессующая траверса пресса служит для передачи усилия от рабочего цилиндра на прессуемую заготовку через закрепленный на ней пресс-штемпель и связана с плунжерами рабочего, возвратных и форсирующих цилиндров. Полное усилие прессования создается рабочим (главным) цилиндром и двумя форсирующими, последние 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 цилиндров и рабочего цилиндра при давлении наполнения, должно обеспечивать высокую скорость движения прессующей траверсы, надежное заталкивание заготовки с пресс-шайбой в контейнер пресса. Усилие возвратных цилиндров обычно составляет 6–10% номинального усилия пресса и должно обеспечивать такое же значение скорости обратного холостого хода.

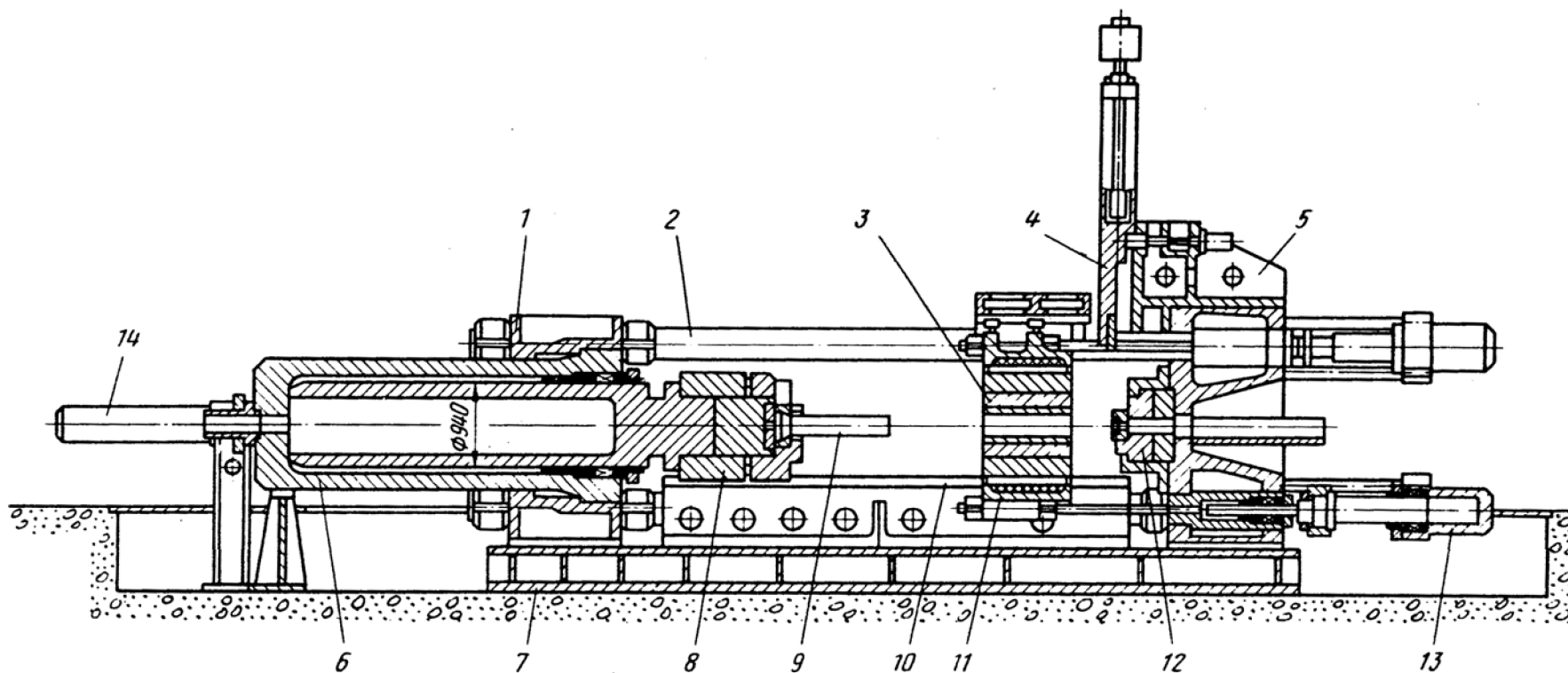


Рис. 2.8. Горизонтальный гидравлический пресс усилием 25 МН: 1 – задняя поперечина; 2 – колонна; 3 – контейнер; 4 – ножницы для отделения пресс-остатка; 5 – передняя поперечина; 6 – рабочий цилиндр; 7 – фундаментная плита; 8 – прессующая траверса; 9 – пресс-штемпель; 10 – призматические направляющие; 11 – контейнеродержатель; 12 – матрицедержатель; 13 – цилиндры передвижения контейнера; 14 – форсирующий цилиндр

Для крепления пресс-штемпеля в держателе прессующей траверсы выполнен подковообразный паз, в который сверху устанавливается пресс-штемпель с центрирующим кольцом. На кольце имеется проушина, за которую оно может быть захвачено крюком крана. Держатель прижимается к прессующей траверсе шпильками и одновременно поджимает пресс-штемпель через кольцо к опоре в траверсе. Для замены пресс-штемпеля достаточно ослабить гайки шпилек и держатель под действием пружин отойдет от прессующей траверсы и создаст осевой зазор в подковообразном пазе. Такое быстросъемное крепление пресс-штемпеля по сравнению с еще применяемым на ряде существующих прессов креплением посредством конической втулки со шпильками и гайками позволяет значительно сократить время простоев прессов.

С целью совмещения вспомогательных операций на прессе и сокращения времени цикла прессования ход прессующей траверсы несколько превышает две длины контейнера (пресс двухходовой), что позволяет производить одновременно отделение пресс-остатка с пресс-шайбой от изделия и загрузку новой заготовки с пресс-шайбой в контейнер. Контейнер пресса выполнен многослойным, состоящим 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. В осевом направлении контейнер фиксируется в контейнеродержателе с помощью двух секторных затворов, входящих в кольцевую проточку на наружной втулке контейнера.

Корпус контейнеродержателя выполнен неразъемным с кольцевым пазом для размещения термоизоляции и отверстиями для крепления тяг цилиндров передвижения, которые смонтированы на передней поперечине пресса. Величина хода контейнеродержателя определяется его перемещением, необходимым для смены контейнера и прохода к матрице устройства для отделения пресс-остатка от изделия. Усилие цилиндров контейнеродержателя при прижиге контейнера к матрице обычно составляет 8–10 % номинального усилия пресса и должно обеспечивать возможность прессования со смазкой,

усилие отвода контейнера от матрицы должно обеспечивать возможность прессования через язычковую матрицу с отрывом пресс-остатка.

Матрицедержатель выполнен в виде салазок с поперечным перемещением в направляющих, закрепленных на передней поперечине пресса. Он имеет две позиции для размещения матричных комплектов.

Устройство для отделения пресс-остатка и пресс-шайбы от изделия выполнено в виде ножниц, которые крепятся с внутренней стороны передней поперечины пресса.

Последовательность технологических операций при прессовании профилей сплошного сечения из алюминиевых сплавов на рассматриваемом прессе и инструментальная наладка схематически показаны на рис.2.9. В исходном положении перед подачей нагретой заготовки прессующая траверса с пресс-штемпелем находится в крайнем заднем положении. Заготовку с пресс-шайбой специальным механизмом подают на ось пресса в зазор между пресс-штемпелем и торцом контейнера (позиция I).

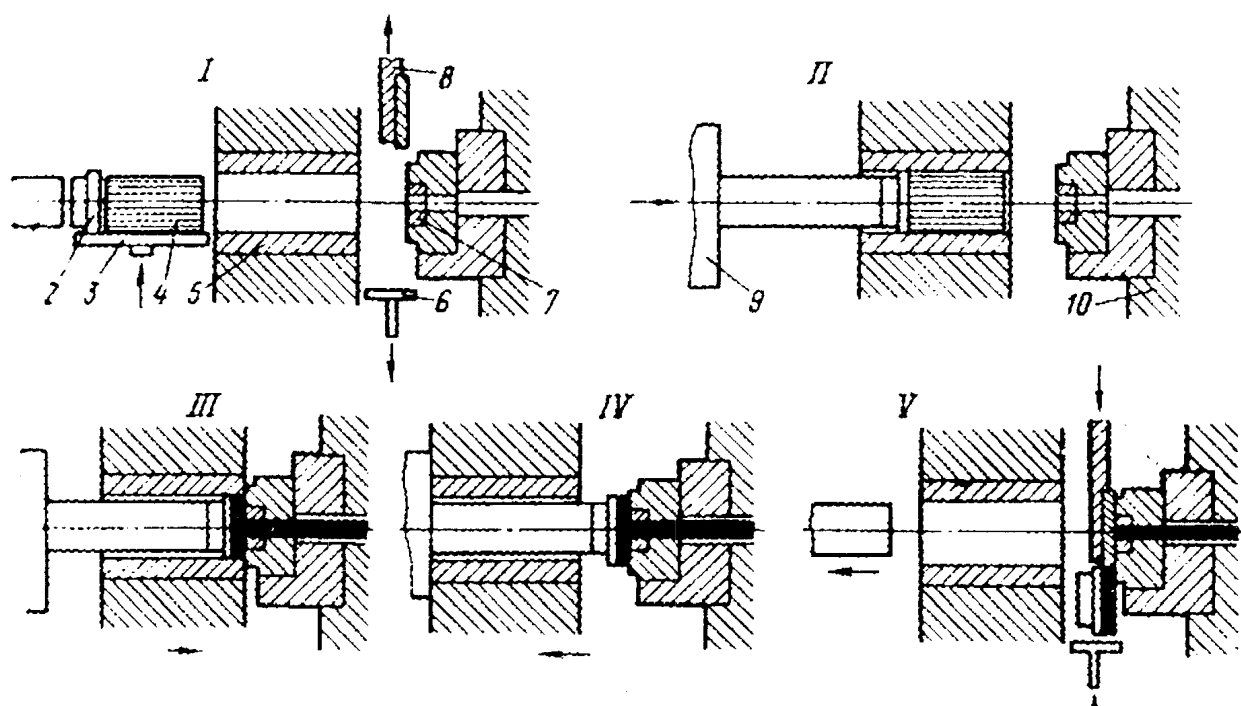


Рис. 2.9. Схема прессования сплошных профилей: 1 – пресс-штемпель; 2 – пресс-шайба; 3 – устройство для подачи заготовок; 4 – заготовки; 5 – контейнер; 6 – приемник пресс-остатка; 7 – матрица; 8 – ножницы; 9 – прессующая траверса; 10 – передняя поперечина

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 II).

При последующем движении пресс-штемпеля после прижатия контейнера к матрице происходит процесс прессования заготовки через матрицу с образованием пресс-изделия (позиция III). Прессование идет до тех пор, пока длина пресс-остатка не достигнет заданной величины, после чего траверсу останавливают.

Для удаления пресс-остатка вместе с пресс-шайбой из контейнера последний отводят от матрицы, освобождая пространство для прохода ползуна ножниц и приемника пресс-остатков (позиция IV). Движением ножа 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 V).

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.

2.4 Горизонтальный гидравлический пресс обратного действия

На рис.2.10 представлена конструкция прутковопрофильного горизонтального гидравлического пресса для прессования с обратным истечением.

Станина пресса состоит из неподвижных передней и задней поперечин, соединенных пластинчатыми колоннами в жесткую раму предварительно напряженной конструкции, и устанавливается на фундамент. В задней поперечине монтируются цилиндры привода прессующей траверсы и привода контейнера. В передней поперечине размещены матричные салазки со шплинтоном.

Прессующая траверса пресса служит для передачи усилия от рабочего цилиндра на прессуемую заготовку через закрепленный на ней затвор, упирающийся в контейнер. Полный ход прессующей

траверсы, так же как и контейнеродержателя, составляет примерно две длины контейнера, что позволяет сократить время цикла прессования за счет совмещения операций загрузки заготовки и установки шплинтон на ось пресса.

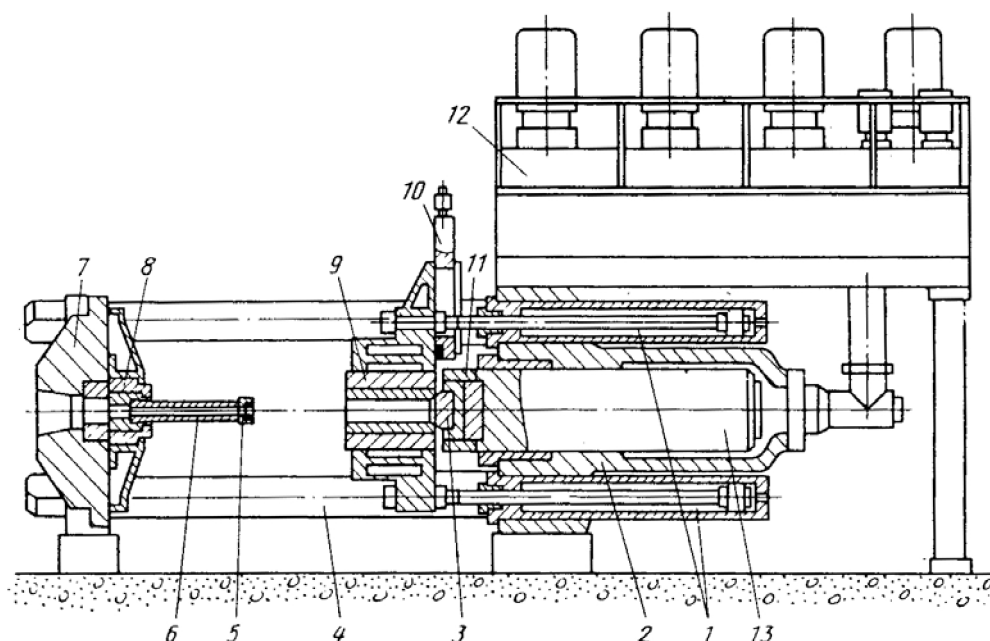


Рис. 2.10. Прутковопрофильный горизонтальный гидравлический пресс для прессования с обратным истечением металла: 1 – цилиндры передвижения контейнера; 2 – задняя поперечина; 3 – затвор; 4 – пластинчатая колонна; 5 – матрица; 6 – шплинтон; 7 – передняя поперечина; 8 – матричные салазки; 9 – контейнер; 10 – ножницы; 11 – прессующая траверса; 12 – индивидуальный масляный привод; 13 – рабочий цилиндр

Прессующая траверса и контейнеродержатель перемещаются по призматическим направляющим, смонтированным на пластинчатых колоннах пресса.

Матричный узел пресса выполнен в виде салазок 8 с поперечным перемещением в направляющих, закрепленных на передней поперечине пресса. Он имеет две позиции для размещения шплинтон очистного пресс-штемпея и передвигается для совмещения любого из них с осью прессования при помощи гидроцилиндров. Такая конструкция матричного узла позволяет в процессе обратного прессования со снятием матрицы в каждом цикле прессования производить ее установку на шплинтон вне пресса, совмещая эту операцию с очисткой контейнера.

Устройство для отделения пресс-остатка от изделия выполнено в виде ножниц, которые крепятся на задней стороне корпуса контейнеродержателя и перемещаются вместе с ним.

2.5. Горизонтальный гидравлический пресс прямого и обратного действия

На рис. 2.11 показана схема горизонтального гидравлического пресса для обратного прессования профилей с постоянной матрицей на шплинтоне. Его конструкция является универсальной и позволяет осуществлять прямое прессование.

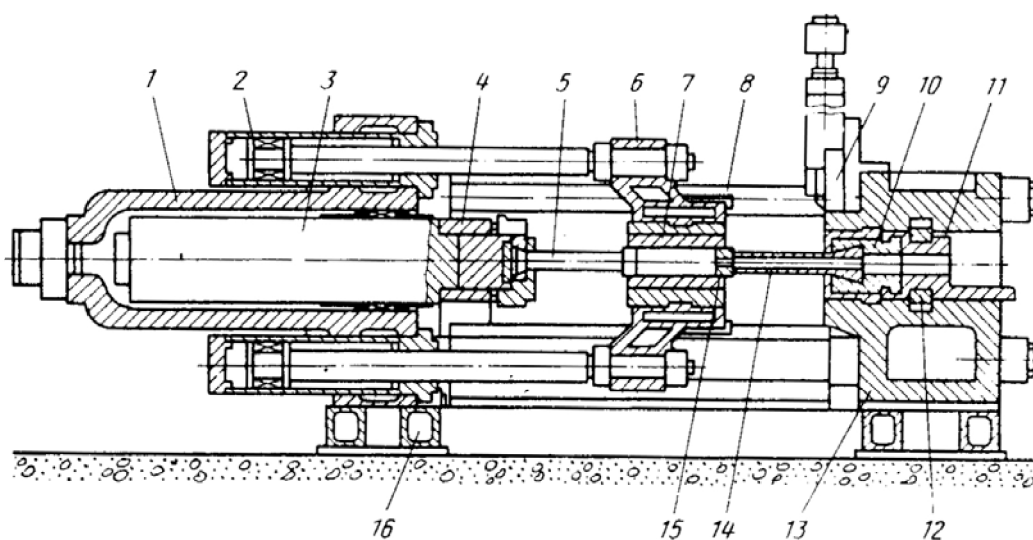


Рис. 2.11. Прутковопрофильный горизонтальный гидравлический пресс для прессования с прямым и обратным истечением металла: 1 – задняя поперечина – рабочий цилиндр; 2 – цилиндры передвижения контейнера; 3 – главный плунжер; 4 – прессующая траверса; 5 – пресс-штемпель; 6 – контейнеродержатель; 7 – контейнер; 8 – колонна; 9 – ножницы для отделения пресс-остатка; 10 – салазки; 11 – мундштук шплинтон; 12 – затвор мундштука; 13 – передняя поперечина; 14 – шплинтон; 15 – матрица; 16 – станина

Основное отличие этого пресса от предыдущего состоит в конструкции матрицедержателя и применении пресс-штемпеля вместо затвора. Шплинтон имеет возможность перемещения вдоль оси пресса на мундштуке и поперек оси пресса на салазках. Крайние положения осевого хода мундштука, примерно равного длине контейнера, фиксируются затвором. Поперечный ход салазок обеспечивает при необходимости смену шплинтон или матрицы без остановки процесса прессования. Ножницы для отделения пресс-остатка 9

при обратном и прямом прессовании смонтированы стационарно на передней поперечине пресса. Пресс-штемпель в процессе обратного прессования выполняет роль затвора прессующей траверсы, закрывающего полость контейнера, и обеспечивает их совместное движение при рабочем ходе.

Последовательность технологических переходов при обратном прессовании сплошных профилей на подобном прессе представлена на рис. 2.12.

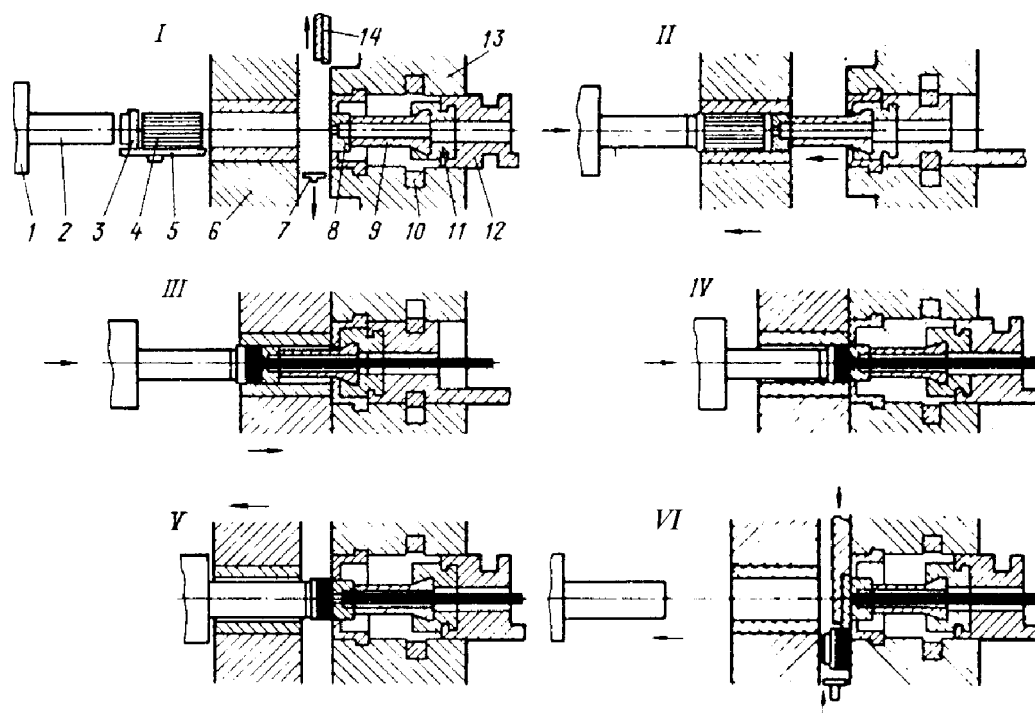


Рис. 2.12. Схема процесса прессования профилей с обратным истечением металла: 1 – прессующая траверса; 2 – пресс-штемпель; 3 – пресс-шайба; 4 – заготовка; 5 – податчик заготовок 6 – контейнер; 7 – приемник пресс-остатков; 8 – матрица; 9 – шплинтон; 10 – затвор; 11 – салазки; 12 – мундштук; 13 – передняя поперечина; 14 – ножницы

В исходном положении перед подачей нагретой заготовки прессующая траверса с пресс-штемпелем находится в крайнем заднем положении, контейнер – у передней поперечины пресса, затвор мундштука открыт и шплинтон расположен в крайнем переднем положении (позиция I).

Заготовка с пресс-шайбой подается на ось пресса в пространство между пресс-штемпелем и торцом контейнера. Контейнер надвигается на заготовку. В это время шплинтон выдвигается в крайнее заднее положение — положение прессования — и затвор мундштука закрывается (позиция II).

Перед началом прессования контейнер с заключенной в него заготовкой с передней стороны закрыт матрицей, а с другой стороны – пресс-штемпелем через пресс-шайбу. Процесс прессования происходит при совместном движении прессующей траверсы и контейнера (позиция III).

Прессование прекращают, когда пресс-остаток постигает заданной величины и контейнер упирается в переднюю поперечину. Затвор мундштука открывается, и пресс-штемпель проталкивает пресс-шайбу и пресс-остаток через контейнер (позиция IV). Для полной очистки контейнер отводится от матрицы, выпрессовывая пресс-остаток с пресс-шайбой (позиция V). Шплинтон находится в положении отрезка пресс-остатка, а прессующая траверса возвращается в исходное положение. После отделения изделия от пресс-остатка вместе с пресс-шайбой и загрузки новой заготовки процесс повторяется (позиция VI).

Переход от прессования с обратным истечением к прямому прессованию осуществляется простым перемещением салазок и установкой на ось пресса нового комплекта инструмента. Также осуществляется смена инструмента при обратном прессовании. Последовательность технологических операций при прессовании на этом прессе с прямым истечением аналогична показанным на рис. 2.9.

2.6 Станины гидропрессов

Станина гидравлического пресса является основным элементом, воспринимающим возникающие при работе усилия. По конструкции станины делятся на колонные, рамные и предварительно напряженные.

Наибольшее распространение в конструкциях гидравлических прессов получили колонные станины. Станина обычно содержит две, три или четыре колонны 1, соединяющие переднюю 2 и заднюю 3 неподвижные траверсы в жесткую раму (рис. 2.13).

Колонны являются базовыми деталями гидропресса. От их прочности и долговечности зависит живучесть пресса. Жесткость станины в значительной степени зависит от конструкции и вида соединения колонн с траверсами.

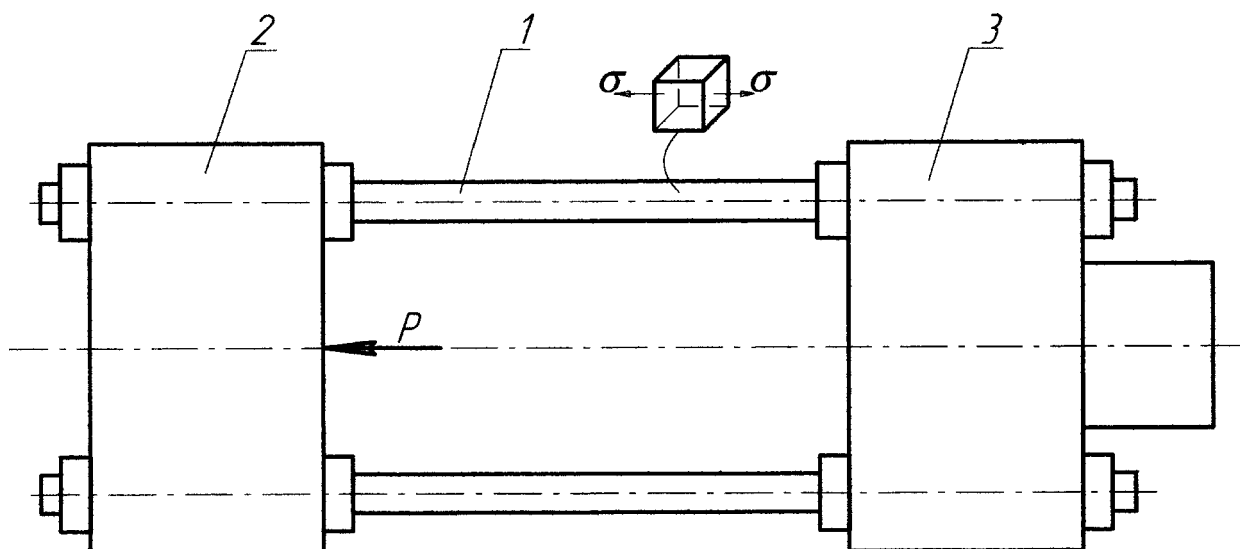


Рис. 2.13. Конструкция станины колонного типа

Для обеспечения необходимой жесткости станины и предотвращения самоотворачивания гаек колонн производят затяжку колонн в траверсах усилием, превосходящим максимальное усилие, воспринимаемое колонной при прессовании.

Существует несколько способов затяжки гаек колонн, производимой при монтаже или после крупного ремонта, сопровождаемого "ропуском" гаек. Наиболее надежным и технологичным является способ термической затяжки. Способ заключается в быстром нагреве концов колонн для достижения расчетного градиента температур между колонной и траверсой с последующим поворотом наружной гайки на заранее рассчитанный угол для затяжки. После охлаждения колонна укорачивается и стягивает бочку траверсы между внешней и внутренней гайками (рис.2.14).

Для нагрева колонны на ее торцах выполняют глубокие каналы, где размещают электронагреватели или подводят перегретый пар. Глубина канала должна обеспечить нагрев конца колонны от ее торца до внутренней гайки.

Рассмотрим процесс затяжки соединения, принимая линейной связь между усилиями, действующими на его элементы, и деформацией соединения (рис.2.15). Колонна от усилия предварительной затяжки T растягивается (прямая I), а гайки, промежуточные элементы и поперечина усилием затяжки сжаты (прямая II).

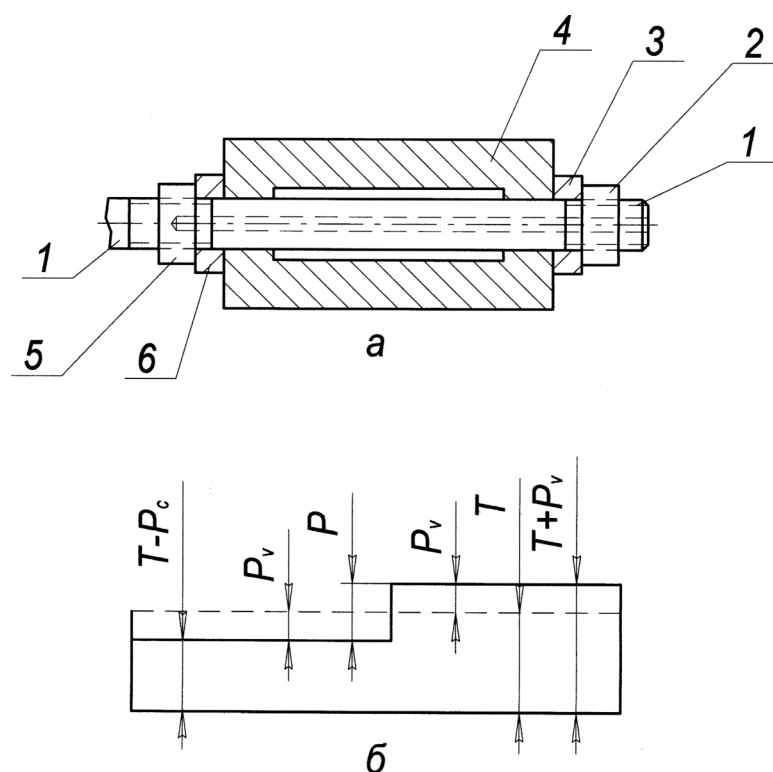


Рис. 2.14. Схема соединения колонн с траверсами

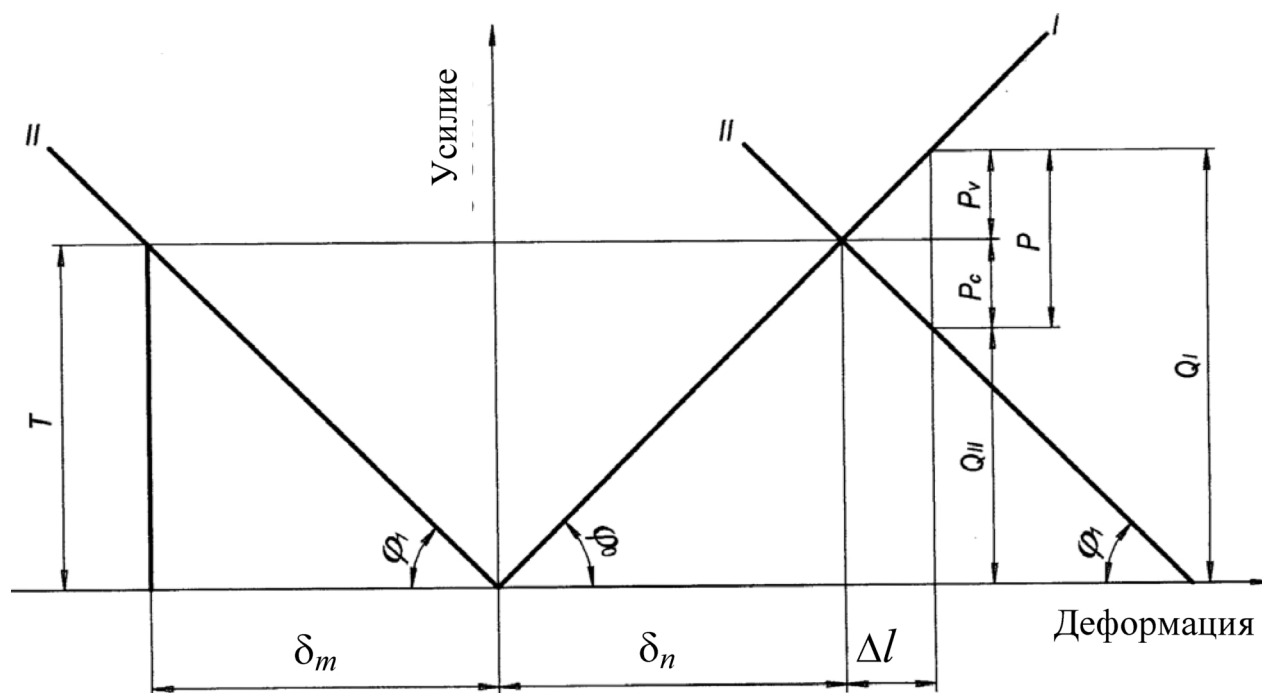


Рис. 2.15. Зависимость усилий от деформаций элементов соединения

При приложении к соединению рабочей нагрузки P напряжения по абсолютной величине в колонне 1, наружной гайке 2, наружном промежуточном элементе 3 и наружной половине бочки траверсы 4 увеличиваются, а во внутренней гайке 5, внутреннем промежуточ-

ном элементе 6 и внутренней половине бочки траверсы 4 напряжения по абсолютной величине уменьшаются (см. рис. 2.14).

Суммарные перемещения гайки в зоне соединения

$$D = DT + DP + DC,$$

где DT – суммарная деформация элементов от усилия затяжки, $DT = \delta_m + \delta_n$; DP – обмятие в резьбе колонны, $DP = 0,1N$; N – число резьб в зоне соединения; DC – обмятие в стыке, $DC = 0,1M$; M – число стыков в зоне соединения.

Для обеспечения перемещения гайку необходимо повернуть на угол

$$\varphi = \frac{360D}{S},$$

где S – шаг резьбы.

Для свободного вращения гайки температура нагрева конца колонны должна быть выше температуры остальных деталей соединения на величину

$$Dt = \frac{D}{l\alpha},$$

где l – длина нагреваемого участка колонны; α – коэффициент линейного расширения материала колонны.

Из закона Гука при упругом растяжении – сжатии следует, что

$$\sigma = Ee \text{ или } \frac{P}{F} = E \frac{Dl}{l},$$

откуда

$$Dl = P \frac{l}{EF} = P\lambda,$$

где λ – коэффициент податливости (упругости),

$$\lambda = \frac{l}{EF};$$

P – рабочая нагрузка на одну колонну.

Из диаграммы на рис. 2.15 видно, что деформация пропорциональна силе, тогда

$$\delta_n = \lambda_n T; \delta_m = \lambda_m T,$$

где T – усилие затяжки гаек колонн.

Коэффициент податливости λ_n и λ_m является суммой податливостей элементов участков рассматриваемого соединения:

$$\lambda_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{E_i F_i}; \quad \lambda_m = \sum_{j=1}^m \lambda_j = \sum_{j=1}^m \frac{l_j}{E_j F_j},$$

где l_i, l_j – длины участков с напряжениями, увеличивающимися или уменьшающимися соответственно при рабочем нагружении; F_i, F_j – площади поперечных сечений с напряжениями, увеличивающимися или уменьшающимися соответственно при рабочем нагружении; n, m – число участков с напряжениями, увеличивающимися или уменьшающимися соответственно при рабочем нагружении.

При одинаковых модулях упругости имеем

$$\lambda_n = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{F_i}; \quad \lambda_m = \frac{1}{E} \sum_{j=1}^m \frac{l_j}{F_j}.$$

Из условия подобия треугольников (см. рис. 2.15)

$$\frac{P_v}{Dl} = \frac{T}{\delta_n},$$

откуда

$$P_v = Dl \frac{T}{\delta_n} = Dl \frac{T}{\lambda_n T} = \frac{Dl}{\lambda_n},$$

где P_v – усилие, на которое увеличивается затяжка T после приложения рабочей нагрузки P на участке I.

Аналогично

$$\frac{P_c}{Dl} = \frac{T}{\delta_m},$$

тогда

$$P_c = \frac{Dl}{\lambda_m},$$

где P_c – усилие, на которое увеличивается затяжка T после приложения рабочей нагрузки на участке II.

Из условия равновесия

$$P_v + P_c = P$$

или

$$\frac{Dl}{\lambda_n} + \frac{Dl}{\lambda_m} = P.$$

Тогда

$$Dl = \frac{P}{\frac{1}{\lambda_n} + \frac{1}{\lambda_m}}.$$

Усилие, на которое увеличивается затяжка T на участке I, имеет следующий вид:

$$P_v = \frac{P}{\left(\frac{1}{\lambda_n} + \frac{1}{\lambda_m}\right)\lambda_n} = \frac{\lambda_m}{\lambda_n + \lambda_m} P = \chi P,$$

где χ – коэффициент основной нагрузки,

$$\chi = \frac{\lambda_m}{\lambda_n + \lambda_m}.$$

Усилие, на которое уменьшается затяжка T на участке II, имеет вид

$$P_c = P - P_v = (1 - \chi)P.$$

Полное усилие на участке I:

$$Q_1 = T + P_v,$$

на участке II:

$$Q_{II} = T - P_c.$$

Отсюда основное условие перекрытия стыка

$$T > P_c$$

или

$$T = kP_c = k(1 - \chi)P,$$

где k – коэффициент затяжки, $k = 1,5$.

Окончательно

$$T = k \left(1 - \frac{\lambda_m}{\lambda_n + \lambda_m} \right) P.$$

Деформация соединения от усилия затяжки

$$DT = \delta_n + \delta_m = T(\lambda_n + \lambda_m) = k\lambda_n P.$$

Напряжение в колоннах пресса на затянутом участке от усилий T и Q представлено как

$$\sigma = \frac{T}{F_k} \leq [\sigma], \quad \sigma = \frac{Q_I}{F_k} \leq [\sigma],$$

где F_k – площадь поперечного сечения колонны.

На незатянутах участке

$$\sigma = \frac{P}{F_k} \leq [\sigma],$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение.

Станины прессов колонного исполнения, несмотря на их широкое распространение, имеют существенный недостаток – резьбовое соединение колонны с гайкой, которое является местом разрушения колонн.

Рамная конструкция станины лишена этого недостатка (рис. 2.16). Для изготовления рамы прямоугольного сечения применяют толстолистовой прокат значительно меньшей толщины, чем диаметр поковки колонны, что гарантирует высокое качество металла. Электрошлаковая сварка позволяет получить раму монолитной конструкции без разъемов и соединительных частей. Перечисленные преимущества рамной конструкции обуславливают её высокую надёжность и целесообразность применения в мощных гидравлических прессах.

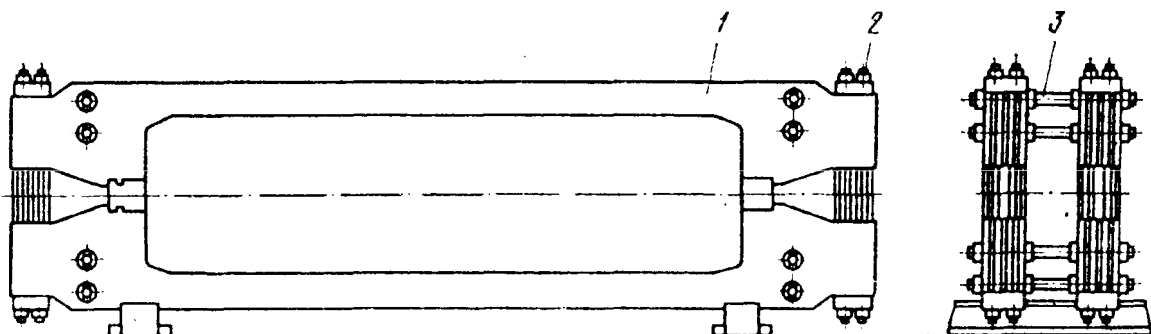


Рис. 2.16. Рамная станина мощного горизонтального пресса

Для увеличения долговечности пресса получают все большее распространение станины предварительно напряженной конструкции, в частности с четырехгранными пластинчатыми колоннами, состоящими из нескольких плоских катаных плит с Т-образными головками (стяжек) и проставок (рис. 2.17). В такой колонне концентрация напряжений в местах перехода от головки к стержню плиты получается значительно ниже, чем в резьбе.

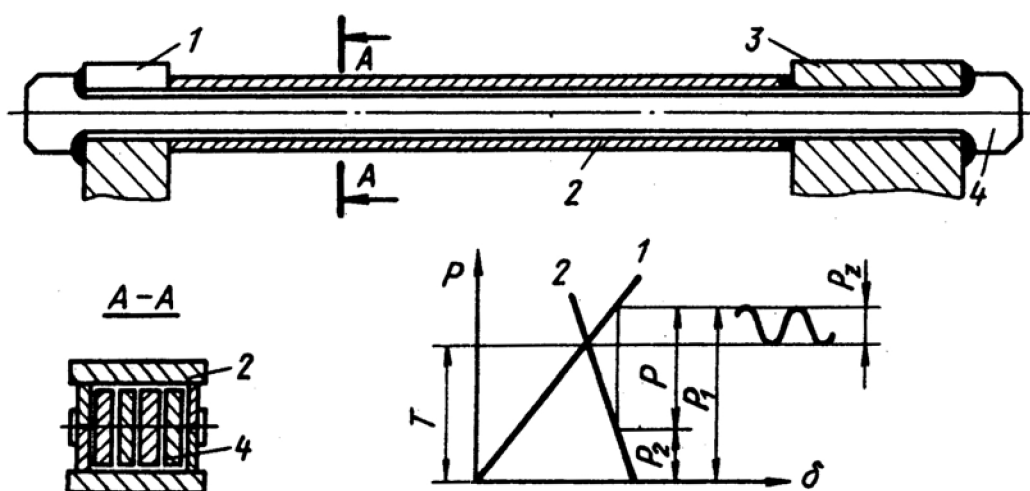


Рис. 2.17. Четырехгранная пластинчатая колонна станины предварительно напряженной конструкции и диаграмма действующих сил: 1 – передняя поперечина; 2 – проставка; 3 – задняя поперечина; 4 – плоская плита с Т-образной головкой (стяжка); T – усилие предварительной затяжки; P – рабочая нагрузка; P_1 и P_2 – усилия, действующие на стяжку и проставку после приложения рабочей нагрузки; P_z – переменная нагрузка на стяжку; δ – деформация элемента

Характерной особенностью предварительно напряженных конструкций является наличие в них напряжений до приложения внешней, рабочей нагрузки. Если колонны и рамы станин обычных конструкций подвергаются во время работы пульсирующему циклу нагружения с амплитудой, равной рабочему усилию, то в станинах предварительно напряженной конструкции стяжки и проставки подвергаются асимметричному циклу нагружения со значительно меньшей амплитудой. Таким образом, нагрузка на стяжки хотя и увеличивается, но приближается к статической, в результате чего уменьшится опасность усталостного разрушения.

Распределение усилий между стяжками и проставками колонн станины предварительно напряженной конструкции показано на диа-

грамме усилий, где прямая 1 характеризует деформацию стяжки, прямая 2 – деформацию проставки (T – усилие предварительной затяжки; P – рабочая нагрузка; P_1 и P_2 – усилия, действующие соответственно на стяжку и проставку после приложения рабочей нагрузки; P_z – переменная часть нагрузки, действующей на стяжку; δ – деформация элементов колонны).

2.7 Матрицедержатели

Узел крепления матриц и пресс-штемпеля в передней поперечине пресса называется матрицедержателем. В зависимости от назначения пресса и технологии прессования известны следующие типы матрицедержателей: 1) мундштук, перемещающийся вдоль оси пресса; 2) салазки, перемещающиеся поперек оси пресса; 3) поворотная головка, вращающаяся вокруг оси, параллельной оси пресса; 4) комбинированный, перемещающийся вдоль оси пресса на мундштуке и поперек оси пресса на салазках.

Отечественные прессы старых конструкций содержат мундштучные матрицедержатели (рис. 2.18). Мундштук пресса представляет собой цилиндрическую каретку, в расточке которой устанавливают матрицу и опорное кольцо. В рабочем положении мундштук располагается в проставочной части передней поперечины пресса на шпонках 8 и фиксируется от продольных перемещений подковообразным затвором 5, приводимым в движение гидроцилиндром. Усилие прессования передается через мундштук, затвор и опорное кольцо на переднюю поперечину.

С обратной стороны от матрицы к мундштуку крепят направляющую проводку для предотвращения искривления прессованных изделий. При отделении пресс-остатка пресса мундштук выдвигают вдоль оси пресса к ножницам, расположенным за передней поперечиной. Выдвижение мундштука осуществляется с помощью гидравлических цилиндров через реечную передачу, которая сообщает движение приемному столу пресса, скрепленному с мундштуком болтами.

Прессы с мундштучным матрицедержателем могут иметь подвижный и неподвижный контейнеры. При неподвижном контейнере, жестко скрепленном с передней поперечиной, прижим матрицы к нему осуществляется затвором мундштука, который в этом случае выполняется клиновым. Как показала практика прессования, такого

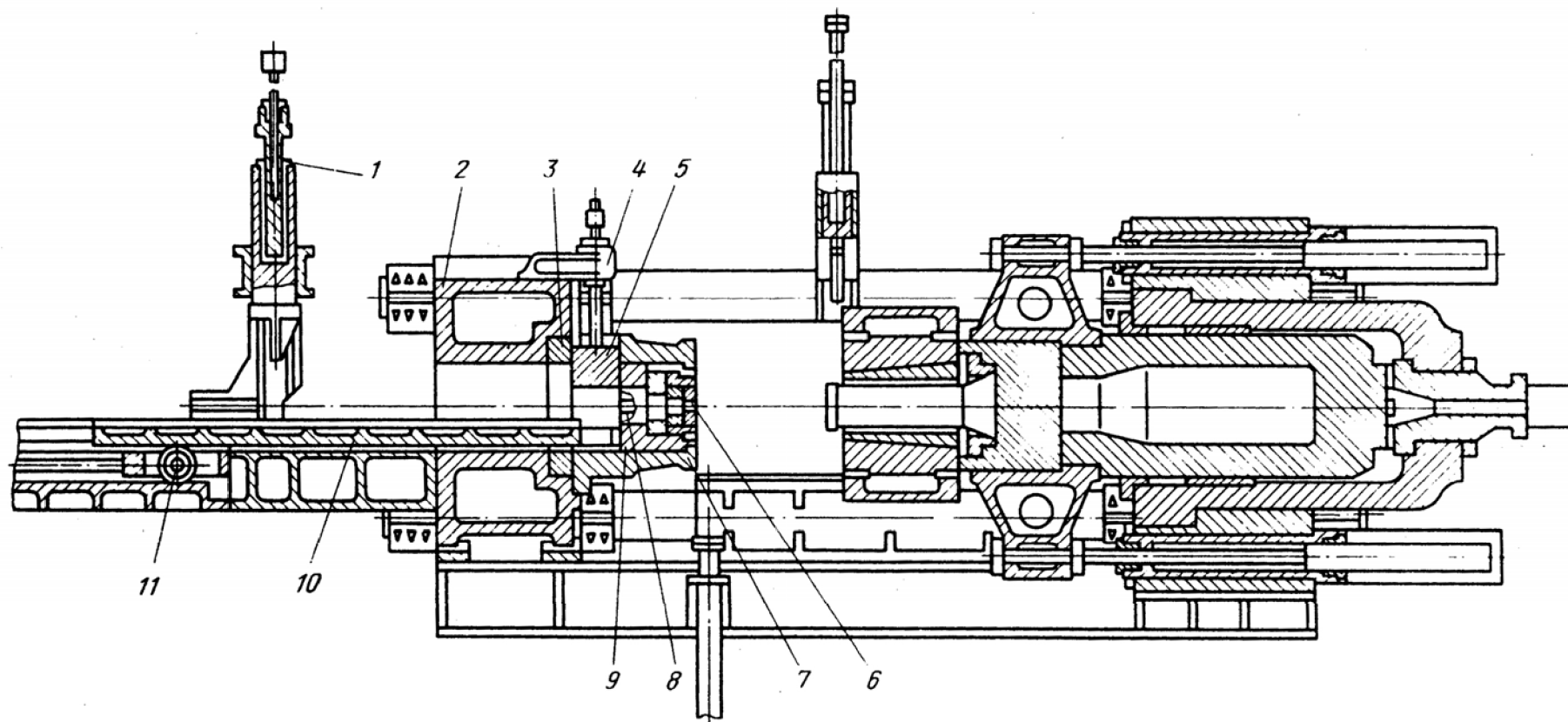


Рис. 2.18. Пресс усилием 50 МН с мунштучным матрицедержателем: 1 – ножницы отделения пресс-остатка; 2 – передняя поперечина; 3 – опорное кольцо; 4 – гидроцилиндр затвора; 5 – затвор; 6 – матричный комплект; 7 – проставка; 8 – шпонка; 9 – мунштук; 10 – приемный стол пресса; 11 – привод мунштука

прижима недостаточно для устранения затечек металла между контейнером и матрицей, особенно при прессовании со смазкой или плоской матрицей. Поэтому в последних конструкциях прессов для обеспечения надежного прижима контейнера к матрице его выполняют подвижным с приводом от гидроцилиндров. Усилие при прижиме контейнера к матрице составляет 8–10% номинального усилия пресса.

Применение мундштучного матрицедержателя обуславливает ряд недостатков конструкции пресса: увеличение времени на выполнение вспомогательных операций по отделению пресс-остатка и замене матрицы.

В современных конструкциях прессов находят применение матрицедержатели типа салазок или поворотных головок. Общим для них являются быстрота отделения пресс-остатка от изделия и смены инструмента, а также наличие более мощной, чем затвор у мундштучных прессов, опорной плиты под матричным комплектом, что уменьшает прогиб матрицы в процессе прессования и за счет этого повышает точность размеров пресс-изделий.

Матричные салазки изготавливают одно-, двух-, трех- и четырехпозиционными. Наибольшее применение находят двухпозиционные салазки (рис. 2.19), перемещающиеся под действием гидроцилиндров в направляющих, закрепленных на передней поперечине пресса.

В таком матрицедержателе для размещения матричных комплектов, предусмотренных для привода салазок, применяют два цилиндра: цилиндр небольшого усилия предназначен для транспортного перемещения салазок с одной позиции на другую; цилиндр большого усилия – только для отрезки пресс-изделий. Отделение пресс-остатка проводят перед матрицей ножницами или пилой.

На рис. 2.20 показан двухпозиционный поворотный матрицедержатель, в двух подковообразных выемках которого установлены обоймы с матрицами. По углам поворотная головка имеет четыре выступа, которые входят в пазы фиксатора. Фиксатор удерживает головку от поворота при отделении пресс-остатка перед матрицей ножом или пилой и при отрыве пресс-остатка контейнером. Поворот матрицедержателя вокруг оси, параллельной оси прессования, осуществляется с помощью механизма поворота, расположенного в передней поперечине пресса.

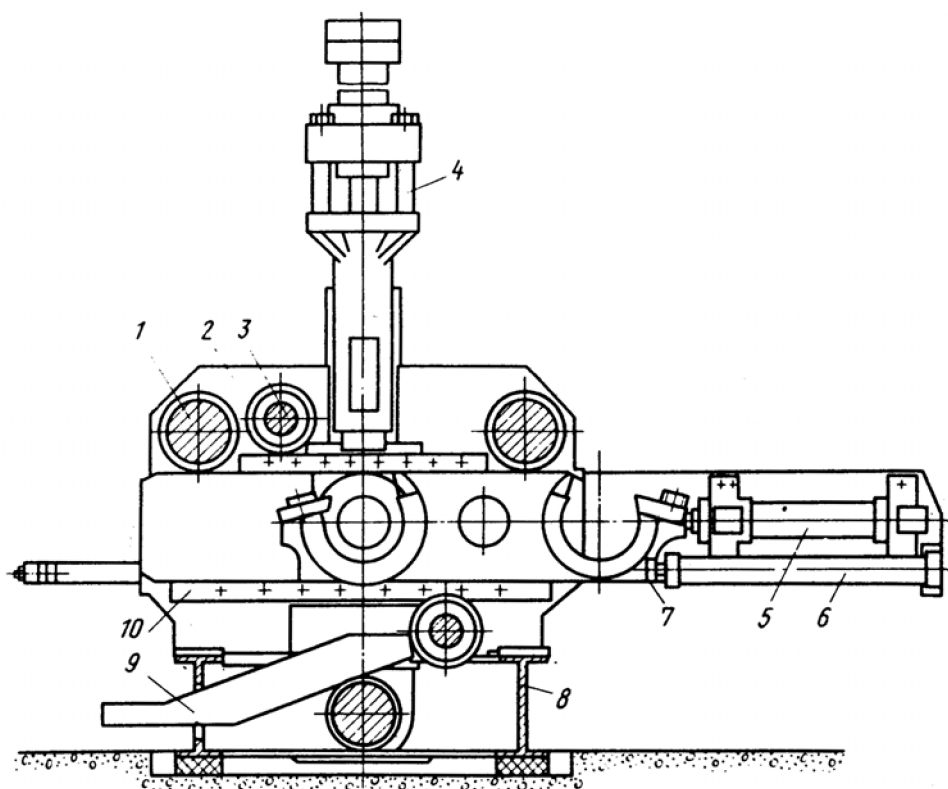


Рис.2.19. Двухпозиционные матричные салазки трехколонного горизонтального гидравлического пресса усилием 16 МН: 1 – колонна; 2 – передняя поперечина; 3 – тяги цилиндров привода контейнера; 4 – ножницы отделения пресс-остатка; 5 – цилиндр отрезки пресс-изделия; 6 – цилиндр перемещения салазок; 7 – салазки; 8 – рама пресса; 9 – приемник пресс-остатков; 10 – направляющие салазок

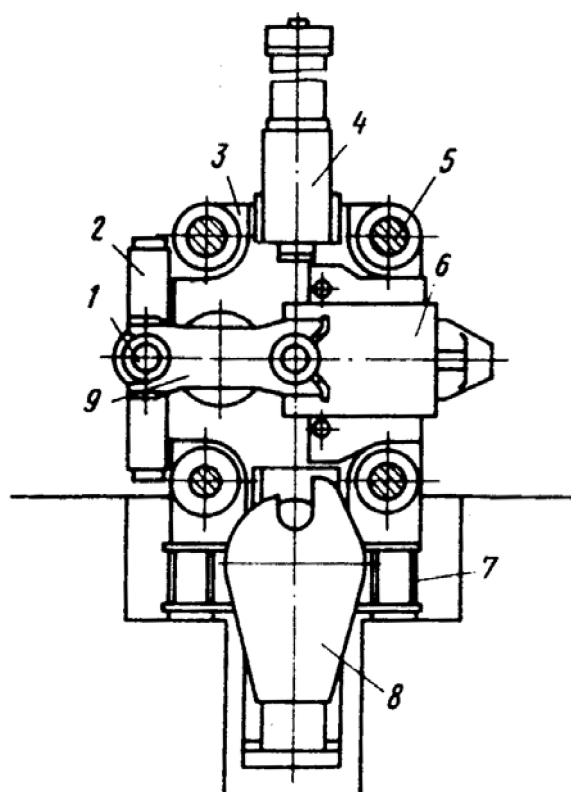


Рис. 2.20. Передняя поперечина четырехколонного пресса с неразъемной поворотной головкой: 1 – матрица; 2 – механизм поворота головки; 3 – передняя поперечина; 4 – ножницы; 5 – колонна; 6 – фиксатор; 7 – рама; 8 – пила; 9 – поворотная головка

Конструкция матрицедержателя позволяет отрезать пресс-остаток ножницами, смонтированными на передней поперечине пресса перед матрицей и за матрицей с помощью кольцевых ножей, установленных в матричной обойме поворотной головки и в опорной плите передней поперечины. Для этой цели ползун ножниц снабжен ножом и откидным рычагом, а матрицедержатель имеет выемку для рычага. Инструмент при комбинированном матрицедержателе меняют движением салазок, выводящих узел крепления пресс-штемпеля из мундштука и сдвигающих его с оси пресса на стол подготовки инструмента, расположенный с боковой стороны пресса (рис. 2.21). Осевое перемещение мундштука используют при обратном прессовании с постоянной матрицей и для отделения пресс-остатка ножницами, установленными на передней поперечине пресса.

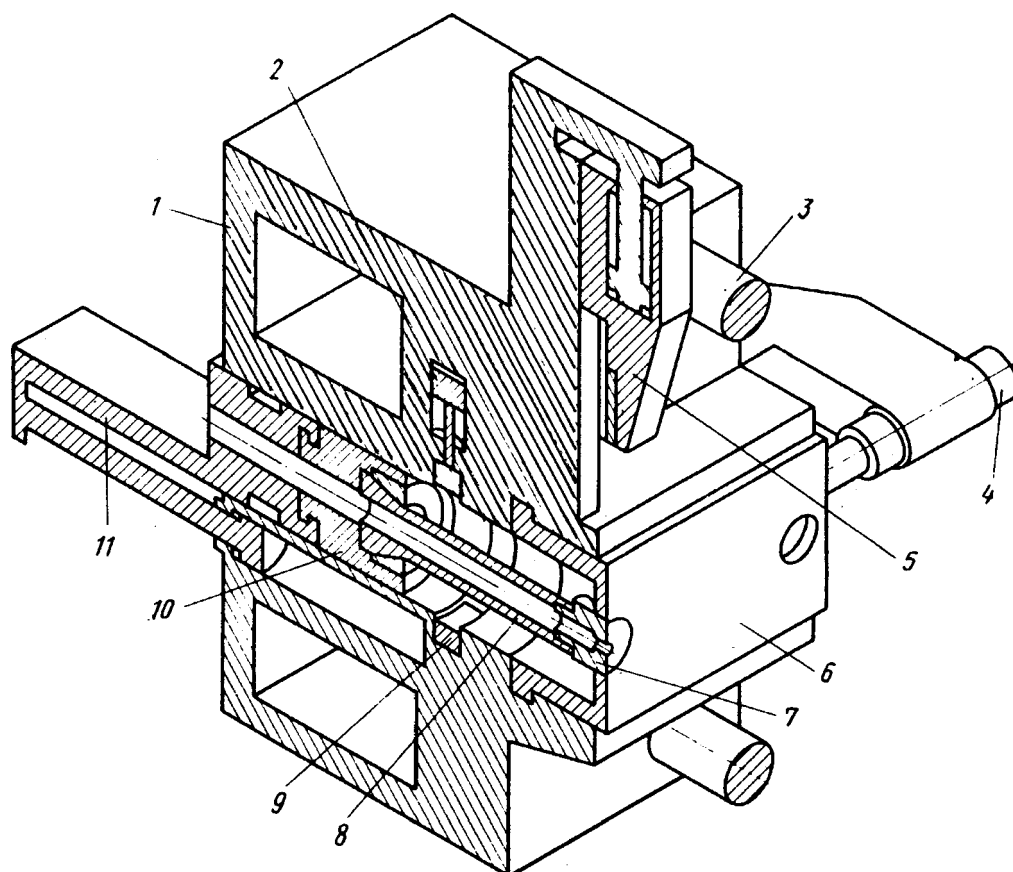


Рис.2.21. Комбинированный матрицедержатель пресса для прямого и обратного прессования: 1 – передняя поперечина; 2 – привод затвора мундштука; 3 – колонна; 4 – привод салазок; 5 – ножницы; 6 – салазки; 7 – матрица; 8 – пресс-штемпель; 9 – затвор мундштука; 10 – держатель пресс-штемпеля; 11 – мундштук

2.8 Направляющие гидропрессов

Направляющие являются опорами, обеспечивающими соосное положение узлов пресса. В старых конструкциях прессов направляющими служили колонны. Такое направление не обеспечивало точности взаимного центрирования пресс-штемпеля, контейнера и матрицы вследствие влияния температурных деформаций и изгиба колонн.

В настоящее время получили наибольшее распространение плоские направляющие, плоскости скольжения которых выполнены пересекающимися на оси прессования, чтобы при различном нагреве контейнеродержателя, прессующей траверсы и других элементов пресса не нарушалась его центровка. По конструкции плоские направляющие можно разделить на призматические и Х-образные.

Призматические направляющие (рис.2.22) относятся к наиболее распространенной конструкции. Поверхности скольжения в них образуются либо непосредственно корпусными деталями, либо прикрепленными к ним накладными планками. С целью установки контейнеродержателя и прессующей траверсы на ось пресса, а также регулирования начальных зазоров или зазоров, образующихся в результате изнашивания поверхностей скольжения, предусматривают регулирующие элементы: клинья, башмаки, винты.

Призматические направляющие монтируют на фундаментальной плите между задней и передней поперечинами. В процессе прессования по ним скользят опорные башмаки прессующей траверсы и контейнеродержателя. Башмаки снабжены винтовыми домкратами.

Распространенные в настоящее время методы контроля соосности узла и инструмента горизонтальных прессов с помощью уровней, щупов, линеек, отпечатков на пластинах, устанавливаемых между контейнером и матрицей, и т.п. не дают достаточной точности центровки, а главное не позволяют определять соосность узлов пресса во время их движения.

Более совершенным для точной центровки и контроля соосности инструмента пресса как в неподвижном состоянии, так и в процессе их движения является устройство с применением лазера, схема которого представлена на рис. 2.23. Гелий-неоновый лазер монтируют на

приемном столе пресса вместе с телескопической приставкой. По экрану 5, который крепят к передней поперечине, и экрану 13, находящемуся в посадочном месте пресс-штемпеля прессующей траверсы, "провешивают" лучом ось пресса. Геометрические оси экранов совпадают с геометрическими осями узла пресса.

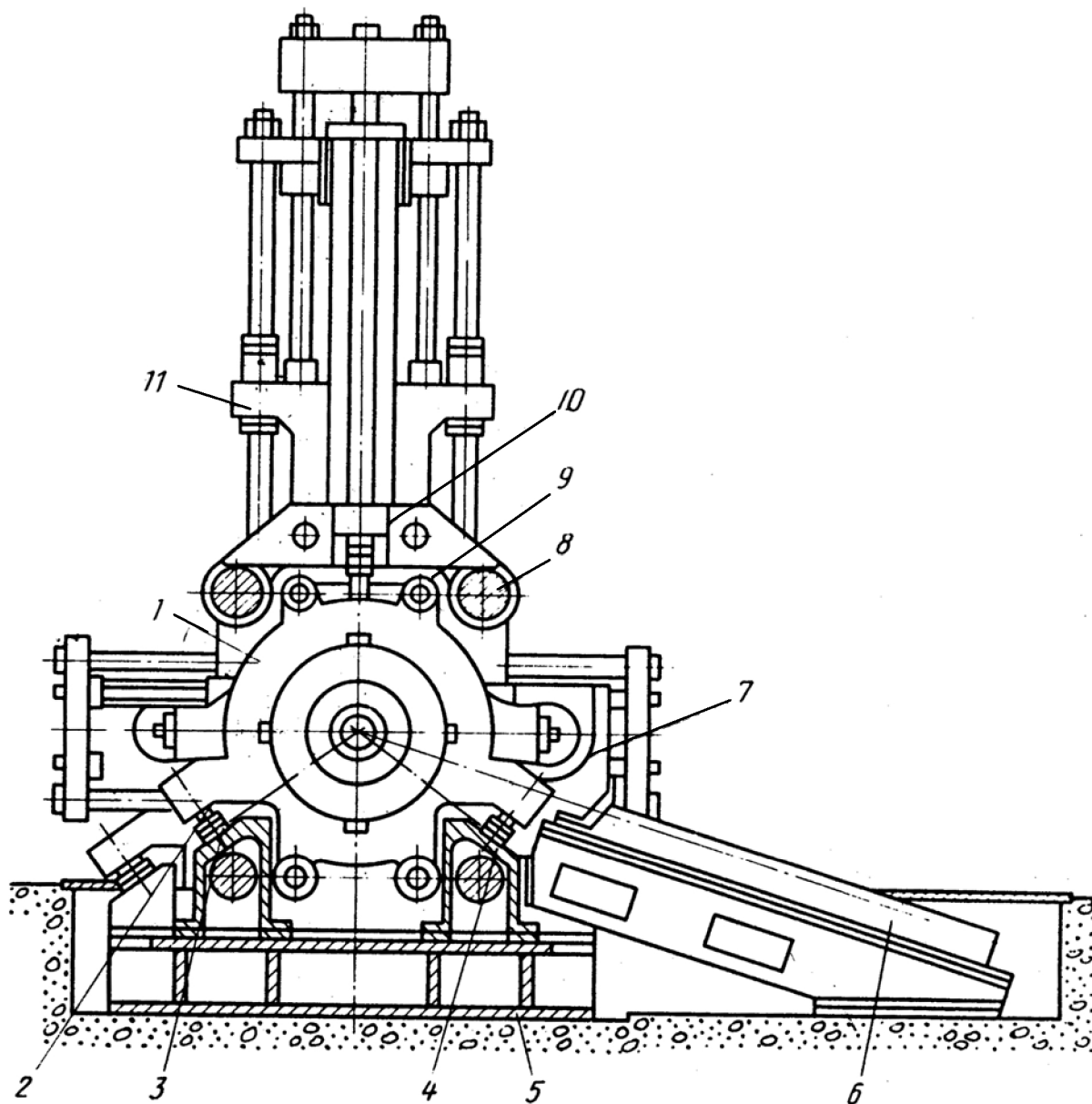


Рис.2.22. Направляющие контейнеродержателя прутково-профильного гидравлического пресса усилием 25МН: 1 – контейнеродержатель; 2 – винтовой домкрат; 3 – опорный башмак; 4 – призматические направляющие; 5 – фундаментная рама; 6 – податчик заготовок; 7 – матричные салазки; 8 – колонна; 9 – тяги привода контейнеродержателя; 10 – вертикальные направляющие; 11 – ножницы для отделения пресс-остатка

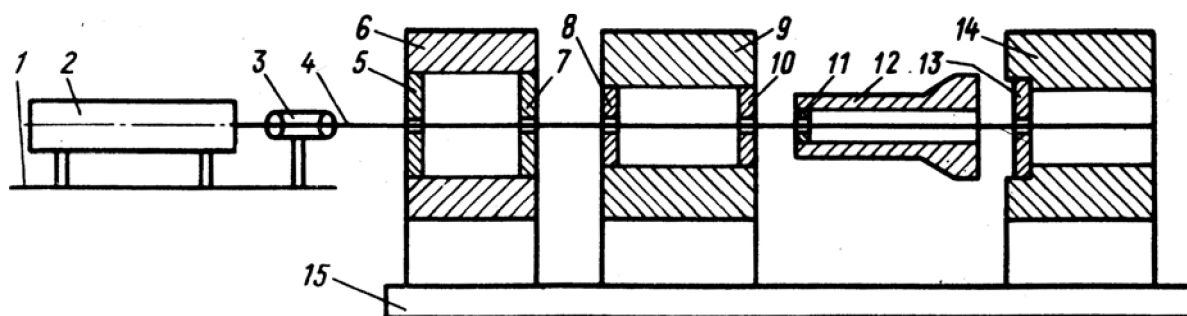


Рис. 2.23. Схема устройства для контроля соосности узлов и инструмента пресса с помощью лазера: 1 – приемный стол пресса; 2 – лазер; 3 – телескопическая приставка; 4 – ось пресса; 5, 7, 8, 10, 11, 13 – экраны; 6 – передняя поперечина; 9 – контейнер; 12 – пресс-штемпель; 14 – прессующая траверса; 15 – направляющие

По экрану 7 проверяют правильность установки второй стороны передней поперечины. Затем, устанавливая поочередно экраны 8 и 10, контролируют соосность контейнера. После снятия экрана 13 устанавливают пресс-штемпель и контролируют его по экрану 11. Если узлы пресса соосны, то луч проходит через все отверстия в экранах. В противном случае на экране появляется ярко-красное пятно.

2.9 Расчёт цилиндра и плунжера гидропресса

Гидравлические цилиндры (рис. 2.24) – основные узлы гидропресса. Они делятся на основные, возвратные, форсирующие и дополнительные. Конструкцию силовых цилиндров выбирают в зависимости от назначения общей конструктивной схемы пресса, рабочего давления жидкости, диаметра плунжера и его хода и других факторов.

Цилиндры плунжерного типа являются цилиндрами простого действия, т.е. плунжер с траверсой перемещаются только в одну сторону. Для возвращения в исходное состояние на траверсу пресса должны воздействовать возвратные цилиндры.

Собственно цилиндр состоит из следующих элементов: днища (купола 1); цилиндрической части 2; опорного фланца 3; места перехода цилиндрической части во фланец 4; расточки под втулку и уплотнение 5; крепления трубопровода 6; бурта 7, придающего жёсткость открытому концу цилиндра (при опоре его на дно или на фла-

нец, расположенный не на конце цилиндра); опорной площадки для плунжера 8; дросселя 9 для торможения потока жидкости, выходящей из цилиндра; пояска 10 для центрирования цилиндра в поперечине; крепления 11 цилиндра к поперечине; воздухо- и водопропускной пробки 12.

В зависимости от конструкции цилиндра отдельные из перечисленных элементов могут отсутствовать.

Наибольшее различие в конструкциях цилиндров имеют их днища (купола). Их выполняют либо плоскими, либо куполообразной формы.

Гидравлический цилиндр является наиболее нагруженным и ответственным узлом пресса, в большой степени определяющим его эксплуатационные качества. Поэтому конструированию и расчёту цилиндра и его деталей должен уделяться максимум внимания. От размеров цилиндра часто зависят размеры пресса в целом.

Наибольшее распространение в прессовании получили цилиндры с опорой на фланец. Рассмотрим напряжённое состояние в цилиндре при опоре его на фланец. Из-за действия жидкости высокого давления (водная эмульсия, минеральное масло) в стенках цилиндра возникают радиальные σ_r , тангенциальные (окружные) σ_t и осевые напряжения (рис. 2.25).

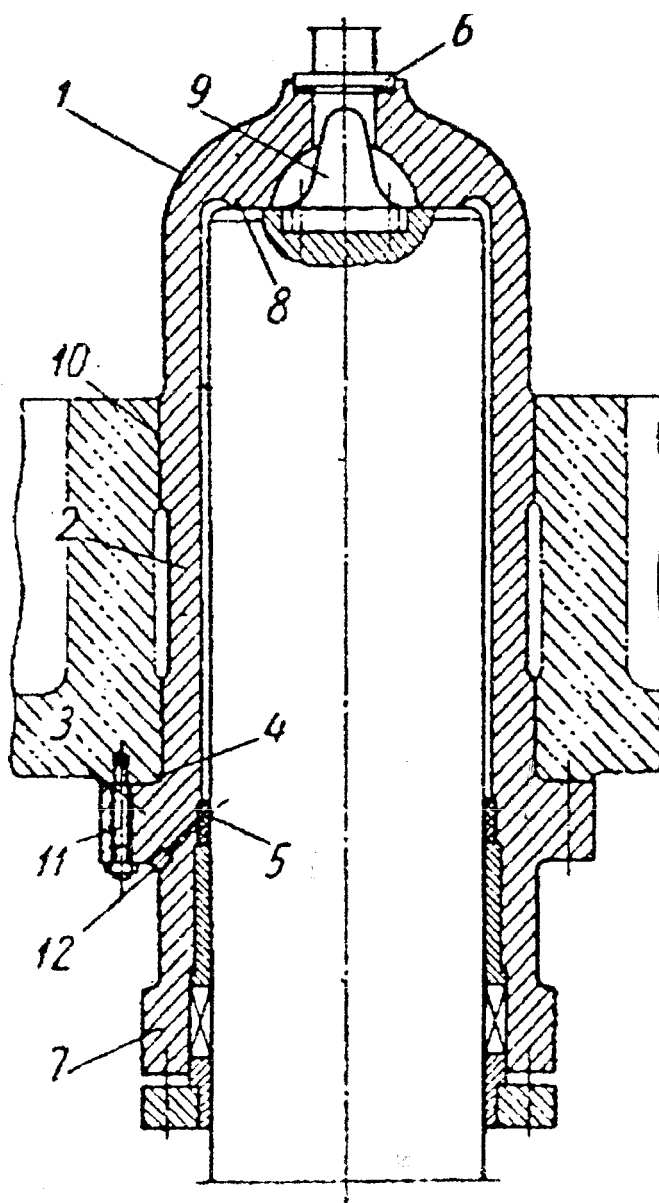


Рис. 2.24. Схема гидропривода пресса

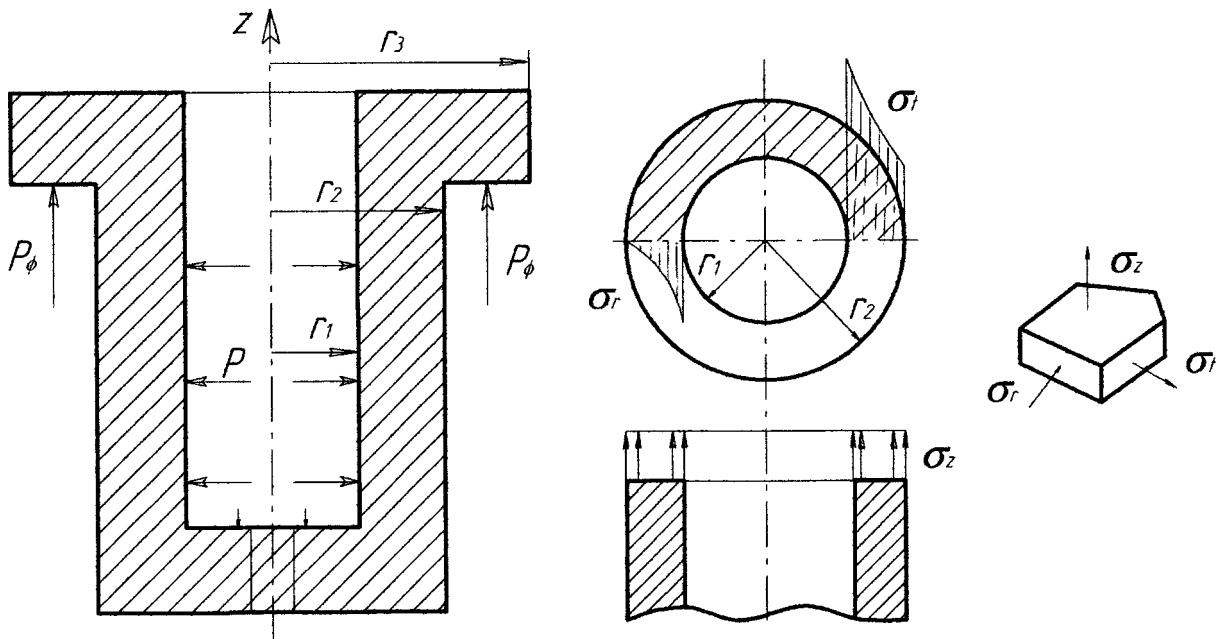


Рис. 2.25. Напряжённое состояние в цилиндре при опоре его на фланец

Радиальные σ_r и тангенциальные σ_t напряжения имеют максимальное значение на внутренней стенке цилиндра и определяются по формулам Ляме:

$$\sigma_r = \frac{pr_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 - \frac{r_2^2}{r_1^2} \right), \quad \sigma_t = \frac{pr_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r_1^2} \right),$$

где p – давление рабочей жидкости в цилиндре, МПа; r_1 – внутренний радиус цилиндра; r_2 – наружный радиус цилиндра.

Осевые напряжения равны

$$\sigma_z = \frac{pr_1^2}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Введя коэффициент толстостенности гидравлического цилиндра

$$k = \frac{r_1}{r_2},$$

получим формулы для расчета напряжений в окружном направлении

$$\sigma_t = p \frac{1 + k^2}{1 - k^2},$$

в радиальном направлении

$$\sigma_r = -p,$$

в осевом направлении

$$\sigma_z = p \frac{k^2}{1-k^2}.$$

В соответствии с энергетической теорией прочности для внутренней поверхности эквивалентное напряжение

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{1}{2} \left[(\sigma_z - \sigma_t)^2 + (\sigma_t - \sigma_r)^2 + (\sigma_r - \sigma_z)^2 \right]} = p \frac{\sqrt{2}}{1-k^2}.$$

При возникновении на внутренней стенке гидравлического цилиндра пластической деформации

$$\sigma_{\text{экв}} = \sigma_T = p \frac{\sqrt{2}}{1-k^2},$$

где σ_T – предел текучести материала цилиндра, напряжения на наружных стенках будут равны

$$\sigma = \sigma_T \left(\frac{r_1}{r_2} \right)^2.$$

Зная условие возникновения пластической деформации в стенках цилиндра и задаваясь запасом прочности по пределу текучести K_3 , определяем наружный радиус цилиндра по заданному внутреннему радиусу:

$$\frac{\sqrt{2}k^2}{r_2^2 - r_1^2} p = [\sigma] = \frac{\sigma_T}{K_3},$$

$$r_2 = r_1 \sqrt{\frac{[\sigma]}{[\sigma] - \sqrt{2}p}},$$

где $[\sigma]$ – допускаемое напряжение в стенках цилиндра, для литых цилиндров $[\sigma] = 80 \div 100$ МПа, для кованых $[\sigma] = 130 \div 180$ МПа. Значения k при различных отношениях $[\sigma] / p$ приведены на графике (рис. 2.26).

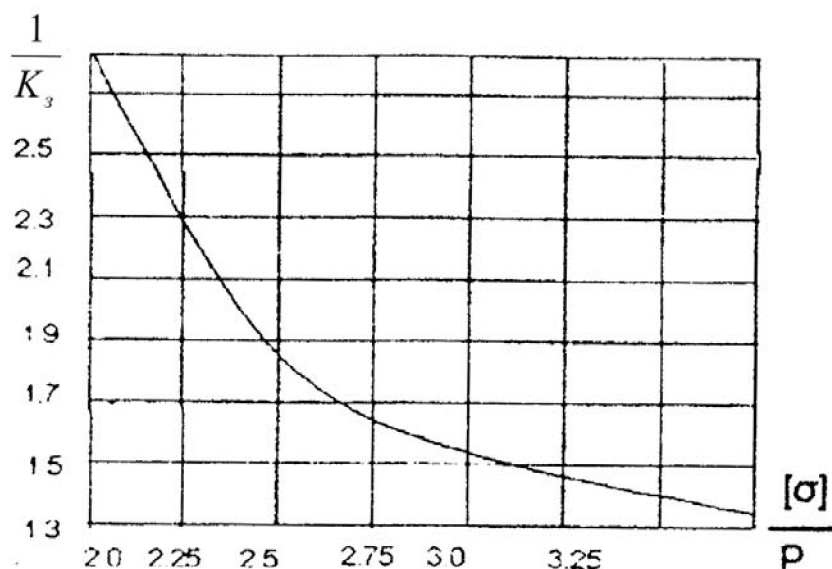


Рис. 2.26. Выбор значений k

Плунжер обычно перемещается внутри цилиндра. Как правило, плунжер работает на сжатие, но в случае эксцентричного нагружения он испытывает изгиб. Этим обстоятельством и определяется конструкция плунжера, в которой самой сложной частью является его соединение с подвижной поперечиной. Иногда плунжеры изготавливают пустотелыми.

Плунжер должен иметь шлифованную рабочую поверхность достаточной твёрдости. От шероховатости его поверхности зависит износ уплотнений. Плунжеры изготавливают кованными из углеродистой стали с содержанием углерода 0,6–0,8 % и имеющей $\sigma_B = 600 \div 700$ МПа.

Эффективная площадь плунжера

$$F_{\pi} = \frac{P_H}{p},$$

где P_H – номинальное усилие гидравлического цилиндра.

Диаметр плунжера $D_{\pi} = \sqrt{\frac{4F_{\pi}}{\pi}}$, его округляют до стандартного ближайшего значения.

Высота фланца h_{ϕ} и толщина днища h_d назначаются конструктивно в зависимости от толщины стенки гидравлического цилиндра:

$$h_{\phi} = (1,2 - 1,5)(r_2 - r_1), \quad h_d = (1,5 - 2)(r_2 - r_1).$$

В случае цилиндра с плоским дном h_d можно проверить по формуле

$$h_d = \sqrt{\frac{pr_1^2}{\varphi[\sigma]}},$$

где φ – коэффициент, учитывающий ослабление сечения отверстием для подвода жидкости и принимается равным 0,7 – 0,8.

Наружный радиус фланца r_3 определяется из допустимого напряжения на смятие опорных поверхностей фланца

$$r_3 = \sqrt{r_2^2 + \frac{P_H}{[\sigma]_{\text{см}} \pi}},$$

где $[\sigma]_{\text{см}}$ – допускаемое напряжение на смятие.

Правильности выбора h_Φ можно проверить по формуле

$$h_\Phi \geq \frac{P_H}{2\pi r_2 [\tau]_{\text{ср}}},$$

где $[\tau]_{\text{ср}}$ – допускаемое напряжение материала цилиндра на срез.

При эксплуатации гидропривода максимальные напряжения возникают на внутренней поверхности гидроцилиндра в месте сопряжения боковой поверхности и дна.

Без учета влияния переходной радиусной галтели, снижающей концентрацию напряжений на углах, напряжения находятся по формуле

$$\sigma_z = p \left[\frac{k^2}{1-k^2} + \frac{6m_1}{(1-k)^2} + 0,75 \frac{k^2}{k_d^2} \right],$$

где μ – коэффициент Пуассона, $\mu \approx 0,26$; $m_1 = -0,196k + 0,203$,

$$k_d = \frac{h_d}{r_2}.$$

Эквивалентное напряжение

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_t + p)^2 + (\sigma_z - \sigma_t)^2 + (\sigma_z + p)^2} \leq [\sigma].$$

В связи с этим переход от стенки цилиндра к днищу должен выполняться радиусным.

2.10 Привод гидропрессов

Привод гидропрессов является насосным или насосно-аккумуляторным. При насосном приводе жидкость высокого давления подаётся в цилиндры гидропресса непосредственно от насосов. При насосно-аккумуляторном приводе жидкость высокого давления подаётся от насосов и аккумуляторов, которые накачивают её во время технологических пауз (рис. 2.27). В качестве рабочей жидкости используют минеральные масла и эмульсии, подаваемые под давлением 20, 32 и 40 МПа. Насос 2, получающий жидкость из резервуара 5, подаёт её в аккумулятор 3 и далее к прессу 1. Для холостых ходов пресса жидкость низкого давления поступает из бака 4. Для передачи жидкости используют трубопроводы 6, рассчитываемые по уравнению постоянства расхода, т.е. $W = V_1 F_1 = V_2 F_2 = \text{const}$.

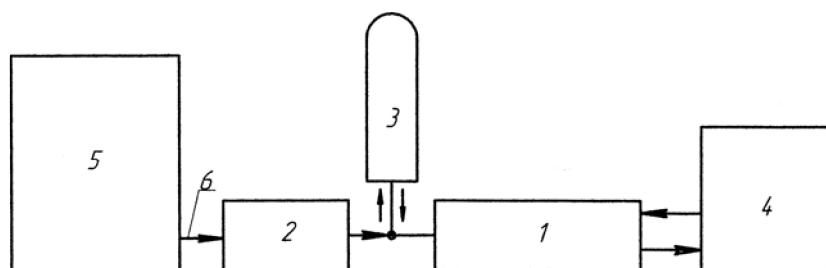


Рис. 2.27. Типовая схема питания пресса при насосно-аккумуляторном приводе: 1 – пресс; 2 – насос; 3 – аккумулятор; 4 – бак низкого давления; 5 – резервуар

В современных конструкциях гидропрессов применяют индивидуальный насосный привод. Он более экономичен. Давление, создаваемое насосами, всегда соответствует тому сопротивлению, которое заготовка оказывает при прессовании.

В прессовых цехах нашли применение следующие типы гидравлических аккумуляторов: грузовые, воздушно-гидравлические и беспоршневые воздушно-гидравлические (рис. 2.28).

Грузовой – наиболее старый тип аккумулятора (рис. 2.28, а) и состоит из цилиндра 1 и плунжера 2, нагруженного грузом 3. Масса груза находится по формуле

$$G = \frac{1}{\eta} F_{\text{п}} P,$$

где η – коэффициент полезного действия, $\eta = 0,8 \div 0,9$; $F_{\text{п}}$ – площадь плунжера; P – давление жидкости (Ж) в системе.

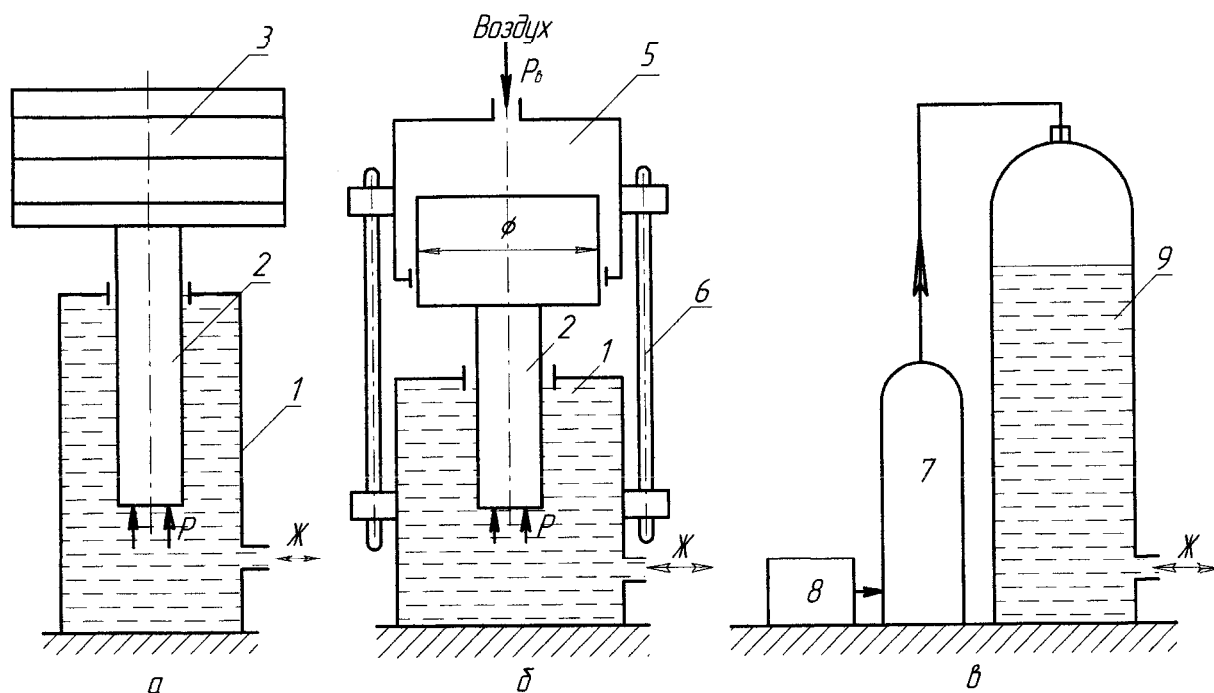


Рис. 2.28. Схемы гидравлических аккумуляторов: а – грузовой; б – воздушно-гидравлический; в – беспоршневой воздушно-гидравлический

Большее движение массы и мгновенное прекращение расхода жидкости в системе неизбежно вызывают гидравлический удар. В моменты большого отбора жидкости груз аккумулятора быстро движется вниз, и мгновенная остановка груза в случае прекращения расхода жидкости вызывает гидроудар во всей системе, часто приводящий к авариям, а иногда к разрыву трубопровода. Это основной недостаток грузового аккумулятора.

Дальнейшее развитие конструкций аккумуляторов было направлено на снижение вредного влияния больших движущихся масс. На рис. 2.28, б представлена схема воздушно-гидравлического аккумулятора, в котором груз заменен воздушным давлением на площадь плунжера воздушного цилиндра. Плунжер 4 воздушного цилиндра 5 изготавливают вместе с плунжером 2 гидравлического цилиндра 1. Оба цилиндра соединены между собой колоннами 6. Величина дав-

ления воздуха находится по формуле $P_B = pd^2 / D^2$, где d и D – диаметры гидравлического и воздушного плунжеров соответственно.

При расчете необходимо учитывать потери, связанные с утечкой воздуха и жидкости через неплотности, а также потери на трение в уплотнении. Эти потери еще больше, чем у грузовых аккумуляторов. Коэффициент полезного действия поршневых воздушных гидравлических аккумуляторов при хорошей работе уплотнений достигает 0,7–0,8. Сальниковые уплотнения и, следовательно, потери жидкости и воздуха являются недостатком аккумуляторов и этого типа. Поршневые воздушные аккумуляторы строят для небольших объемов (не выше 300 л) и давлений (до 700) с давлением воздуха в воздушном цилиндре до 20.

Воздушно-гидравлический беспоршневой аккумулятор (рис. 2.28, в) – в настоящее время наиболее совершенная конструкция, в которой устранены недостатки грузового и воздушно-гидравлического поршневого аккумуляторов. Воздушный баллон 7 заполняют воздухом под давлением при помощи компрессоров 8. Жидкость в баллоне 9 находится под давлением воздуха, так как воздушный баллон соединен с жидкостным. Причём давление жидкости в жидкостном баллоне соответствует давлению в воздушном.

Для питания гидравлических прессов чаще всего используют кривошипно-плунжерные и ротационно-плунжерные полосы.

Схемы работы простейшего плунжерно-кривошипного насоса приведена на рис. 2.29. При движении плунжера насоса в сторону, показанную на рисунке стрелкой, засасывается жидкость, поступающая под небольшим давлением из бака наполнения через клапан 3. При обратном движении плунжера насоса клапан 3 закрывается и жидкость нагнетается через клапан 4 в систему.

Производительность насоса

$$W = \eta N F_{\text{п}} S n,$$

где η – коэффициент полезного действия, $\eta = 0,92 - 0,94$; N – число плунжеров; $F_{\text{п}}$ – площадь плунжера; S – ход плунжера; n – число ходов.

Трехплунжерные насосы имеют три клапанных блока, вследствие чего сглаживаются толчки от подачи жидкости в сеть, так как кривошипы расположены под углом 120° . На рис. 2.30, а показан график подачи жидкости различными насосами.

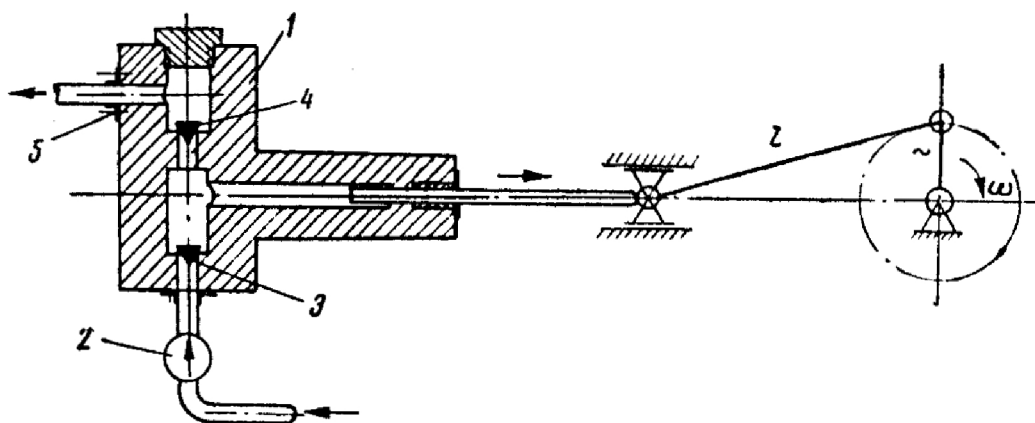


Рис. 2.29. Схема работы плунжерного насоса

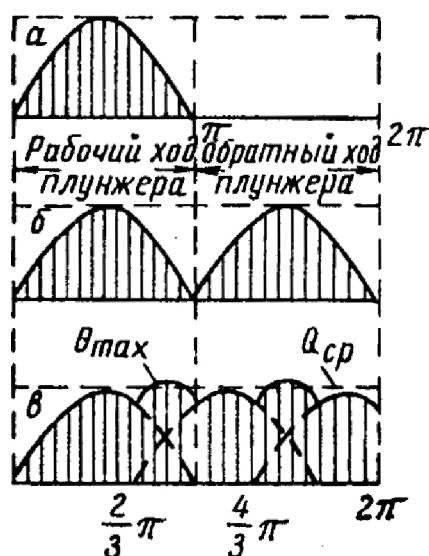


Рис. 2.30. График подачи жидкости: а — одноплунжерных;
б — двухплунжерных; в — трехплунжерных

Ротационно-плунжерные насосы применяются при насосном приводе прессов. Благодаря большому количеству плунжеров они обеспечивают сравнительно равномерную подачу жидкости до 1000 литров в минуту.

Ротор 1 вращается вместе с плунжерами 2, размещенными в цилиндрических расточках ротора. Одновременно вращается обойма 6. При эксцентричном положении оси обоймы (рис. 2.31, б) масло к плунжерам подводится через отверстия 4 оси 3 ротора. Через отверстия 5 масло нагнетается в трубопровод к цилиндрам пресса. В насосах переменной подачи в зависимости от потребной производительности насоса ось обоймы смещается относительно оси ротора на больший или меньший эксцентриситет. Изменяя направление перемещения обоймы, можно получать реверсирование потока жидкости

высокого давления, используя его попеременно для рабочего или возвратного хода пресса. Например, при сдвиге оси обоймы вправо (рис.2.31, в) циркуляция масла будет происходить в обратном направлении по отношению к тому, как указано в позиции на рис. 2.31, б.

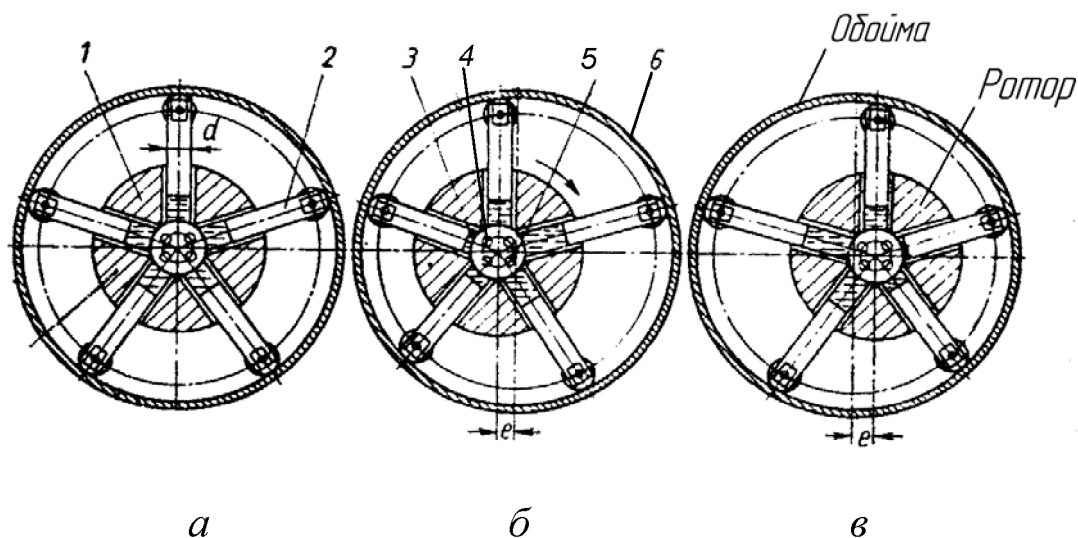


Рис. 2.31. Схема ротационно-плунжерного насоса: 1 – ротор; 2 – плунжер; 3 – ось; 4 – отверстие всасывания в верхней части оси; 5 – отверстие нагнетания в нижней части оси; 6 – обойма

В положении, показанном на рис. 2.31, а, оси ротора и обоймы совпадают. Поскольку плунжеры в этом случае не имеют возвратно-поступательного движения, всасывания и нагнетания масла не происходит. В это время пресс не работает.

В гидропрессовых установках используются мультипликаторный и насосный приводы. Рабочей жидкостью в мультипликаторных приводах служит минеральное масло, в насосных – эмульсии.

Насосный привод выполняется с аккумулятором и без него. Мультипликаторный привод выполняется с паровоздушным и механическим мультипликатором. На рис. 2.32 представлен насосно-безаккумуляторный привод.

Регулирование подачи рабочей жидкости к главному цилиндру пресса осуществляет наполнительный клапан 2. Во время холостого хода клапан подает в цилиндр питание низкого давления, при рабочем ходе насос 8 подает высокое давление к прессу. При обратном ходе пресса сервопривод 3 поднимает клапан 2 и жидкость из рабочего цилиндра пресса поступает в наполнительный бак 4. Уровень давления в наполнительном баке (0,4–0,8 МПа) поддерживает авто-

мат разгрузки 5. В автомате имеется циркуляционный клапан 6, обратный клапан 7. Для управления движением пресса служит распределительный клапан 9 с впускным 11, сливным 12 и обратным клапаном 10. Система имеет 4 уровня действий. В положении «Стоп» открыты клапаны 11 и 12, закрыт клапан 10. Насос через автомат разгрузки 5 подает жидкость в распределитель 9 и она вновь поступает на линию всасывания насоса. Закрытый клапан 10 удерживает подвижную поперечину на весу.

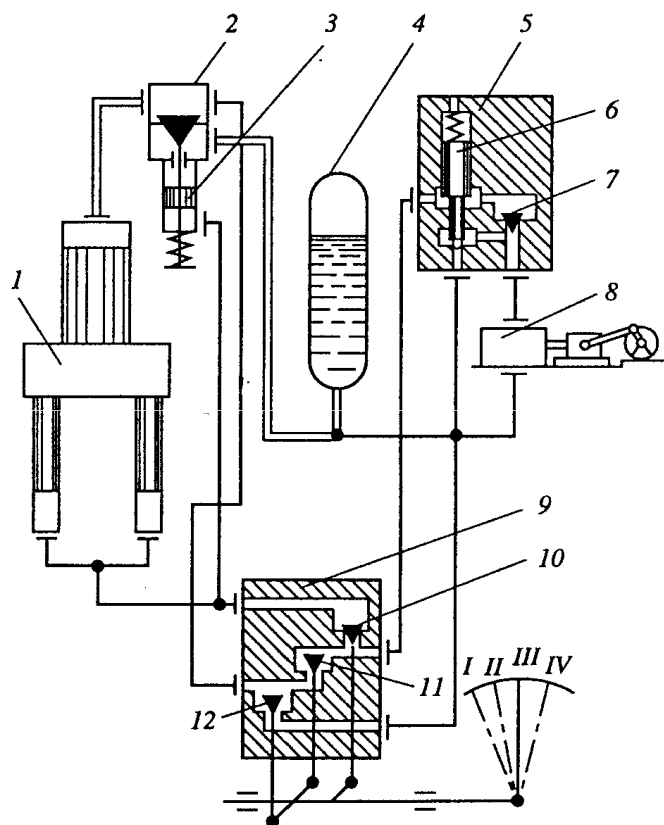


Рис. 2.32. Насосно-безаккумуляторный привод

В положении «Холостой ход» открыты клапаны 10, 11, 12. Автоматически поднимается наполнительный клапан и жидкость из наполнительного бака идет в рабочий цилиндр. Из возвратных цилиндров через клапан 10 жидкость вытесняется в наполнительный бак. В положении «Рабочий ход» открыты клапаны 10 и 11. Жидкость от насоса передается через клапан 10 и верхнюю часть клапана 2 в рабочий цилиндр. Жидкость из возвратных цилиндров через клапаны 10 и 11 перемещается в рабочий цилиндр. Когда давление в рабочей линии возрастает, включается автомат разгрузки, циркуляционный клапан поднимается и насос работает вхолостую. В положении «Об-

ратный ход» открыт клапан 12 и под давлением насоса поднят клапан 10, заполняющий возвратный цилиндр. Жидкость из рабочего цилиндра через клапан 12 сбрасывается в наполнительный бак. При падении давления в рабочем цилиндре автоматически включается сервопривод, который поднимает наполнительный клапан, ускоряя вытеснение жидкости из рабочего цилиндра.

Насосно-аккумуляторный привод пресса 1 (рис. 2.33) состоит из наполнительного клапана 2 с сервоприводом 3, распределителя 11 с управляемыми клапанами 4, 5, 6, 8, 9, 10 и обратным клапаном 7, наполнительного бака 12 с перепускным клапаном 22, промежуточного мультипликатора 13, беспоршневого аккумулятора 15 с компрессором 16 и клапаном уровня 14, насоса 18 с баком 17, предохранительным 19 и разгрузочным 20 клапанами. В системе предусмотрен управляемый вентиль 21.

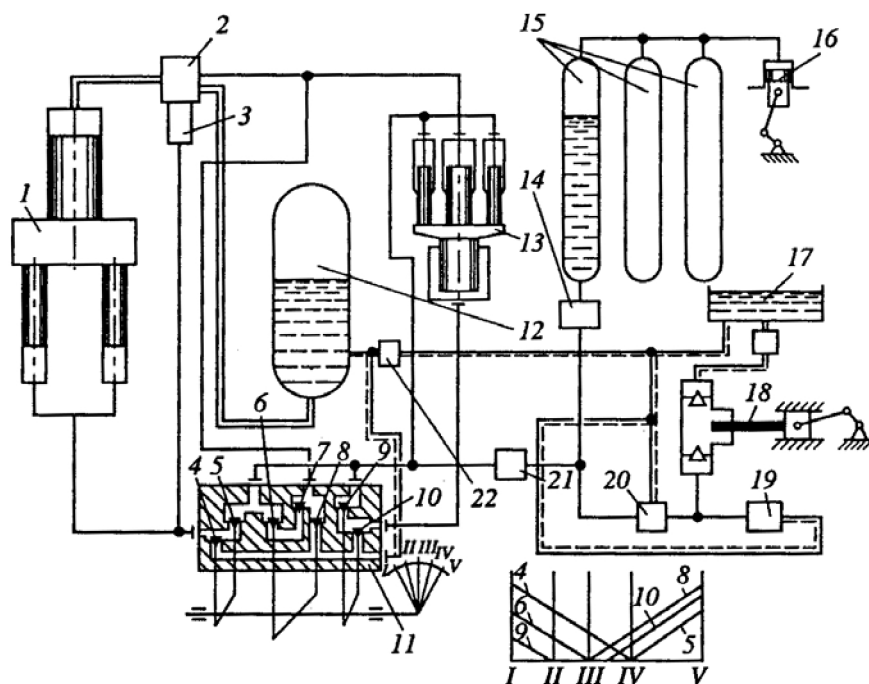


Рис. 2.33. Насосно-аккумуляторный привод

Особенностями привода является применение промежуточного мультипликатора, который за счёт уменьшения выходного сечения по сравнению с входным повышает давление жидкости, подаваемой к прессу. Аккумуляторный привод беспоршневого типа служит для накапливания напорной жидкости при паузах в работе пресса с последующей передачей давления в период прессования. Для слежения за уровнем жидкости в гидравлическом баллоне аккумулятора предусмотрен клапан минимального уровня. Как и ранее рассмотренная

система привод обладает позициями «Стоп», «Холостой ход», «Рабочее прессование», «Обратный ход» и «Паузы».

2.11 Перспективы развития оборудования

Для массового производства профилей целесообразно применять поточные линии, позволяющие резко сократить цикл изготовления, повысить качество пресс-изделий за счет исключения большого числа транспортировок, уменьшить потребные производственные площади, сократить количество рабочих и в итоге снизить себестоимость полуфабрикатов. На рис. 2.34 показана схема поточной линии по производству строительных профилей из алюминиевых сплавов, в которой предусмотрено последовательное проведение следующих операций:

- нагрев штанг в камере до 565°C ;
- гомогенизация, отрезка заготовки мерной длины;
- охлаждение заднего конца заготовки до $340\text{--}480^{\circ}\text{C}$;
- подача заготовки в пресс;
- прессование с сопровождением вытяжным устройством пресованного профиля и укладка его на стол;
- охлаждение изделия и подача на автоматическую растяжную машины и пилу;
- автоматическая укладка профилей на тележку и подача в печь для старения, в которой профили перемещаются с запрограммированной скоростью (изделия проходят через пять зон повышения и понижения температуры с последующим охлаждением в течение 2–4 ч), при этом процесс старения в печи осуществляется за 2 ч (вместо 6–10 ч) на прежних режимах;
- подача готовой продукции на участок контроля и упаковки с автоматической системой штабелирования.

Эффективность работы современных прессовых установок во многом определяется уровнем механизации и автоматизации технологических операций. Автоматизация всех технологических и вспомогательных операций при условии функциональной надежности всех механизмов прессы позволяет значительно сократить количество обслуживающего персонала и повысить качество пресс-изделий.

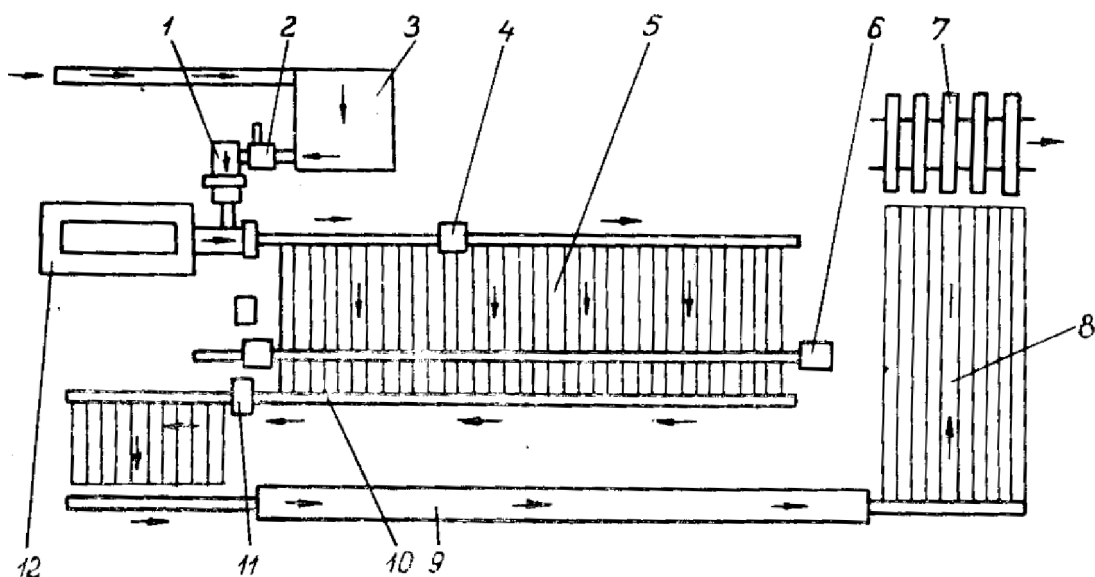


Рис. 2.34. Расположение оборудования в автоматической поточной линии по производству строительных профилей из алюминиевых сплавов: 1 – устройство для охлаждения заготовок; 2 – ножницы горячей резки заготовок; 3 – печь гомогенизации и нагрева штанг; 4 – вытягивающее устройство и приемный стол; 5 – поперечный транспортер; 6 – правильно-растяжная машина; 7 – участок контроля и упаковки профилей; 8 – участок охлаждения профилей после старения; 9 – проходная печь старения; 10 – рольганг пилы; 11 – дисковая пила; 12 – горизонтальный пресс

Постоянно растущие требования к точности пресс-изделий вызывают необходимость оснащения современных прессов станинами повышенной жесткости, например применением рамной конструкции или предварительно напряженной конструкции станины. Общим для этих конструкций является значительное уменьшение деформации станины пресса самонесущей конструкции, которая исключает влияние оседания отдельных частей фундамента на центровку пресса.

Значительное влияние на точность пресс-изделий оказывает конструкция направляющих пресса для его подвижных частей. Практика эксплуатации показывает, что только Х-образные направляющие могут обеспечить гарантированное соосное положение контейнера, пресс-штемпеля и иглы в процессе длительной эксплуатации (рис. 2.35). В таких направляющих подвижные части пресса скользят по нижним границам, а верхние служат для предотвращения перекоса.

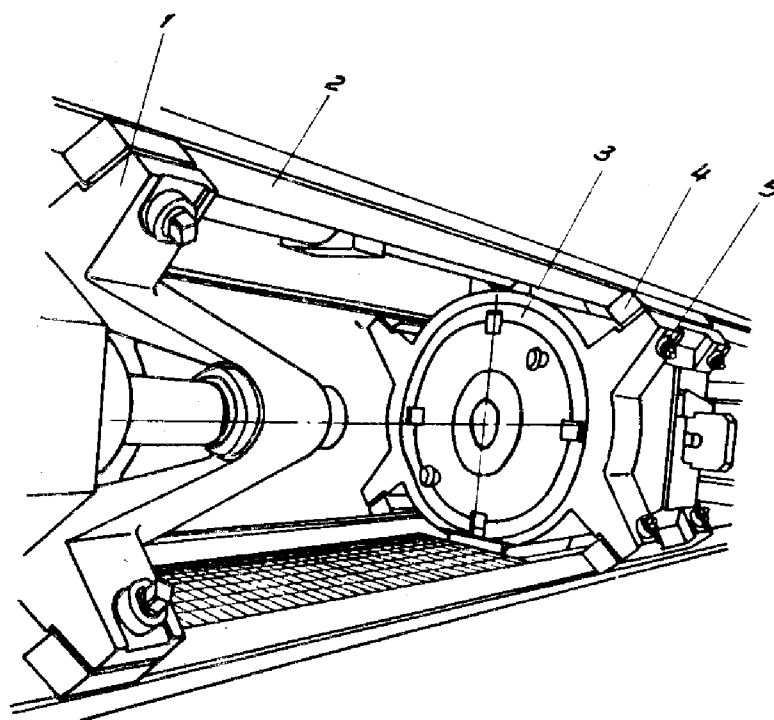


Рис. 2.35. Направляющие X-образной формы горизонтального гидравлического пресса: 1 – прессующая траверса; 2 – X-образная направляющая; 3 – контейнеродержатель; 4 – башмак; 5 – винтовой домкрат

X-образная форма направляющих для подвижных частей пресса в сочетании с жесткой станиной, желательно предварительно напряженной конструкции, служит одним из главных факторов получения пресс-изделий высокой точности.

Эффективность прессового производства значительно повышается при переходе от прессов циклического прессования к оборудованию для непрерывного прессования. Основную сложность при непрерывном прессовании представляет подача заготовки неограниченной длины в матрицу.

На рис. 2.36 показана схема непрерывного прессования, реализованная в прессовом производстве. При подготовке заготовки 1 к матрице 2, установленной в матрицедержателе 3, ее круглому поперечному сечению постепенно придается форма квадрата, что облегчает фрикционную подачу заготовки в матрицу. Металл заготовки выдавливается в канал матрицы в виде пресс-изделия 7 за счет активных сил трения, передаваемых заготовке вращающимся диском 6.

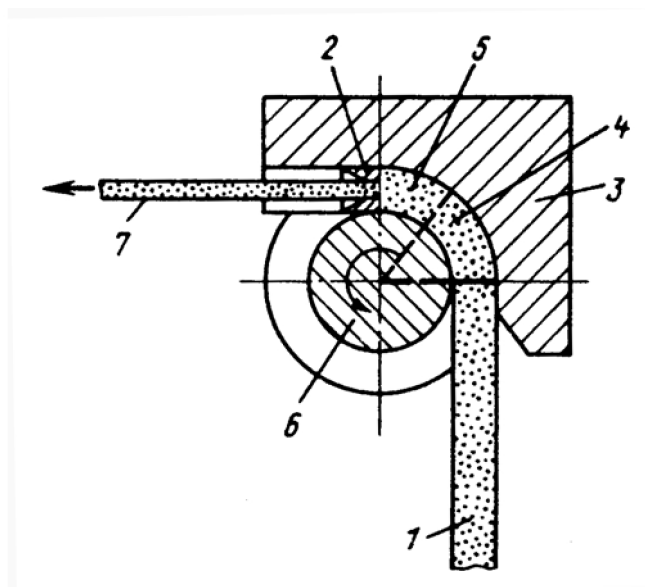


Рис. 2.36. Схема непрерывного прессования с применением вращающегося диска: 1 – заготовка; 2 – матрица; 3 – матрицедержатель; 4 – зона первичного захвата; 6 – вращающийся диск; 7 – пресс-изделие

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные узлы горизонтального гидравлического пресса.
2. На каком принципе работает горизонтальный гидравлический пресс?
3. Перечислите состав оборудования, устанавливаемый в прессовых цехах по производству профилей из алюминиевых сплавов.
4. Приведите типы гидравлических прессов, используемых при прессовании алюминиевых сплавов.
5. Опишите основные конструкции матрицедержателей.
6. Как произвести центровку всех подвижных узлов пресса?
7. Назовите основные гидроприводы горизонтальных гидравлических прессов.
8. Приведите конструкцию горизонтального гидравлического пресса: а) прямого действия, б) обратного действия, в) совмещенного действия.
9. Как осуществляется прижим матричного узла пресса к контейнеру?

10. Дайте описание конструкции направляющих пресса.
11. Назовите типы станин прессов.
12. Какова сущность способа термической затяжки колонн пресса?
13. Опишите состав инструментальной наладки пресса.
14. Какую функцию выполняет форсирующий гидроцилиндр пресса?
15. Опишите компоновку прессового оборудования при поточном производстве пресс-изделий.
16. Перечислите пути совершенствования конструкции гидравлических прессов.
17. Назовите особенности расчета гидропривода.
18. Почему в современных прессовых цехах отсутствуют насосно-аккумуляторные станции?
19. Как работает кривошипно-плунжерный насос? Ротационно-плунжерный насос?
20. Опишите основные конструкции аккумуляторов.
21. Особенности насосно-аккумуляторного привода прессов.
22. Как работает комбинированный матрицедержатель пресса?
23. Опишите конструкцию мундштучного матрицедержателя.
24. Почему станины предварительно напряженной конструкции увеличивают долговечность пресса?

3 ОБОРУДОВАНИЕ ТРУБНЫХ ЦЕХОВ

3.1 Структура технологического процесса производства труб и необходимое для её реализации оборудование

Рассмотрим в качестве примера последовательность технологических операций, используемых в трубном цехе при производстве труб из алюминиевых сплавов, подвергаемых упрочняющей термообработке (рис.3.1).

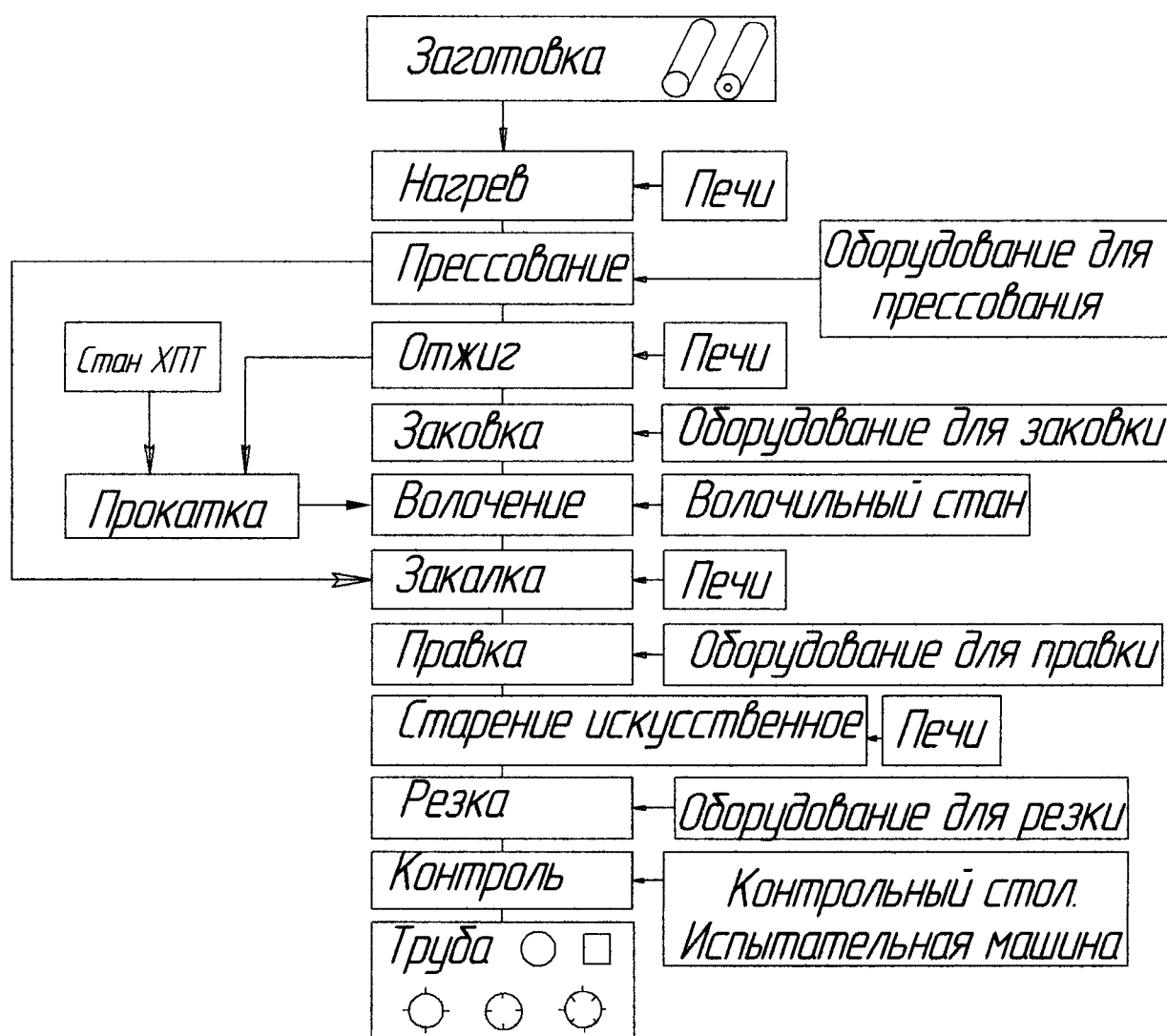


Рис.3.1. Схема технологических процессов производства труб из алюминиевых сплавов

В процессе изготовления труб применяют основные технологические операции: нагрев, прессование, прокатка на станах холодной прокатки труб (ХПТ), волочение, термическая обработка (закалка, искусственное и естественное старение, отжиг), правка, резка и контроль. В зависимости от последовательности этих операций можно выделить четыре способа производства:

1. Нагрев – прессование – отжиг – волочение на цилиндрической оправке – закалка – правка – старение – резка – контроль. Этим способом изготавливают трубы диаметром от 30 до 100 мм и толщиной стенки $t = 1,5 \dots 5$ мм.

2. Нагрев – прессование – отжиг – прокатка – безоправочное волочение – закалка – правка – старение – резка – контроль. Изготавливаются трубы следующих размеров: $\varnothing 6 - 120$ мм, $t = 0,5 \dots 5,0$ мм.

3. Нагрев – прессование – отжиг – первая прокатка – отжиг – вторая прокатка – безоправочное волочение – закалка – правка – старение – резка – контроль. Этим способом изготавливаются трубы диаметром от 6 до 60 мм с толщиной стенки $0,5 \dots 1,0$ мм.

4. Нагрев – прессование – закалка – правка – старение – резка – контроль. Этим способом изготавливаются трубы с размерами $\varnothing 18 \dots 280$ мм, $t = 1,5 - 32$ мм.

Перед прессованием заготовки нагревают в индукционных печах промышленной частоты. Прессование труб производят на горизонтальных трубопрофильных прессах с прямым и обратным истечением металла. Отжиг и старение осуществляют в электрических печах камерного типа.

На станах холодной прокатки труб прокатывают трубы диаметрами 12 – 400 мм с минимальной толщиной стенки 0,2 – 0,3 мм. Станы холодной прокатки труб роликовые позволяют прокатывать тонкостенные трубы ($D/t > 60 - 80$).

Волочение проводят чаще всего на цепных станах прямолинейного типа с одной или двумя – тремя волоками. Длина готовых труб на этих станах составляет 5 – 10 м. Волочение длинномерных труб (до 100 м и более) производят на станах бухтового волочения. Перед волочением концы труб подвергают заковке в ротационно-ковочных машинах, на валковых машинах и в штампах, установленных на прессах.

Для закалки труб используют вертикально-закалочные установки, состоящие из печи башенного типа, закалочного бака, располо-

женного непосредственно под печью, и загрузочного устройства для подъема и опускания труб, набранных в садку.

В производстве труб используют следующие способы правки: знакопеременным изгибом, обкаткой и растяжением. Трубы диаметром 30 – 150 мм правят в многовалковых машинах с валками гиперболического типа. Трубы диаметром до 30 мм правят в роликовых машинах с роликами, имеющими круглые калибры.

Правку растяжением на растяжных машинах применяют в основном для уменьшения продольной кривизны труб большого диаметра, а также особотонкостенных труб.

Резку труб на мерные длины, обрезку концов производят на дисковых и ленточных пилах. При контроле труб проверяют их на размеры, испытывают образцы труб для определения механических свойств.

3.2 Оборудование для прессования труб

Горячее прессование труб заключается в выдавливании цилиндрической заготовки, находящейся в контейнере, в зазор, образованный матрицей и иглой. Полученные трубы могут либо быть готовым полуфабрикатом, либо служить заготовкой для дальнейшего пластического деформирования (прессования, прокатки или волочения).

Трубы прессуют либо из полый заготовки, внутрь которой введена игла, либо из сплошной заготовки через комбинированную матрицу.

Трубы можно прессовать с прямым, обратным и совмещенным истечением металла. В последнее время, в связи с усовершенствованием конструкций прессов, прессование с обратным истечением начинает получать все большее развитие как процесс, позволяющий повысить производительность и выход годного и улучшить структуру и свойства пресс-изделий. На рис 3.2 показаны различные варианты прессования труб из полый заготовки.

Прессы для получения труб отличаются от прессов для прессования профилей тем, что имеют прошивную систему с самостоятельным приводом. Остальные узлы прессы в принципе не отличаются от аналогичных узлов профильных прессов. Современные трубные прессы снабжены специальным устройством для контроля и

регулировки положения пресс-штемпеля относительно рабочей втулки контейнера, а также иглы относительно рабочей матрицы. Кроме того, в них предусмотрены специальные механизмы для очистки иглы и равномерной смазки иглы и контейнера.

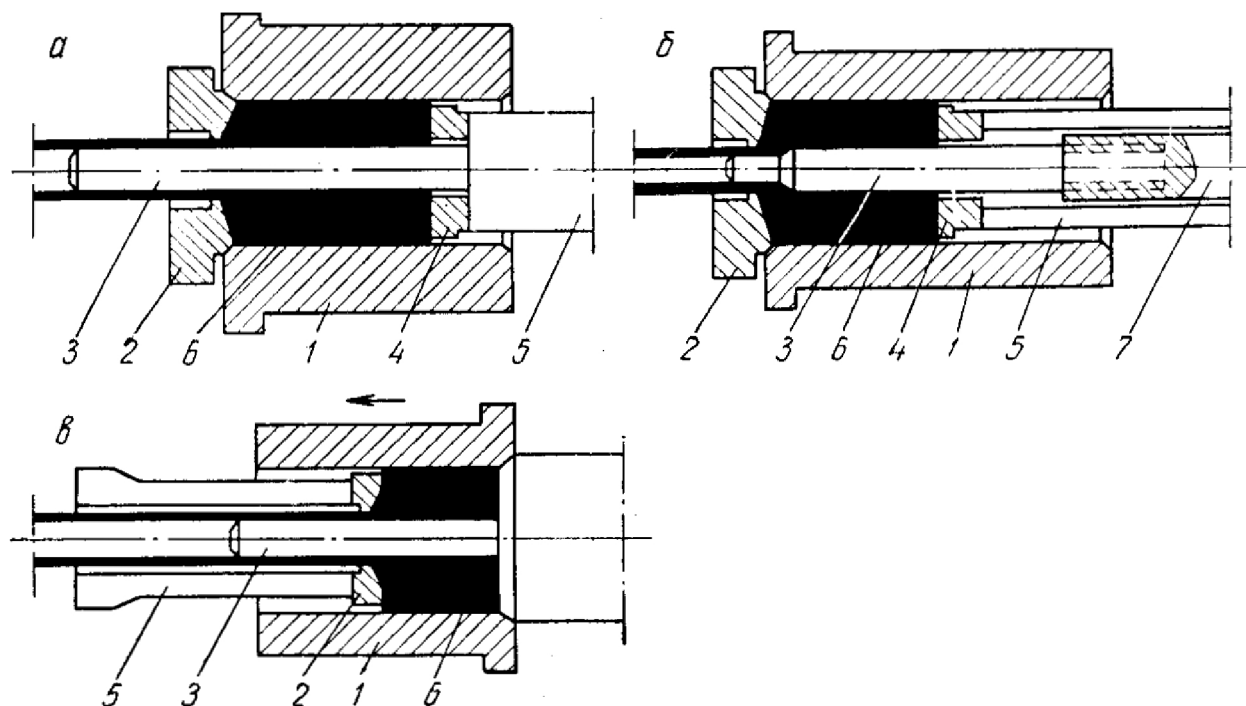


Рис. 3.2. Схема прессования трубы

Трубные прессы имеют подвижный контейнер с самостоятельным приводом, причём для прессования труб со смазкой контейнера усилие, развиваемое цилиндрами контейнера “на прижим”, должно составлять не менее 10 – 12% от номинального усилия прессы.

Современный горизонтальный трубопруговый пресс (рис. 3.3) имеет переднюю 1 и заднюю 10 неподвижные траверсы, связанные между собой четырьмя колоннами 3. В задней траверсе 10 смонтированы рабочие 11 и возвратные 14 цилиндры для передвижения траверсы 25 с контейнером 4. Главный рабочий цилиндр 13 и возвратные цилиндры 32 (разрез А–А) связаны с подвижной прессующей траверсой 24 через консоли 8.

На прессующей траверсе 24 закреплен пуансон 6 с внутренним каналом, в котором находится прошивная игла 9, закрепленная в конце полого штока 18, проходящего по телескопической системе через трубный отросток 16 плунжера 12. В канале полного штока 18 расположена водоподающая труба для охлаждения прошивной иглы 9.

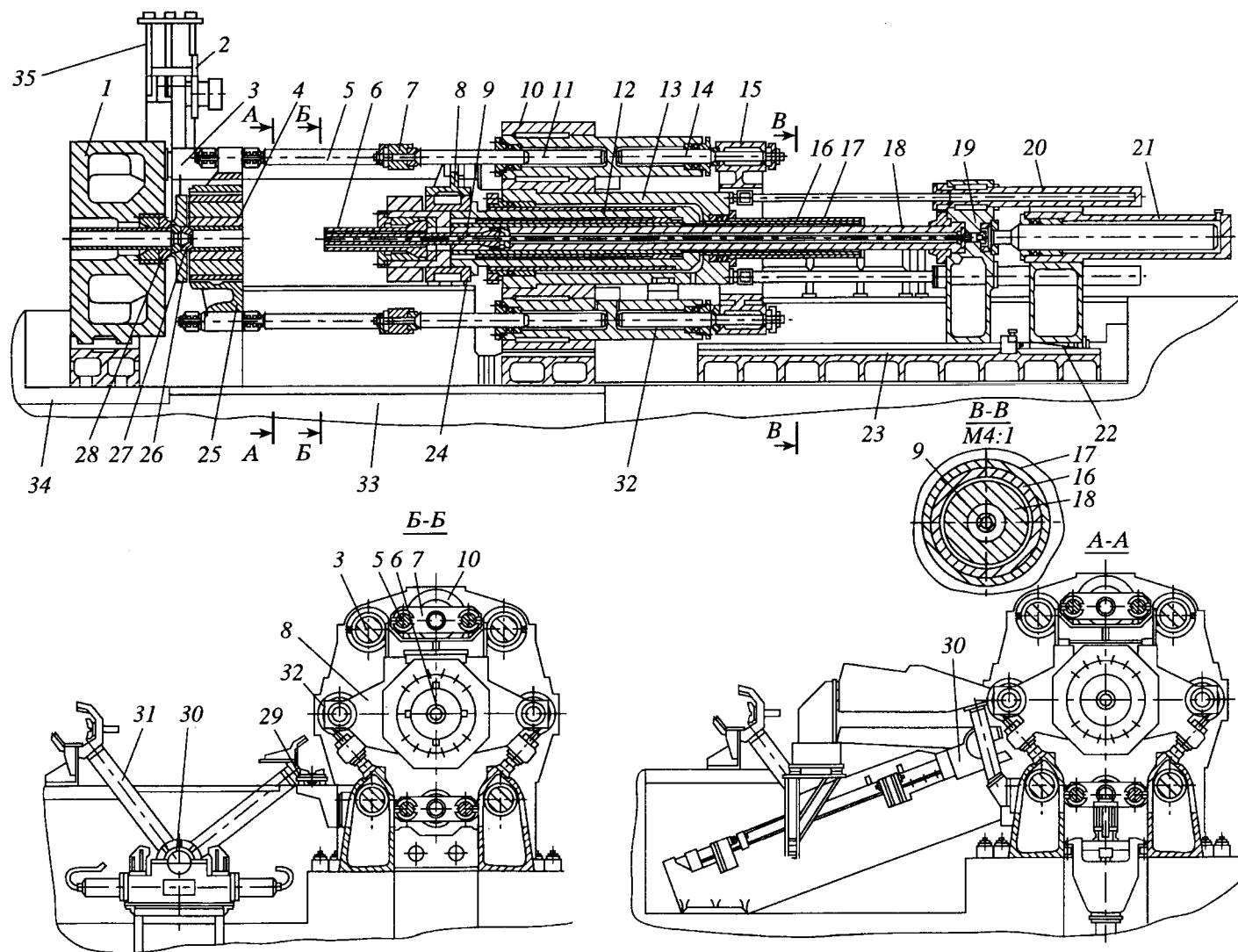


Рис. 3.3. Горизонтальный трубопрутковый пресс

Охлаждающая вода от иглы 9 отводится по каналу полого штока 18. Вся телескопическая система заключена в кожух 17.

Шток 18 закреплён в подвижной траверсе 19 прошивного устройства, приводимой в движение рабочим цилиндром 21 и двумя закреплёнными в подвижной траверсе 19 возвратными цилиндрами 20. Штоки неподвижных плунжеров закреплены с внешней стороны в днища рабочего цилиндра 13. Подвижная траверса 19 прошивной системы и траверса 15 отвода контейнера 4 в процессе движения направляются плитой 23, причём их соосность с главным прессующим приводом выставляется клиньями 22, как и опорная неподвижная траверса рабочего цилиндра 21 в прошивной системе перед её закреплением на фундаментной плите 23.

Пресс снабжён дисковой пилой трения 2 для отрезки пресс-остатка от трубы. Диск пилы приводится во вращение от электродвигателя. Пила при помощи гидравлических цилиндров поднимается или опускается для совершения операции отрезки пресс-остатка.

Неподвижная траверса 1, воспринимающая усилие прессования, жестко закреплена к фундаменту. Связанная с ней колоннами неподвижная траверса 10 закреплена на фундаментной плите нежестко и может перемещаться вдоль оси вследствие упругой продольной деформации в результате нагружения колонн из-за теплового расширения при колебании температуры прессы.

Перед неподвижной траверсой 1 расположена инструментальная двухпозиционная плита 26, в которой размещены две поочередно работающие матрицы 27 (второй матрицы на чертеже не видно). Между инструментальной плитой 26 и неподвижной траверсой 1 расположена опорная плита 28 в виде клина, выдвигаемого вбок.

Все управление прессом сосредоточено на пульте управления. Переключение каналов управления соответствующими цилиндрами прессы осуществляется при помощи электромагнитов, действующих от команды с пульта или конечных включателей. Электромагниты 34 управляют золотником 33 сервопривода, работающего от масляной системы давлением 5 МПа. Золотник 33 переключает на подачу масла и его слив из цилиндров 35, передвигающих зубчатую рейку 38, сопряжённую с зубчаткой 37, насаженной на кулачковый валик 36. Кулачки заданного профиля воздействуют на толкатели соответствующих клапанов, обеспечивая требуемое сочетание их открывания и закрывания.

Рабочий цикл прессования труб состоит из следующих этапов:

1. Выданный из индукционной печи слиток скатывается по желобам на промежуточный стол.

2. Слиток с промежуточного стола переносится на лоток 29 при помощи захвата 31, приводимого в действие гидроцилиндрами; на тот же лоток перед слитком пневматическим устройством установлена пресс-шайба.

3. Слиток 29 податчиком слитков 30 перемещается на уровень контейнера 4 до совмещения оси слитка с осью контейнера.

4. Слиток с пресс-шайбой заталкивается в контейнер 4 пуансоном 6 при холостом ходе плунжера 12 главного цилиндра 13. Для снижения температурных напряжений контейнер подогревается индукционным электроподогревателем до 500 °С и автоматически отключается по достижении заданной температуры контейнера.

5. Перед контейнером устанавливается ограничитель хода подвижной траверсы 24, определяющий высоту пресс-остатка: в конечный момент траверса упирается в ограничитель.

6. Слиток прошивается иглой 9, при этом цилиндр 21 совершает рабочий ход под действием жидкости высокого давления (32 МПа).

7. При прессовании в главный цилиндр 13 подается жидкость из возвратных цилиндров 32, соединенных с кронштейнами 8, выпускается на слив. Пресс-штемпель 6 через пресс-шайбу выдавливает металл через зазор между очком матрицы 27 и иглой. При помощи регулятора скорости можно изменять скорость прессования в пределах от 2 до 150 мм/с.

8. После прессования прошивная 19 и прессующая 24 траверсы начинают совершать обратный ход, при котором рабочие цилиндры 13 и 21 сообщаются со сливным трубопроводом высокого давления. Траверсы останавливаются в крайнем заднем положении.

9. Контейнер отводится на величину, достаточную для прохода пилы 2, которая подводится гидравлическими цилиндрами и отрезает пресс-остаток, после чего пила отводится в исходное положение.

10. Контейнер подводится к матрице, и оставшийся отрезок трубы на пресс-остатке выталкивает конец отрезанной трубы из очка матрицы.

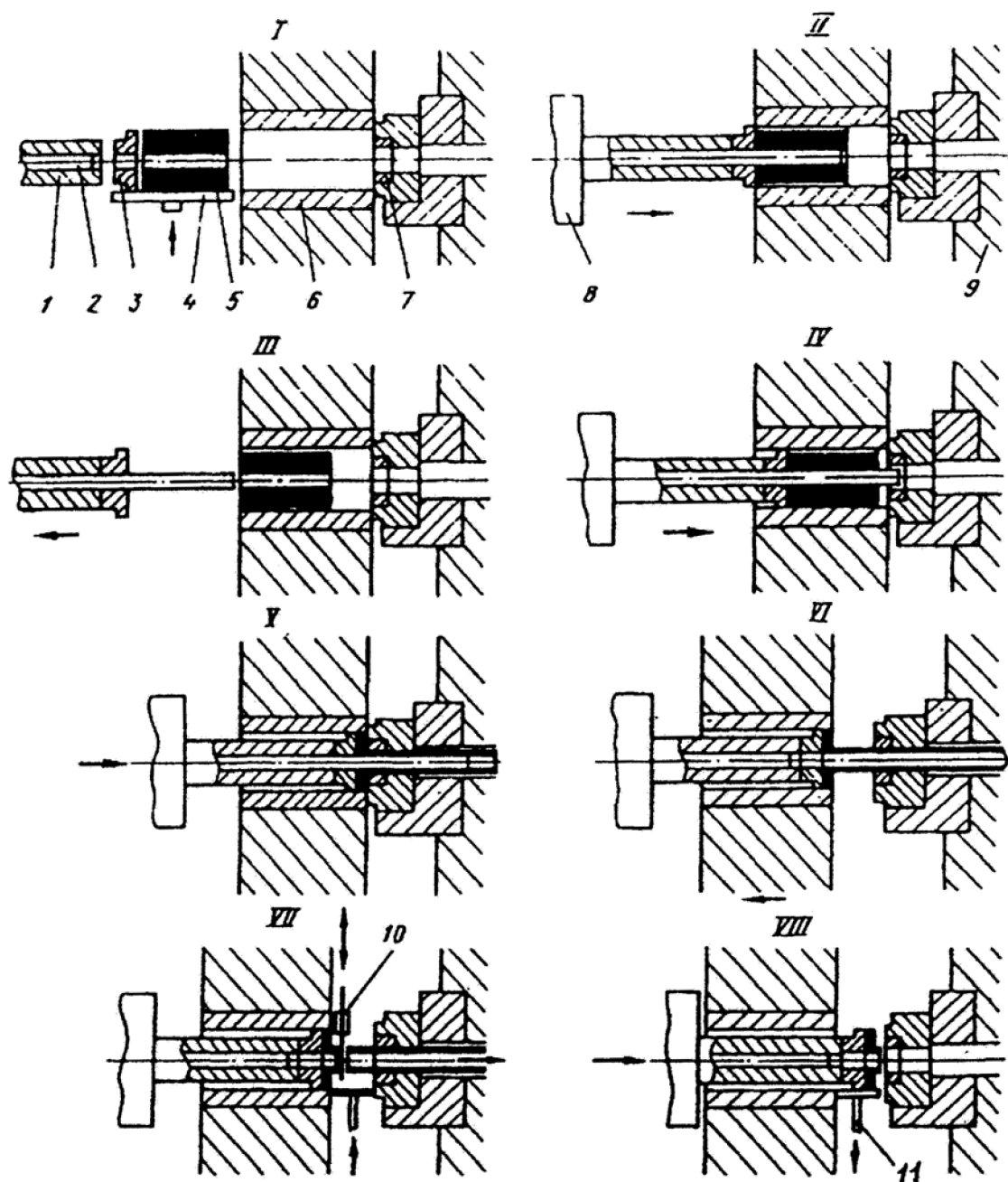


Рис. 3.4 Схема прессования труб: I – подача заготовки и пресс-шайбы на ось пресса; II – подача заготовки в контейнер пресса пресс-штемпелем, выдвижение иглы; III – отвод пресс-штемпеля от контейнера и смазка иглы; IV – ввод иглы в матрицу; V – прессование; VI – отвод контейнера и пресс-штемпеля от матрицы, возврат иглы в исходное положение; VII – подача приемника пресс-остатка на ось пресса, отделение пресс-остатка с пресс-шайбой от изделия пилой; VIII – выталкивание пресс-остатка с пресс-шайбой из контейнера; 1 – пресс-штемпель; 2 – игла; 3 – пресс-шайба; 4 – податчик заготовок; 5 – заготовка; 6 – контейнер; 7 – матрица; 8 – прессующая траверса; 9 – передняя поперечина; 10 – пила; 11 – приемник пресс-остатка

11. Контейнер снова отводится от матрицы и пуансон 6 выталкивает пресс-шайбу с пресс-остатком на тележку, перемещающую от пресс-остатка пресс-шайбу, которая падает в лоток податчика и в нужный момент передается на лоток 29.

12. После выталкивания пресс-шайбы с пресс-остатком пресующая траверса отводится в заднее положение.

13. Затем подвижная траверса 19 выдвигает иглу для охлаждения и смазки.

14. Для смены матрицы 27 необходимо отвести опорную клиновую плиту 28, выдвинуть инструментальную плиту 26 и установить другую матрицу.

15. Охлажденная и смазанная игла 9 отводится в исходное заднее положение, и пресс подготовлен для дальнейшей работы по заданному циклу.

Схема процесса прессования труб на трубопрофильных прессах приведена на рис.3.4.

3.3 Станы холодной прокатки труб

Холодная прокатка труб широко используется как для получения готовых труб, так и в качестве заготовительной операции. Сущность метода холодной прокатки труб состоит в последовательно-периодическом уменьшении диаметра и толщины стенки труб путём обжатия их между калибрами и оправкой. Для получения круглой трубы её вращают в промежутках между циклами обжатия.

Основным инструментом при ХПТ является пара калибров 5 и коническая оправка 2 (рис. 3.5). На калибрах делают ручей-выточку 12, имеющую переменное сечение. Оправка имеет коническую форму. Она устанавливается на одном конце длинного стержня 1, который другим концом укрепляется в задней части стана. Трубную заготовку 3 надевают на стержень 1 и закрепляют в патроне подачи и поворота 4. Передний конец заготовки в результате периодических подач патроном входит в кольцевое отверстие, образованное калибрами и оправкой. В исходном положении, когда калибры не соприкасаются с заготовкой, происходит подача-перемещение заготовки на величину подачи m . Движение рабочей клетки 9 совершается с помощью кривошипно-шатунного механизма 10, калибры 5 обжимают

заготовку 3 до соприкосновения её внутренней поверхности с оправкой 2, что сопровождается незначительным утолщением стенки заготовки.

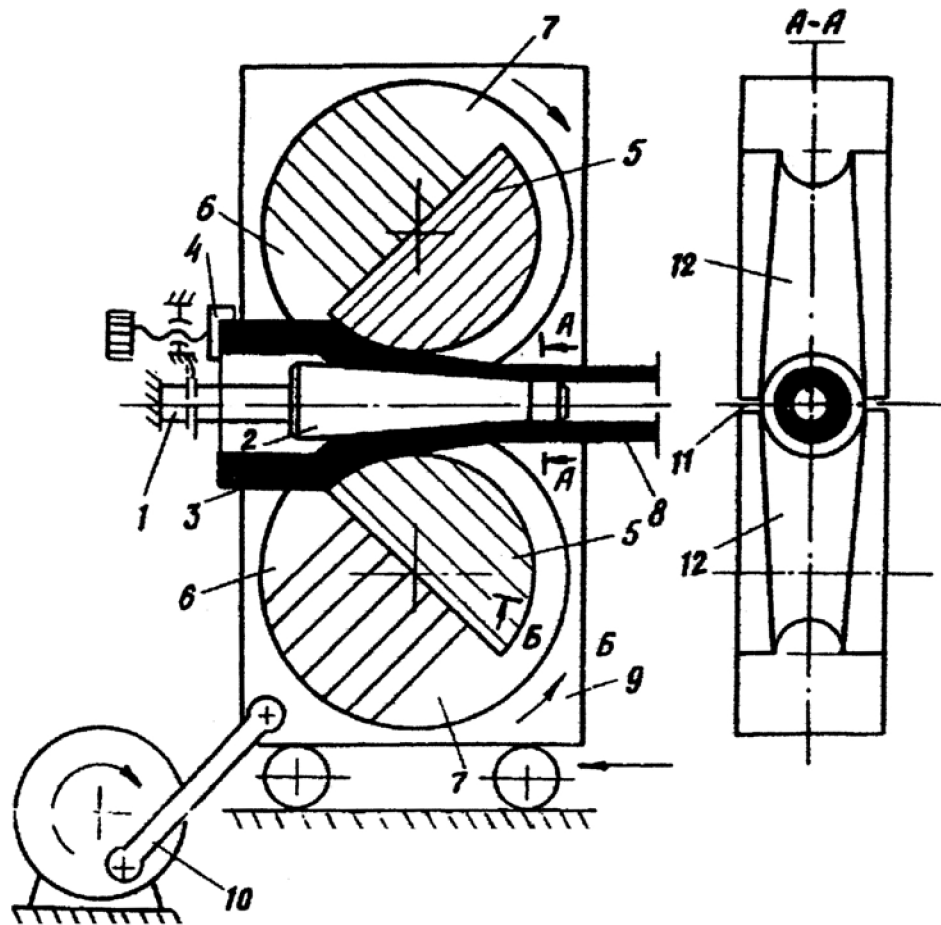


Рис. 3.5. Схема прокатки труб на стане ХПТ

При дальнейшем движении клетки калибры раскатывают заготовку на оправке, уменьшая её диаметр и толщину стенки. Когда калибры находятся в крайнем правом положении, диаметр и толщина стенки заготовки достигают заданных значений диаметра и толщины стенки, соответствующих размерам готовой трубы 8. Длина трубы в результате указанного хода клетки увеличивается на величину линейного смещения металла ΔL , равную произведению коэффициента вытяжки $\mu_{F\Sigma}$ и подачи m , $\Delta L = \mu_{F\Sigma} m$, где $\mu_{F\Sigma} = F_{\text{заг}}/F_{\text{гот.тр}}$.

Далее калибры освобождают трубу (раскрывается зев поворота 7), после чего происходит поворот её вместе с оправкой на $60-90^\circ$. Затем валки, двигаясь противоположно, производят отделку прокатного участка трубы. Достигнув крайнего левого положения, калибры подачи освобождают заготовку (раскрывается зев подачи 6), и патрон

подачи-поворота 4 подает новую порцию заготовки в калибры. После этого цикла ХПТ повторяется.

Во избежание затекания металла в зазор между калибрами ручки калибров выполняют овальными, т.е. ширину ручья делают больше расчётного диаметра. Кроме того, внутренний диаметр заготовки должен обеспечить свободный ввод конической оправки в заготовку.

Длина заготовки выбирается в пределах длины заготовительного стола прокатного стана от 2100 до 5200 мм.

Часовая производительность стана, м/ч: $\Pi = 60m \mu_F \Sigma n k$, где n – число двойных ходов клетки в мин; k – коэффициент использования стана, $K = 0,7 \dots 0,75$.

Основное технологическое время прокатки, мин:

$$T = \frac{l_{\text{заг}}}{mn} = \frac{l_{\text{гот.тр}}}{\mu_{FS} mn}.$$

Станы ХПТ классифицируют по максимальному диаметру прокатываемой трубы (ХПТ – 32, ХПТ – 55, ХПТ – 450), по типу прокатываемых труб (трубы переменного сечения ХПТ – 90П и постоянного сечения ХПТ – 90), по способу загрузки (с торцевой или боковой), по числу одновременно прокатываемых труб (одно-, двух- и трёхниточные).

Достоинства станов ХПТ: полное отсутствие потерь металла, возможность получения высоких обжатий по стенке (до 85%) и по диаметру (до 65%), возможность использования толстостенных заготовок.

На станах ХПТ изготавливают трубы диаметром от 4 до 450 мм с толщиной стенки от нескольких десятых долей миллиметра до 30 и более.

Станы холодной прокатки труб представляют собой сложную установку, состоящую из агрегатов и узлов, функционально связанных между собой. Возвратно-поступательное движение (двойной ход) рабочей клетки станов ХПТ осуществляется двумя спаренными кривошипно-шатунными механизмами; шатуны шарнирно соединены с боковыми стойками станины рабочей клетки и с кривошипами двух ведущих шестерен, имеющих редукторный привод от электродвигателя (рис. 3.6).

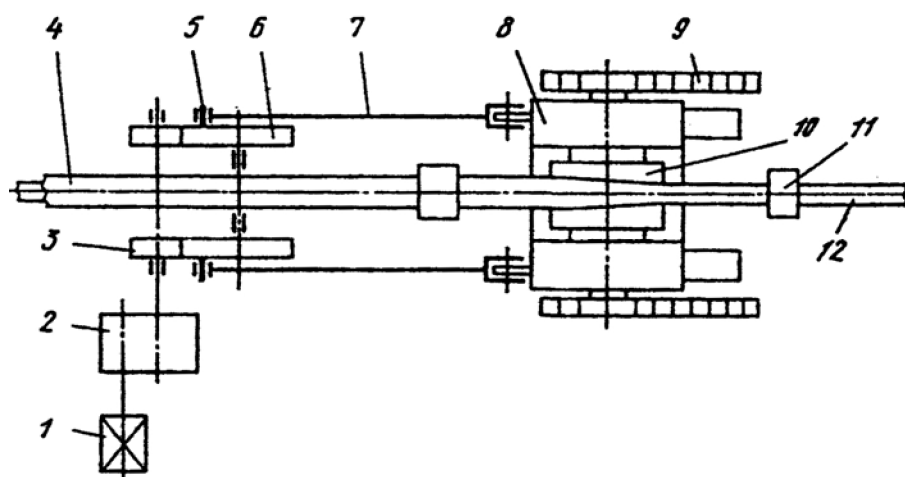


Рис. 3.6. Основные механизмы стана ХПТ: 1 – электродвигатель; 2 – редуктор; 3 – приводной вал с шестернями; 4 – исходная труба (заготовка) со стержнем внутри; 5 – кривошип; 6 – ведущие шестерни с кривошипами; 7 – шатун; 8 – станина рабочей клетки; 9 – зубчатые рейки (неподвижные); 10 – валки с консольными шестернями; 11 – патроны (на выходе и промежуточный); 12 – готовая труба

Заготовки 1 на рис 3.7 вследствие зазора между рычагами 2 и стеллажом располагаются в один ряд, упираясь в задерживатель 4. Очередная заготовка 5 задним толкателем 3 подаётся на стержень 9 в зону толкателя 8 через открытый зажим 7 заднего патрона стержня. Внутренняя поверхность заготовки смазывается с помощью ерша 6, установленного в конце стержня. Смазка на ерш подаётся от специального устройства. Задний толкатель отходит в исходное положение. Кулачки зажима 7 зажимают стержень; передний зажим 10 открывается, освобождая стержень; передний толкатель 8 проталкивает заготовку в зону действия патронов 11 и 12. По мере продвижения заготовки в очаг деформации патронами 11 и 12 толкатель 8 постепенно поджимает последующую заготовку к предыдущей до выхода её заднего торца на передний зажим 10. После этого кулачки зажима 10 закрываются, кулачки зажима 7 открываются и процесс подачи заготовки повторяется.

Патронами 11 и 12, совершающими возвратно-поступательное движение, заготовка подаётся в валки 14. Патроны работают с перехватом, т.е. во время подачи заготовки патроном 11 патрон 12 отходит назад, затем патрон 12 подает заготовку, а патрон 11 отходит назад и т.д. Во избежание разрыва заготовки, когда она находится между патронами 11 и 12, в момент, когда патрон 11 подает заготов-

ку, задний патрон и толкатель 8 отходят назад; ролики 14 поджимают заднюю заготовку к передней. Патрон 11 и 12, кроме подачи заготовки, осуществляют поворот ее в крайнем переднем положении. Поворот и удержание от осевого перемещения прокатываемых труб осуществляется патронами 13 и 15. После прокатки готовые трубы разрезаются летучей пилой 16. Тянущими роликами 17 и 18 труба подается на стол выдачи 19.

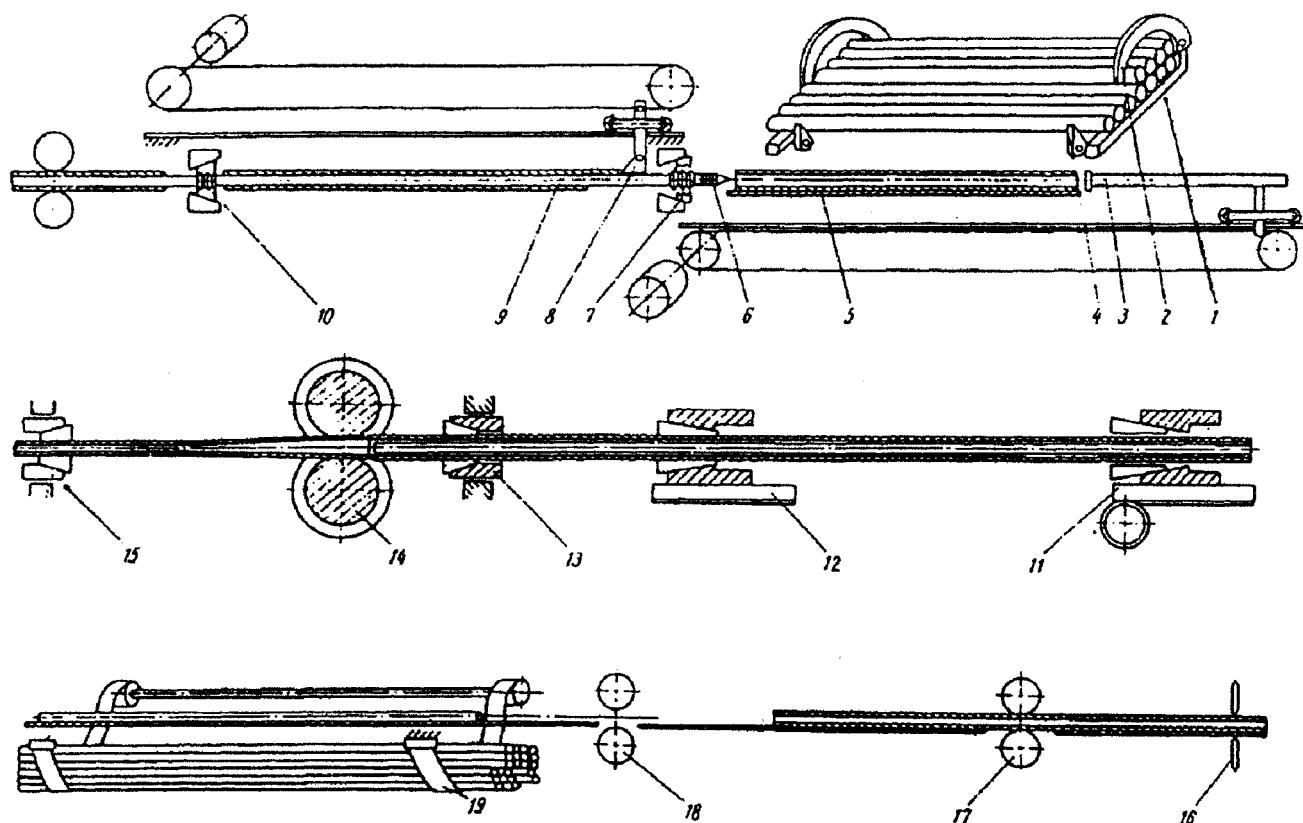


Рис 3.7. Схема стана холодной прокатки труб

На рис.3.8 приведён общий вид рабочей клетки стана холодной прокатки труб (типа ХПТ-75). Клеть имеет закрытую станину 10. В нижней части станина монтируется на катках 3, передвигающихся по направляющим плитам 2, установленных на нижней опоре 1.

Катки закреплены на оси 13, которая установлена на подшипниках в приливах станины. Центровка станины обеспечивается направлением по шлифованным планкам 12 и 15 в направляющей 14 рамы клетки. К приливам станины шарнирно крепятся шатуны кривошипно-шатунного механизма. При вращении кривошипного вала станина совершает возвратно-поступательное перемещение на катках. Валки 4 установлены на четырехразрядных конических роликоподшипниках 9. На шейках валков закреплены четыре зубчатых колеса 8, соз-

дающие условия одинакового угла поворота валков, но в разных направлениях. Вращение валков осуществляется шестернями 5, закреплёнными на нижних валках и входящими в зацепление с зубчатыми рейками 6, неподвижно зафиксированными в приливах 7 направляющей рамы клетки.

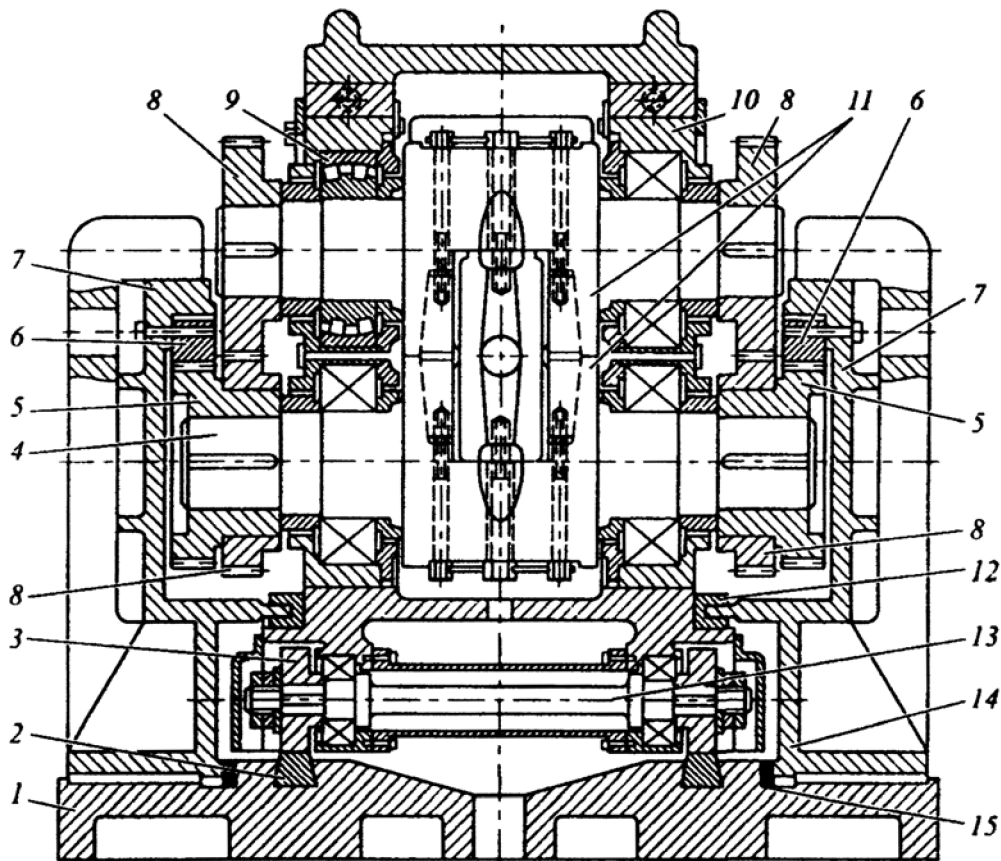


Рис. 3.8. Общий вид клетки стана ХПТ

Рабочие калибры 11 закреплены в пазах бочки валков с помощью клиньев и винтовых стяжек.

Длина хода подачи клетки

$$L_P = X_{\max} - X_{\min}.$$

Здесь $X_{\max}$ и $X_{\min}$ – максимальный и минимальный ход клетки:

$$X_{\max} = \sqrt{(l_{\text{ш}} + r_{\text{кр}})^2 - e^2} \quad \text{и} \quad X_{\min} = \sqrt{(l_{\text{ш}} - r_{\text{кр}})^2 - e^2},$$

где $l_{\text{ш}}$ – длина шатуна кривошипного механизма; $r_{\text{кр}}$ – радиус кривошипа; e – дезаксиал – смещение по высоте точки крепления шатуна к клетке над положением центра кривошипного вала.

3.4 Станы холодной прокатки труб роликовые (ХПТР)

Станы ХПТР периодического действия предназначены для холодной прокатки труб с тонкими и особо тонкими стенками ($t/D = 1/100 \div 1/500$) диаметром от 4,0 до 120 мм. Они являются отечественным изобретением и сконструированы ВНИИМЕТМАШем под руководством академика А.И. Целикова.

В отличие от станов ХПТ на станах ХПТР трубы прокатывают на цилиндрической оправке тремя или четырьмя рабочими роликами малого диаметра до заданных размеров по наружному диаметру и толщине стенки. По периметру роликов нарезан ручей постоянного сечения с радиусом, равным радиусу готовой трубы. Рабочие ролики цапфами опираются на наклонные поверхности профилированных планок, обеспечивающие изменения зазора между оправкой и роликами по длине рабочего хода клетки.

Схема обжатия трубы роликами изображена на рис. 3.9. Ролик 1 по мере продвижения по профильной планке 2 обжимает стенку трубы 3 на цилиндрической оправке 4.

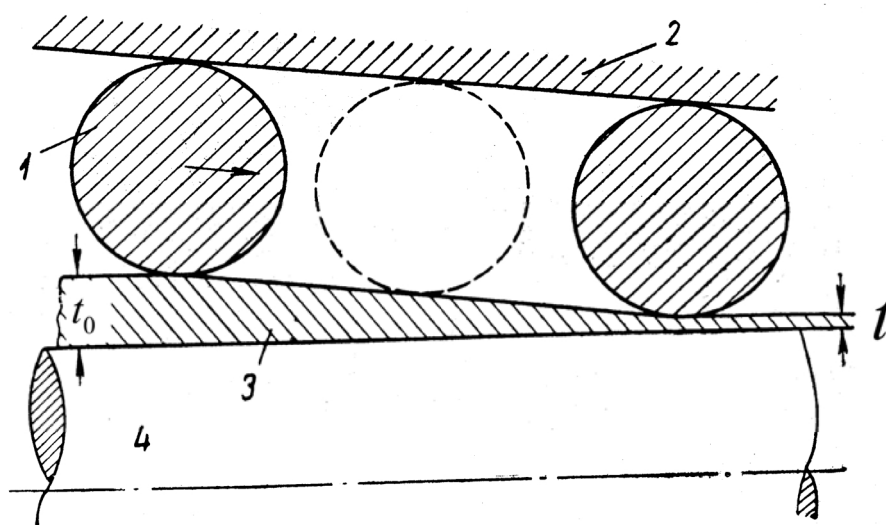


Рис. 3.9 Схема обжатия трубы роликом

Рабочая клеть состоит из толстостенной станины 11, в которую запрессована втулка 7. Во втулке перемещается сепаратор 12 (рис. 3.10).

Сепаратор представляет собой втулку, в которой имеются три прямоугольных окна и две проушины для соединения с рычагами 1. В окнах сепаратора на цапфах 4 установлены три ролика 15, свобод-

но перемещающихся в радиальном направлении. Перемещение роликов регулируется планками 6, упирающимися в цапфы 4 и регулировочные клинья 5. Положение клиньев регулируется винтами 8 с пружинами. К станине крепится сварная рама с катками 9, перемещающаяся по направляющим 10 от кривошипно-шатунного механизма, сообщая ей возвратно-поступательное движение. К станине через рычаг 3 присоединён двуплечий рычаг 2 с тягами 1, шарнирно закреплёнными к проушинам сепаратора. Двуплечий рычаг шарнирно закреплён на оси 13, качающейся в опорах 14.

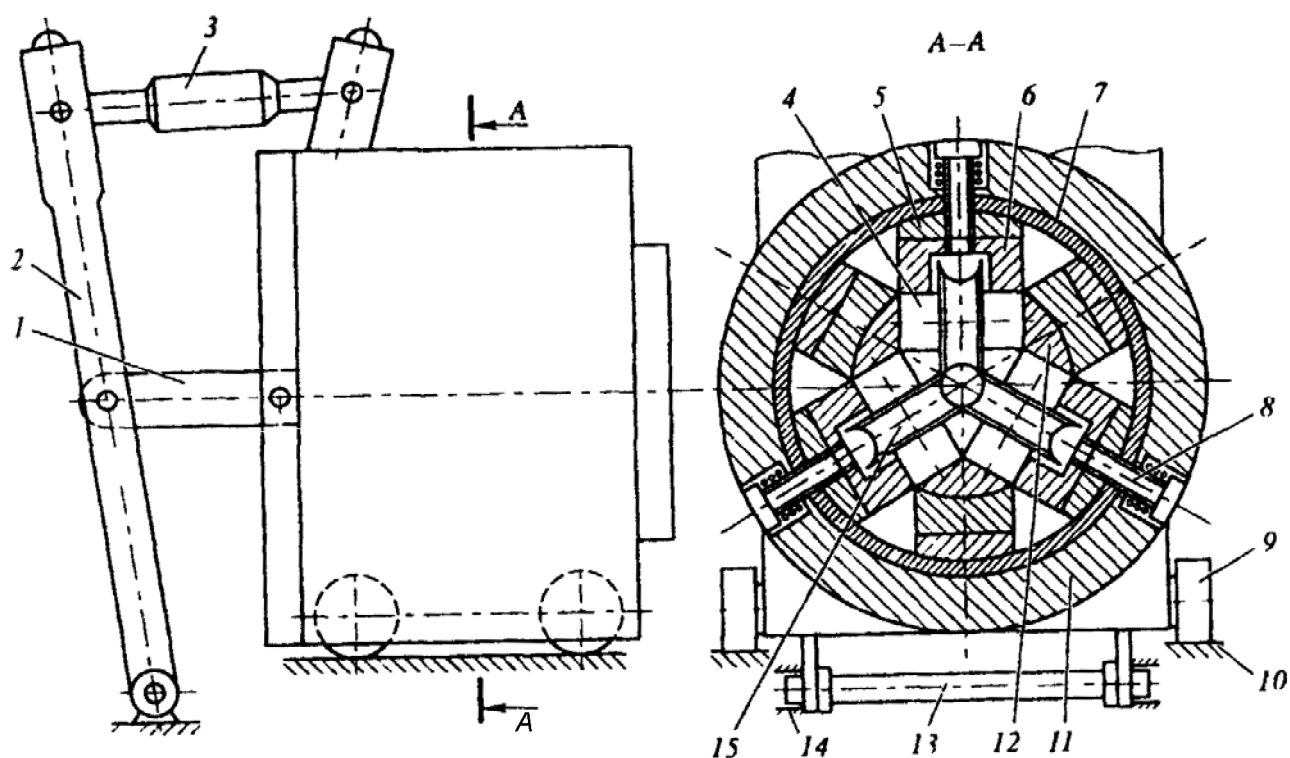


Рис. 3.10. Рабочая клеть стана ХПТР

Перемещение клетки осуществляется от электродвигателя, редуктора, кривошипно-шатунного механизма и распределительно-подающего механизма. Технологические особенности процесса требуют прерывистого движения роликов. Это движение создаёт распределительно-подающий механизм, преобразующий вращательное непрерывное движение в прерывистое с помощью мальтийского креста. Одновременное движение передается на вал поворота и винт подачи. При вращении винт подачи перемещается через гайку патрона заготовки, осуществляя и подачу. Также вал поворота вращает патрон и

поворачивает заготовку на заданный угол. Зажим заготовки осуществляется своим приводом и клиновидными кулачками. Стержень оправки также вращается от вала поворота, чем обеспечивается синхронность вращения оправки и заготовки.

Отличие ХПТР от ХПТ не в деформационном механизме, а в приводе инструмента. Так, ролики имеют калибр постоянного сечения, но опираются на три наклонные планки, смонтированные на перемещающейся станине, отчего ролики то сближаются к центру, то удаляются от него. При перемещении каретки вперёд ролики планками смещаются к центру, обжимая трубу. При отходе каретки назад труба, во-первых, поворачивается на $45 - 60^\circ$ и, во-вторых, подаётся вперёд на шаг подачи ($5 \div 10$ мм). При прямом ходе вперед процесс повторяется.

К преимуществу ХПТР относятся более полный охват трубы тремя роликами, простота роликов, возможность обработки тонкостенных труб малого диаметра. Ролики небольшого диаметра обеспечивают небольшое давление металла трубы на инструмент и позволяют резко снизить скольжение роликов по трубе.

Недостатком являются небольшие степени редуцирования и меньшая производительность, чем у станов ХПТ.

3.5 Волочильные станы

Волочение осуществляется по виду движения обрабатываемого металла на станах прямолинейного волочения (линейные станы) и станах бухтового волочения (барабанные станы). Схемы волочения труб представлены на рис. 3.11.

Станы прямолинейного волочения по характеру перемещения тягового органа (волочильной тележки) делятся на периодические, полунепрерывные и непрерывные. В станах периодического действия рабочий ход волочильной тележки чередуется с её возвратом к стойке волок для захвата следующей заготовки. Станы полунепрерывного типа имеют привод, позволяющий совместить рабочий ход с операцией подачи волочильной тележки к стойке волок для захвата следующей заготовки. Станы непрерывного типа не имеют холостого хода тягового органа.

По числу протягиваемых одновременно заготовок волочильные станы делятся на одно-, двух- и трехниточные. По тяговому усилию станы изготавливают с усилием от 0,2 до 100 тс.

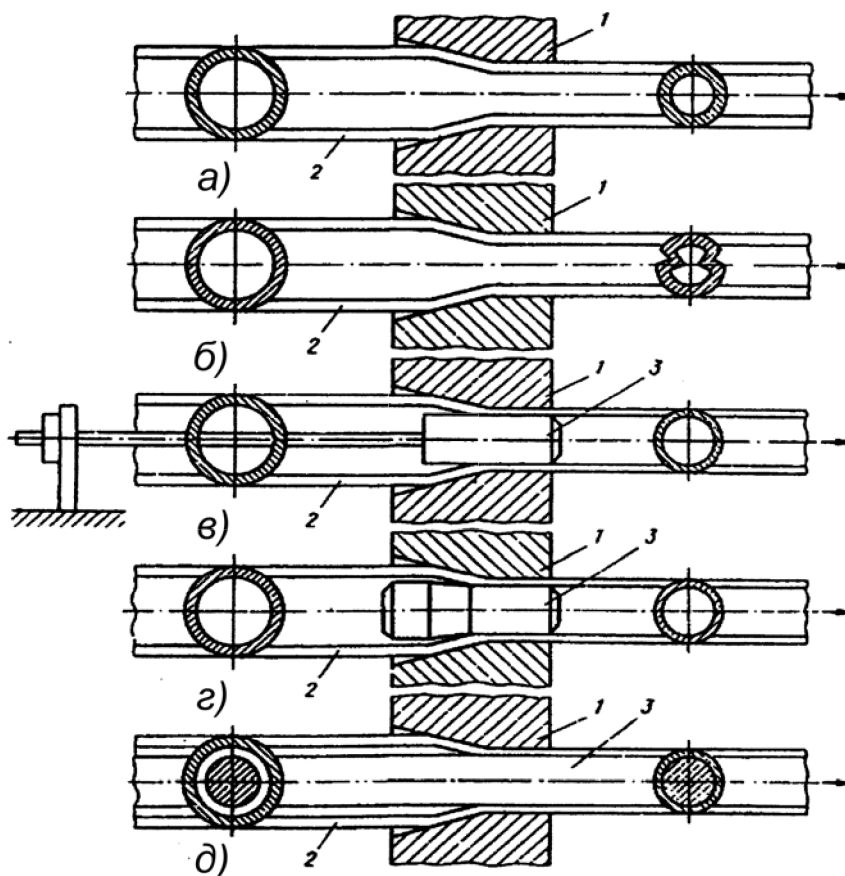


Рис. 3.11. Схема волочения труб: 1 – волока; 2 – заготовка; 3 – оправка

Схемы станов прямолинейного волочения приведены на рис. 3.12. Стан состоит из рабочей линии, включающей стойку волок 1, рабочий стол 2, волочильную тележку 3 и главный привод 4. В состав оборудования входят приемно-разборное устройство 5 и карман для готовых труб. Некоторые станы оснащены проталкивателем заготовок в волоку (рис. 3.12, б). Безоправочные станы периодического действия часто оснащают устройствами для волочения бухтовой заготовки и ножницами для резки протянутых труб (рис. 3.12, в). Такие станы становятся универсальными, что позволяет расширить диапазон их использования. Привод тележки может быть цепным, реечным, гидравлическим и канатным.

На рис. 3.13 представлен общий вид трубоволочильного стана усилием 150 кН для безоправочного волочения. Он состоит из приемно-разборочного устройства 1, карманов 2, стоек 3, рабочего стола 4, тяговых цепей 5, волочильной тележки 6, установки ведущих звёз-

дочек 7, главного привода 8 и стойки волок 9. Стан работает следующим образом. Заготовки труб укладывают в бункер приемно-разборочного устройства на ряд цепей. Под действием цепей и ориентирующих захватов заготовки попадают на промежуточный стол, состоящий из неподвижных 10 и подвижных 11 балок (линеек). Подвижные линейки одним концом опираются на эксцентрики вала 12 и другим – на вал 14 упоров. Вал 12 приводится во вращение двухскоростным двигателем 14. При перемещении подвижных линеек заготовки выкатываются из бункера и равномерно скатываются к упору. Здесь дозатор и раскладчик распределяют заготовки по рольгангу 15 и транспортируют их механизм для подготовки захваток, после чего передают их на рабочий стол. На столе происходит закрепление заготовок к захватам тележки волочения, переместившейся к стойке волок. При движении тележек в противоположном направлении осуществляется волочение. Готовые трубы скатываются в карманы, сваренные из профильного проката, рабочая поверхность которых покрыта алюминиевыми листами.

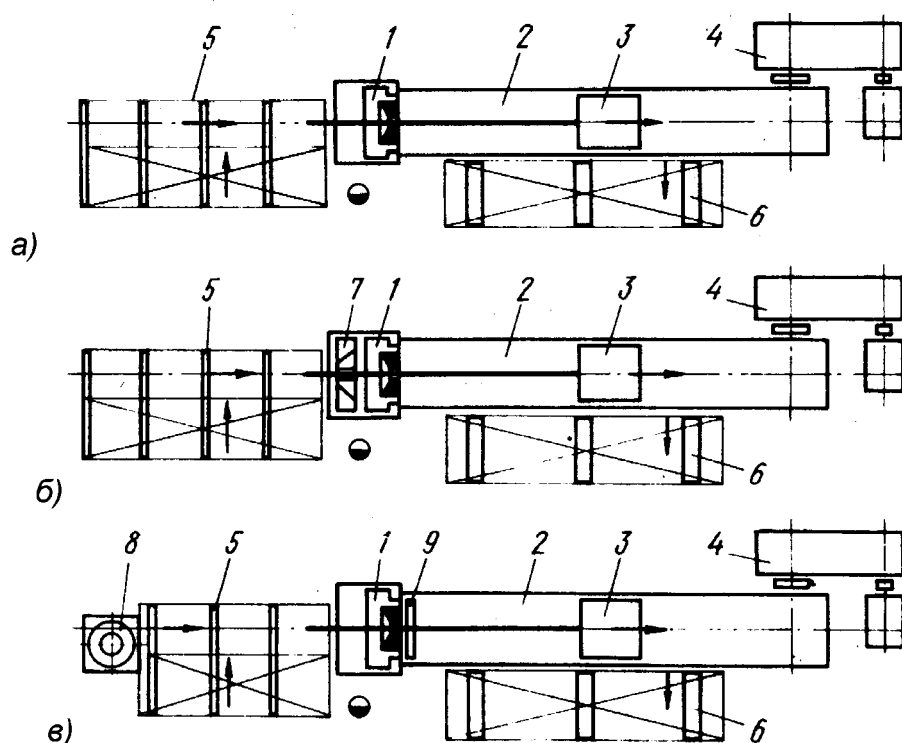


Рис. 3.12. Схемы станов периодического действия для волочения труб без оправки; 1 – стойка; 2 – рабочий стол; 3 – тележки; 4 – главный привод; 5 – приемно-разборочное устройство; 6 – карманы для готовых изделий; 7 – проталкиватель; 8 – отдающий барабан; 9 – ножницы

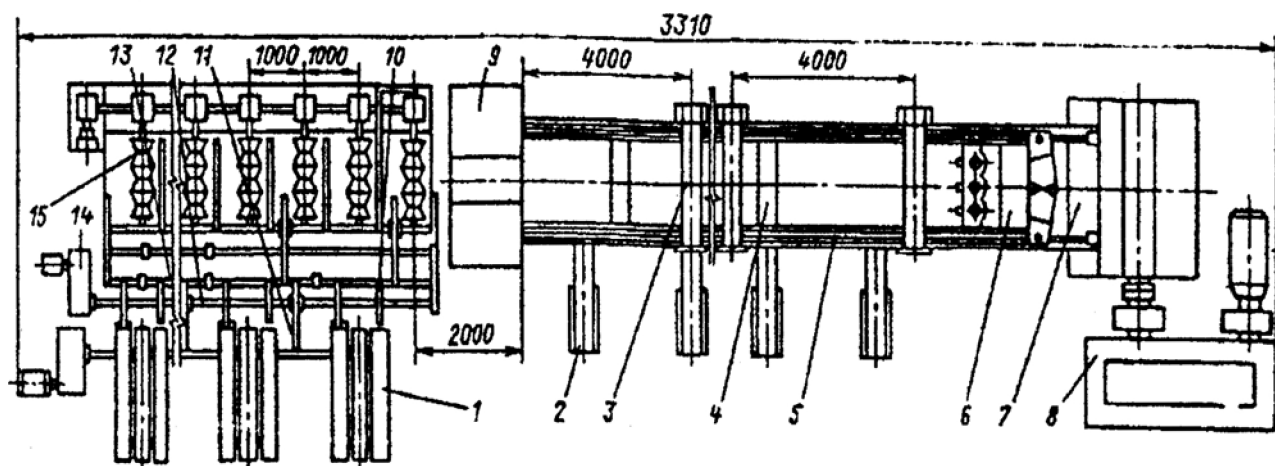


Рис. 3.13. Схема линейного волочильного стана

Волочильная тележка предназначена для перемещения трубы из волоки под действием цепной передачи. При этом тележка должна иметь механизм, который автоматически захватывает заготовки, выступающие из волок, надёжно удерживает их при волочении и освобождает от захвата после окончания процесса. В настоящее время применяют клещевой и плашковый захваты. Наиболее распространены плашковые механизмы с механическим и пневматическим приводом. На рис. 3.14, а показана конструкция волочильной тележки с пневмоприводом. В сварном корпусе 10 устанавливают одну – три головки 7 набором плашек 2 со сменными губками 1. Плашки приводятся в действие тремя пневмоцилиндрами 4 (по одному на каждую пару плашек). Под действием пневмоцилиндров плашки скользят по коническим пазам головки и зажимают концы протягиваемых труб. Для создания безударной работы плашек штоки пневмоцилиндров соединяют с плашками через пружинный амортизатор 14. Одновременность захвата обеспечивается механическим соединением всех штоков пневмоцилиндров с помощью уравнивающей траверсы 11. Питание пневмоцилиндров через краны сжатым воздухом обеспечивают сопла 3, набегающие на питатели воздуха, размещённые на стойке волокодержателей. От питателей воздух через клапаны направляется в емкости ресиверов 9, позволяющих в отсутствии соединения сопел с питателями постоянно поддерживать клиновые плашки в разжатом положении. Большая активная площадь бесштоковой полости пневмоцилиндра при подаче в него воздуха приводит к передвижению штока пневмоцилиндра, создающего зажим труб.

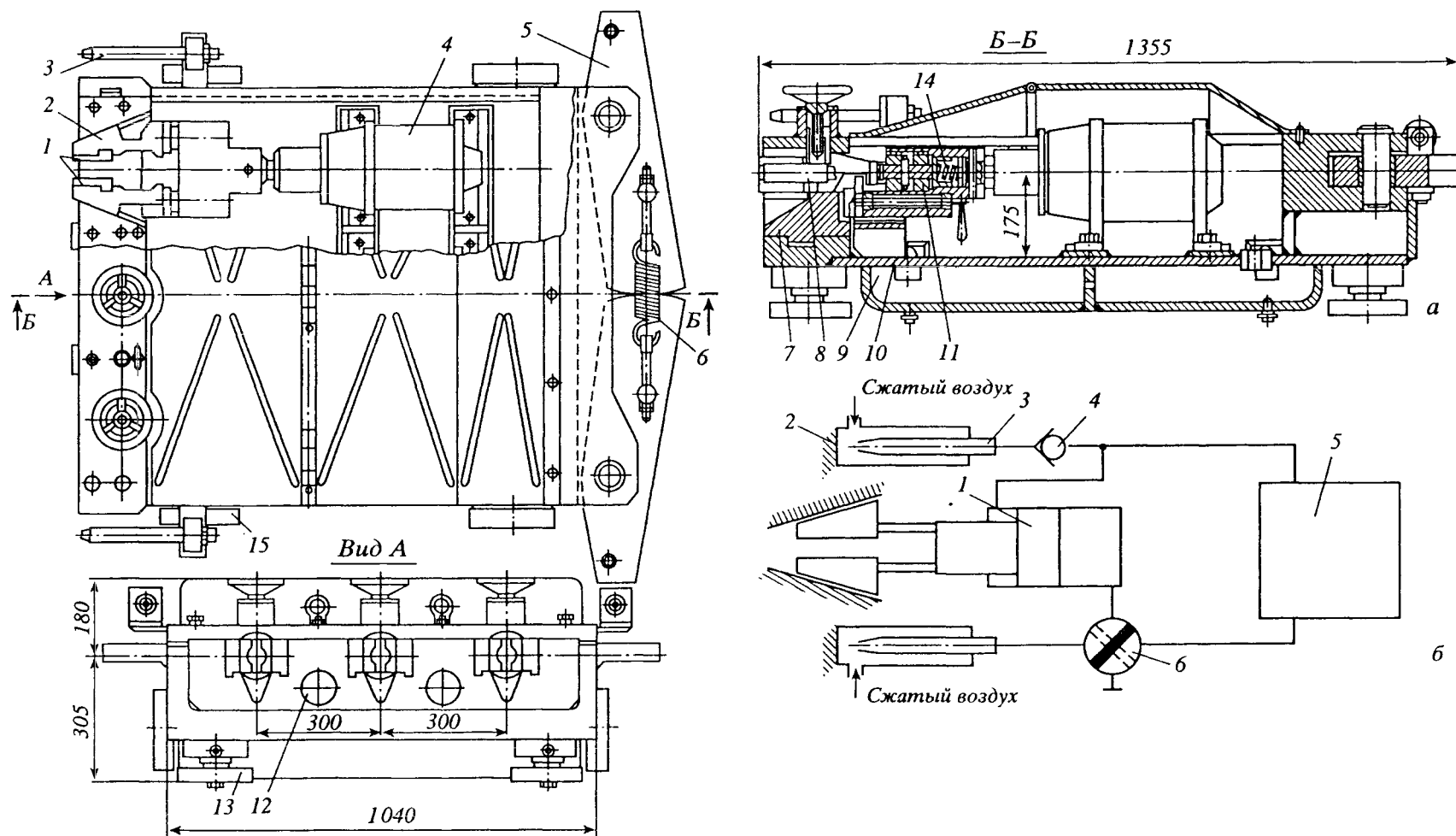


Рис. 3.14. Волоочильная тележка

При обратном движении тележки от стойки волок трубы заклиниваются в плашках усилием волочения. После выхода сопел из питателей воздух из ресивера, попадая в штоковые полости пневмоцилиндра, начинает отжимать плашки. Однако заклинивание труб, поддерживаемое усилием волочения, больше усилия расжатия. Поэтому плашки удерживают трубу в захватах. После протяжки трубы происходит сброс заклинивания и труба освобождается от захвата. В комплект инструмента вместе с плашками входят сменные пробки 8, используемые при волочении труб с захваткой, подготовленной в проталкивателе, и при дотягивании оборвавшейся трубы.

Конструктивно тележка представляет собой сварную раму 10, в передней части которой жестко крепятся плашковые головки. Тележка перемещается на четырех катках 15 и от поворота её удерживают четыре ролика 13.

Тележка соединена с тяговыми цепями уравнительным устройством, состоящим из рычагов 5, подтягиваемых пружиной 6. При обрыве средней нитки уравнильное устройство позволяет компенсировать неравномерную вытяжку цепей вследствие поворота рычагов 5. В конструкции предусмотрено наличие смягчающих амортизаторов 12 при набегании тележки на стойку волок.

Схема пневмоуправления механизмом зажима труб приведена на рис. 3.14, б. Она состоит из пневмоцилиндра 1, в который сжатый воздух поступает через питатель 2, сопло 3, обратный клапан 4 и четырехходовой кран 6. Из схемы видно, что воздух из ресивера 5 попадает в штоковую полость пневмоцилиндра, способствуя постоянному раскрытию плашек. Наоборот, когда воздух из сети входит в бесштоковую полость пневмоцилиндра, то труба захватывается плашками. В системе принято давление 0,4–0,6 МПа.

Проверке на прочность подлежат цепные передачи, захватное устройство и ходовые колёса волочильных тележек, доска волок и отдельные тяжело нагруженные вспомогательные устройства волочильного стана.

Определим рабочее напряжение на губках плашки трубоволочильного стана с усилием $P_{\text{в}}$. Размеры одной губки плашки: длина l , ширина b , полный конус 40° .

Нормальное усилие Q , действующее на плашку, находим из условия равновесия сил по оси волочения $2Q\cos 70^\circ = P_{\text{в}}$. Откуда

$$Q = \frac{P_{\text{в}}}{2 \cos 70^\circ} .$$

Рабочее напряжение на губках плашки с учётом коэффициента динамичности $K_d = 2,0$

$$\sigma_p = \frac{K_d Q}{bl} \leq [\sigma].$$

Обычно губки плашки изготавливаются из стали У7 либо У8, для которых допустимое напряжение $[\sigma]$ составляет 100 ... 120 МПа.

В большинстве станов в стойках волок сделаны вертикальные пазы, в которые введены волочильные доски длиной l . Сечение доски по оси волокна имеет прямоугольный профиль шириной b , высотой h с отверстиями под волокна диаметром d_1 , глубиной h_1 и выходное отверстие диаметром d_2 , глубиной h_2 .

Изгибающий момент по центру доски

$$M_{\text{изг}} = \frac{P_b l}{4}.$$

Площадь опасного сечения

$$F = bh - d_1 h_1 - d_2 h_2.$$

Статический момент относительно основания

$$S = \frac{bh^2}{2} - \frac{d_1 h_1^2}{2} - d_2 h_2 \left(h_1 + \frac{1}{2} h_2 \right).$$

Положение центра тяжести сечения x_c относительно основания

$$x_c = \frac{S}{F}.$$

Момент инерции опасного сечения I_c относительно центра тяжести

$$I_c = \frac{bh^3}{12} + bh \left(x_c - \frac{h}{2} \right)^2 - \frac{d_1 h_1^3}{12} - d_1 h_1 \left(x_c - \frac{h_1}{2} \right)^2 - \frac{d_2 h_2^3}{12} - d_2 h_2 \left(h - \frac{h_2}{2} - x_c \right)^2.$$

Минимальный момент сопротивления изгибу

$$W = \frac{I_c}{x_c}.$$

Наибольшее напряжение в опасном сечении с учётом коэффициента динамичности $K_d = 2,0$

$$\sigma = K_d \frac{M_{изг}}{W_{изг}} \leq [\sigma].$$

Доску изготавливают из стали 45 с допустимым напряжением $[\sigma] = 180\text{--}190$ МПа.

На рис. 3.15 даны схемы компоновки оборудования станов периодического действия для волочения труб на закрепленных оправках. При наличии оправок со стержнями на короткооправочных станках помимо приемно-разборочных устройств необходимы дополнительные механизмы для введения оправок в трубы и подачи их с трубами в волок.

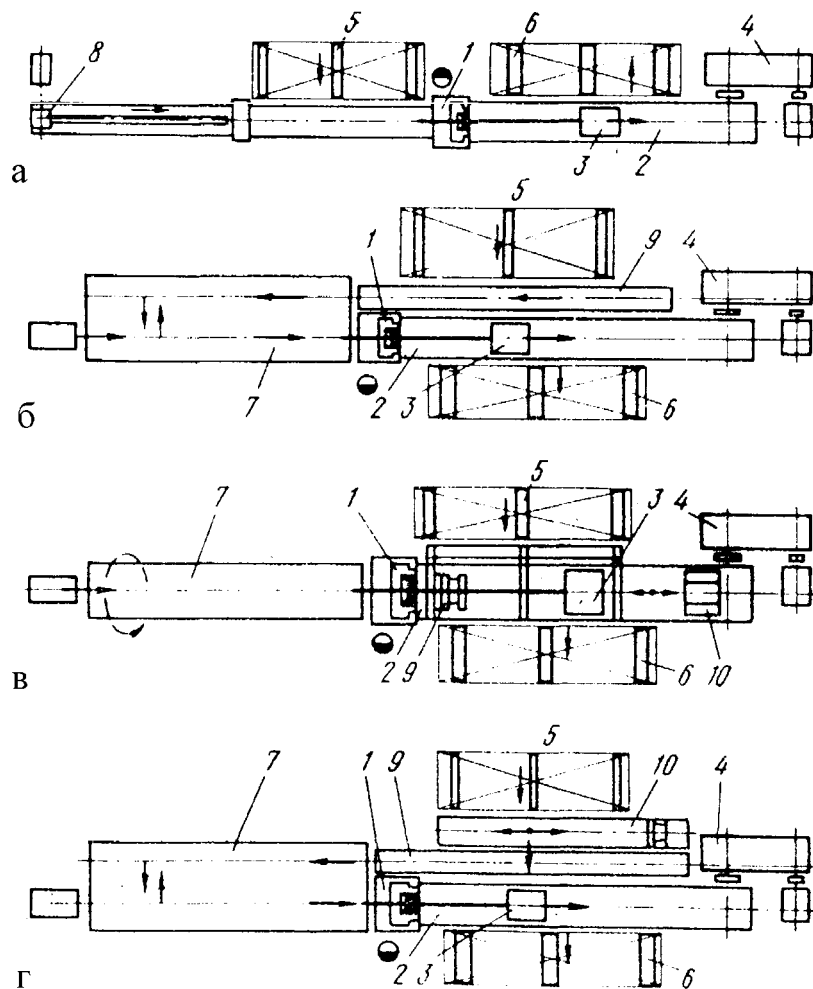


Рис. 3.15. Схемы станов периодического действия для волочения труб на закрепленных оправках: 1 – стойка волок; 2 – рабочий стол; 3 – тележка; 4 – главный привод; 5 – приемно-разборочное устройство; 6 – карманы для готовых труб; 7 – механизм передачи труб с оправками; 8 – толкатель; 9 – механизм надевания труб на оправке; 10 – механизм подготовки захваток

В компоновке оборудования современных механизированных короткооправочных станков различают две позиции: волочения, в которой выполняется процесс деформации труб в волоках, и загрузки, в которой выполняется операция введения оправок в трубы. При этом оправка вводится в трубу или труба надевается на оправку.

Когда оправка вводится в трубу, последняя помещается в позиции загрузки перед стойкой волок. Оси оправок совмещены с осями труб и осями волочения (рис. 3.15, а). При этом стан снабжается одним комплектом оправок со стержнями, число которых равно числу ниток волочения. Эта схема не позволяет совмещать по времени операции волочения и введения оправок в трубы.

Когда трубы надеваются на оправки, позиция загрузки располагается параллельно позиции волочения в плоскости волочения или над ней (рис. 3.15, б, в). Для таких схем необходимо иметь двойной комплект оправок. Эти схемы позволяют совмещать операции волочения и надевания труб на оправки.

Большинство современных высокомеханизированных станков компонуются по схемам, показанным на рис. 3.15, б, в, г. В станах с двойным комплектом оправок появляется довольно сложный механизм для передачи труб с оправками с позиции загрузки в позицию волочения и обратно. Однако общая длина стана уменьшается и в отличие от схемы на рис. 3.15, а будет состоять из двух составляющих (стержень с оправкой и готовая труба).

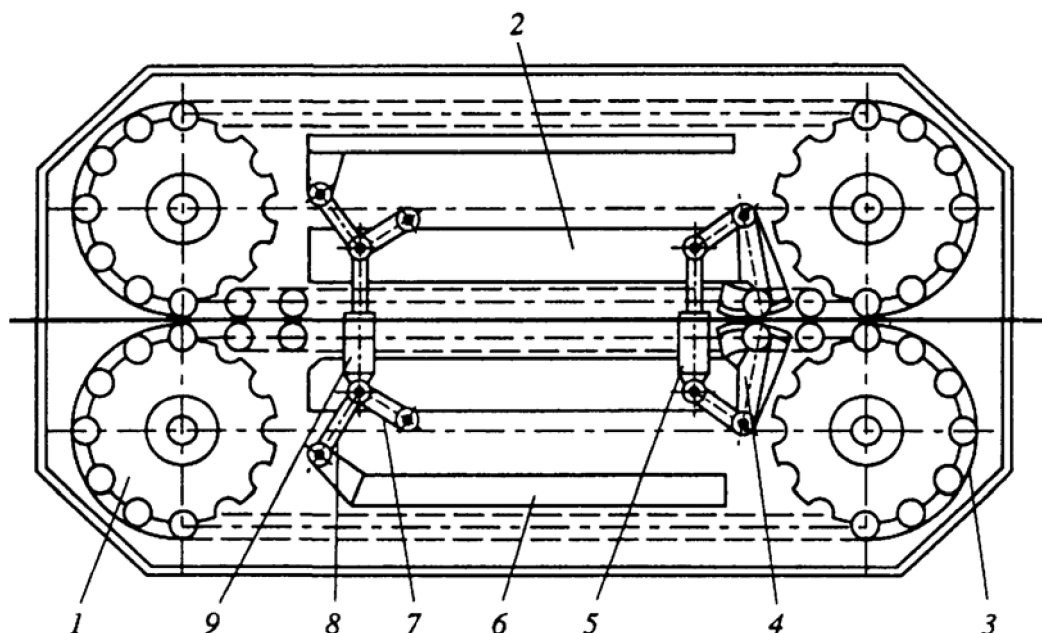
Механизм подготовки захваток на станах часто устанавливается в позиции загрузки (рис. 3.15, г). Анализ работающих станков показывает рациональность такого размещения.

Существенное сокращение времени вспомогательных операций привело к созданию станков полунепрерывного действия. Отличие их от станков периодического действия заключается в том, что на тяговых цепях закреплены две тянущие тележки. Одна из них осуществляет рабочий ход, а другая в это время движется к стойке волок. Тяговая цепь непрерывно движется в одну сторону. Благодаря этому доля времени вспомогательных операций в цикле волочения существенно снижается:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{захв}} + t_{\text{вол}} + t_{\text{обр}}.$$

Значительное увеличение производительности обеспечивают непрерывные станы. По конструкции станы можно разделить на две группы, отличающиеся способом захвата труб: станы тракового типа, в которых труба захватывается подающими элементами двух цепей,

В станах тракового типа, разработанных ВНИИМЕТМАШем под руководством академика А.И. Целикова, основной частью являются четыре звездочки (рис. 3.16).



Звёздочки 1 ведущие, звёздочки 3 – ведомые. Холостая ветвь цепи перемещается по направляющим планкам 6. Рабочая ветвь скользит по прижимным балкам 2, подвешенным на рычагах 7, 8 к станине стана. Привод зажима балок включает два силовых цилиндра 5 и 9, штоки которых шарнирно соединены с верхними балками, а корпуса – с нижней балкой. При подачи масла в надштоковую часть цилиндров балки сближаются между собой и прижимают к трубе подающие элементы цепи с клиновыми захватами. Клиновые захваты обладают осевой подвижностью, что позволяет защемить трубу в рабочей части цепи силами трения при выходе из зоны обработки. Для синхронизации движения балок при работе цилиндров используют рычаги и зубчатые сегменты 4.

169

скорость каретки, осуществлявшей волочение, падает, она возвращается в исходное положение, и далее цикл повторяется.

В станах фирмы “Schumag” (рис. 3.17) каретки 1 и 3 установлены в направляющих, параллельных оси волочения, и приводятся в движение от профилированных кулачковых барабанов 6 и 4, закрепленных на приводном валу 5. В нижней части каждой каретки установлено два копирных ролика 2, взаимодействующих с профилем кулачкового барабана.

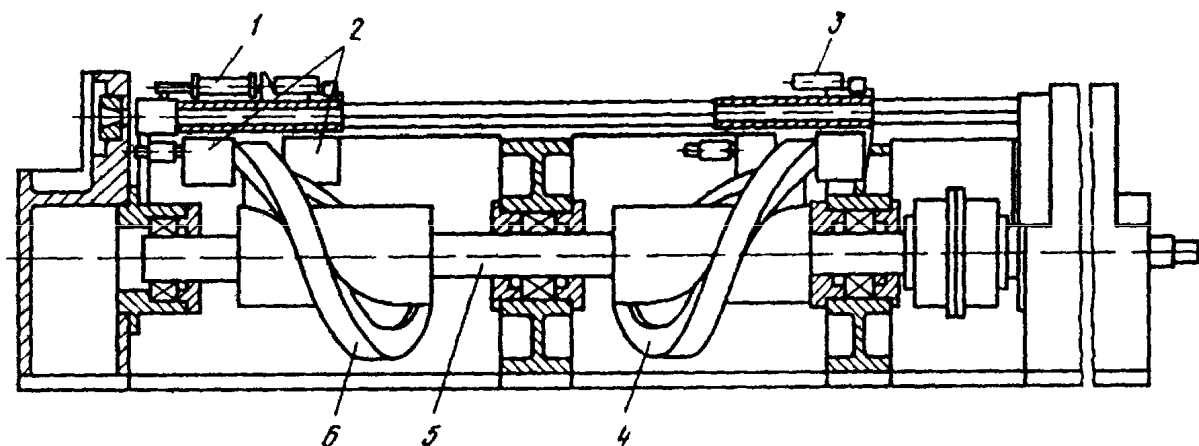


Рис. 3.17. Принципиальная схема стана фирмы “Schumag”

При бухтовом волочении труб заготовку подают на стан в виде бухты, разгибают перед входом в волоку и после волочения на самоустанавливающейся оправке наматывают в виде бухты на тянущий барабан.

Основные достоинства процесса волочения труб в бухтах: возможность многократного волочения на одном стане, высокие скорости волочения (до 20 м/с); большая длина получаемых труб (до 3 – 6 км).

Трубы могут наматываться на барабан по винтовой линии с равномерной их раскладкой посредством перемещающегося вдоль образующей барабана размоточного стола. Процесс волочения может производиться с “выжиманием”, при котором происходит осевое перемещение намотанных витков трубы.

Диаметр барабана выбирают таким образом, чтобы исключить оваллизацию трубы при сматывании. Обычно $D_{\text{бар}}/D_{\text{тр}} > 30 - 35$. На практике диаметр барабана $D_{\text{бар}}$ составляет от 500 до 3000 мм.

Станы состоят из станины, выполненной в виде пространственной рамы, на которой установлены тянущий барабан с приводом и

устройства для горизонтального и вертикального перемещения бухт, а также вспомогательных механизмов, предназначенных для подготовки труб к волочению.

Станина 1 стана (рис.3.18) состоит из шести вертикальных колонн, на которых установлена площадка 2, предназначенная для размещения главного привода. Привод тянущего барабана 6 содержит червячный редуктор 3, коробку скоростей 4 и электродвигатель 5, соединенные между собой муфтами. По направляющим, установленным на колоннах вертикально вниз или вверх перемещается размоточный стол 7. К нему примыкает верхний транспортер бухт 8, состоящий из настила и пневматического длинноходового цилиндра 9, перемещающего каретки, соединенные посредством тяги. Нижний транспортер бухт 10 по конструкции во многом схож с верхним, но имеет три цилиндра, один из которых предназначен для подачи бухт на элеватор во время загрузки стана, второй – для передачи бухт на повторное волочение и третий позволяет осуществить выдачу протянутых бухт труб со стана.

Элеватор 11 содержит привод и два ряда полок и осуществляет подъём бухт с нижнего транспортера к верхнему. Наличие элеватора даёт возможность создать на стане необходимый запас бухт.

Размоточный стол содержит поднимающиеся ролики, фиксирующие бухту в горизонтальном направлении при волочении, и горизонтальные ролики, обеспечивающие легкое вращение бухты. На столе установлен волокодержатель с ванной для технологической смазки наружной поверхности трубы, а также механизм подачи труб в волоку. Вертикальное перемещение стола по направляющим колонн производится гидравлическим цилиндром, причём скорость опускания синхронна со скоростью вращения барабана.

Обслуживание стана при волочении производят со специальной площадки 12, на которой расположены механизмы 13, позволяющие заковывать передний конец трубы, обрезать захватку и подавать перед началом волочения внутрь трубы технологическую смазку.

Стан работает следующим образом. Посредством нижнего транспортёра осуществляют поштучную загрузку элеватора бухтами труб, предназначенными для волочения. Верхним транспортёром бухты подают по настилу в зону подготовки их к волочению, где внутрь трубы вводят при необходимости технологическую смазку

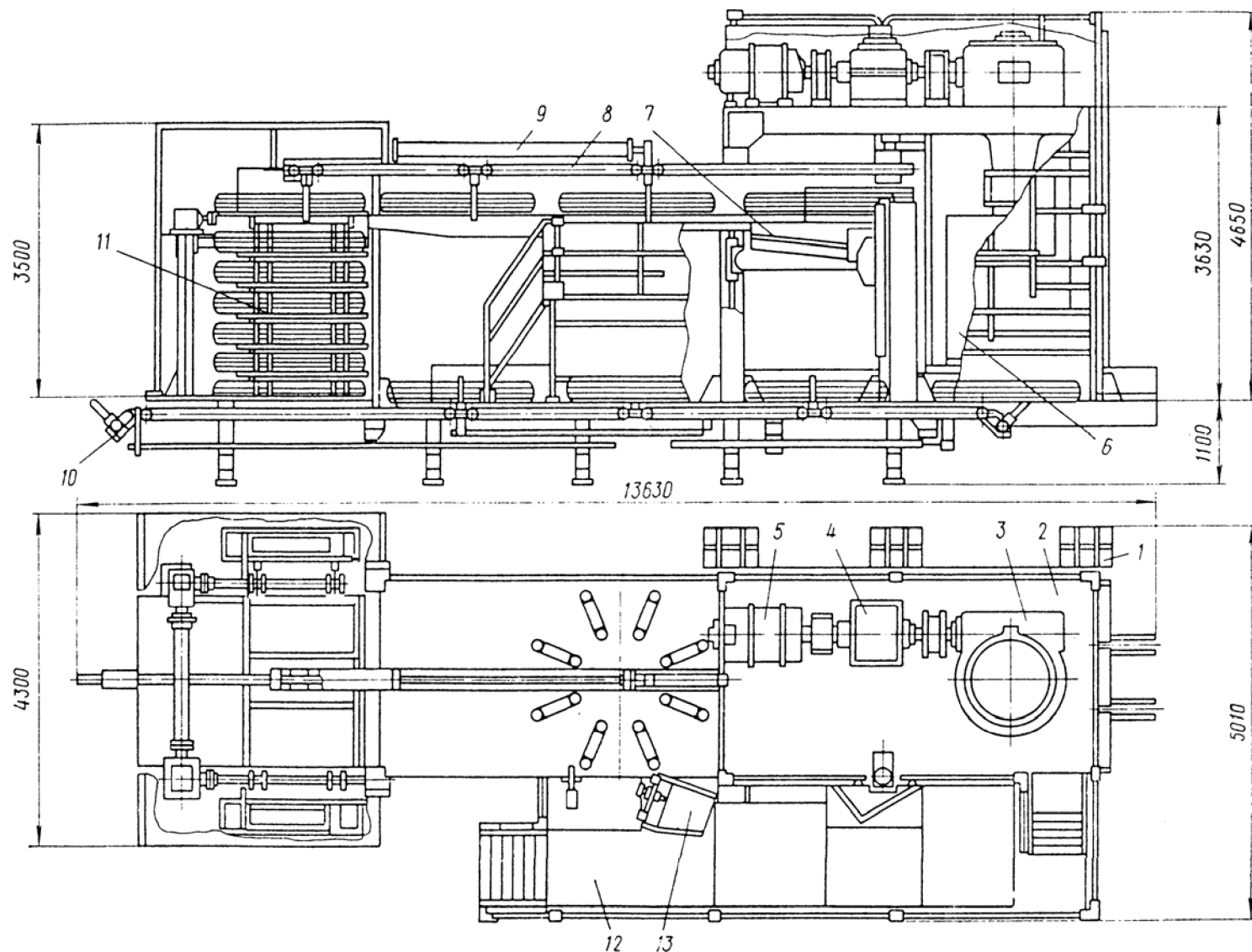


Рис. 3.18. Волокательный стан ВСТ – 1/1500

и затем самоустанавливающуюся оправку, наносят забойку, предназначенную для надежной подачи оправки в очаг деформации, и заковывают конец трубы. При многопереходном волочении обжатый конец трубы отрезают установленными здесь же гидрорезницами. Полностью подготовленную к волочению трубу подают верхним транспортером на размоточный стол. Обжатый конец трубы посредством механизма подачи или вручную подают в волокодержатель, при выходе из которого трубу захватывают клещами, осуществляют плавный разгон стана и волочение всей бухты. На барабане трубу раскладывают вдоль его образующей посредством опускающегося вниз размоточного стола. После выхода заднего конца трубы из волоки и окончания волочения нижние витки бухты начинают перемещаться вниз по барабану, происходит раскрытие клещей и труба спадает с барабана на нижний транспортер. Далее производят остановку главного привода стана, а размоточный стол устанавливают в верхнее положение. Протянутая бухта нижним транспортером может быть передана к элеватору для выполнения следующего перехода волочения, а готовые бухты труб удаляют из стана.

3.6 Оборудование для правки труб

Толстостенные трубы диаметром 30 – 100 мм правят на механических и гидравлических прессах (рис. 3.19): трубу 1 кладут на плиту 2 вогнутой стороной вниз; шток 3, двигаясь сверху вниз, с силой давит на выпуклую сторону трубы и таким образом правит её.

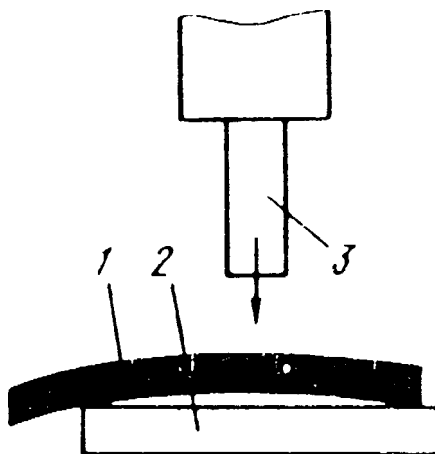


Рис. 3.19. Правка труб на прессах

Для правки труб диаметром до 20 – 30 мм применяют машины с несколькими рабочими роликами, на цилиндрической поверхности их нарезаны круглые калибры (рис. 3.20). Электродвигатель приводит ролики во вращательное движение, при этом начинает двигаться и находящаяся между роликами труба. Проходя между роликами, которые расположены в двух перпендикулярных плоскостях, труба претерпевает многократные изгибы и тем самым правится. Для получения меньшей кривизны трубу можно пропускать через ролики вторично с предварительным поворотом вокруг оси на некоторый угол.

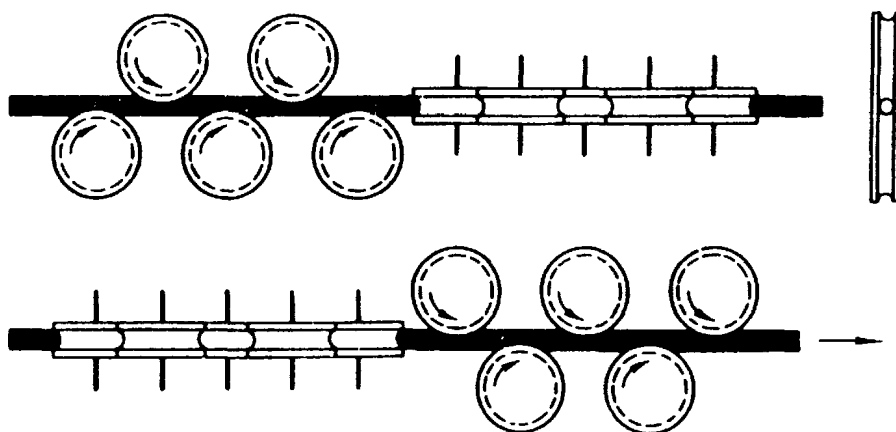


Рис. 3.20. Схема роликовой правильной машины

Быстроходными и наиболее производительными являются машины с гиперболоидными валками, на которых можно править трубы диаметром до 300 мм (рис. 3.21). Для подачи и вывода трубы из машины с обеих сторон её установлены направляющие ролики. Труба, будучи захвачена первой парой валков, приобретает поступательное и вращательное движения. Верхние и нижние рабочие валки расположены под некоторым углом к направлению движения трубы. Нижние валки уставлены в неподвижных подшипниках и приводятся в движение от электродвигателя через шестеренную подачу. Верхние нажимные валки – холостые и приводятся во вращательное движение вследствие трения о вращающуюся трубу. Наиболее современными считаются шести- и семивалковые машины.

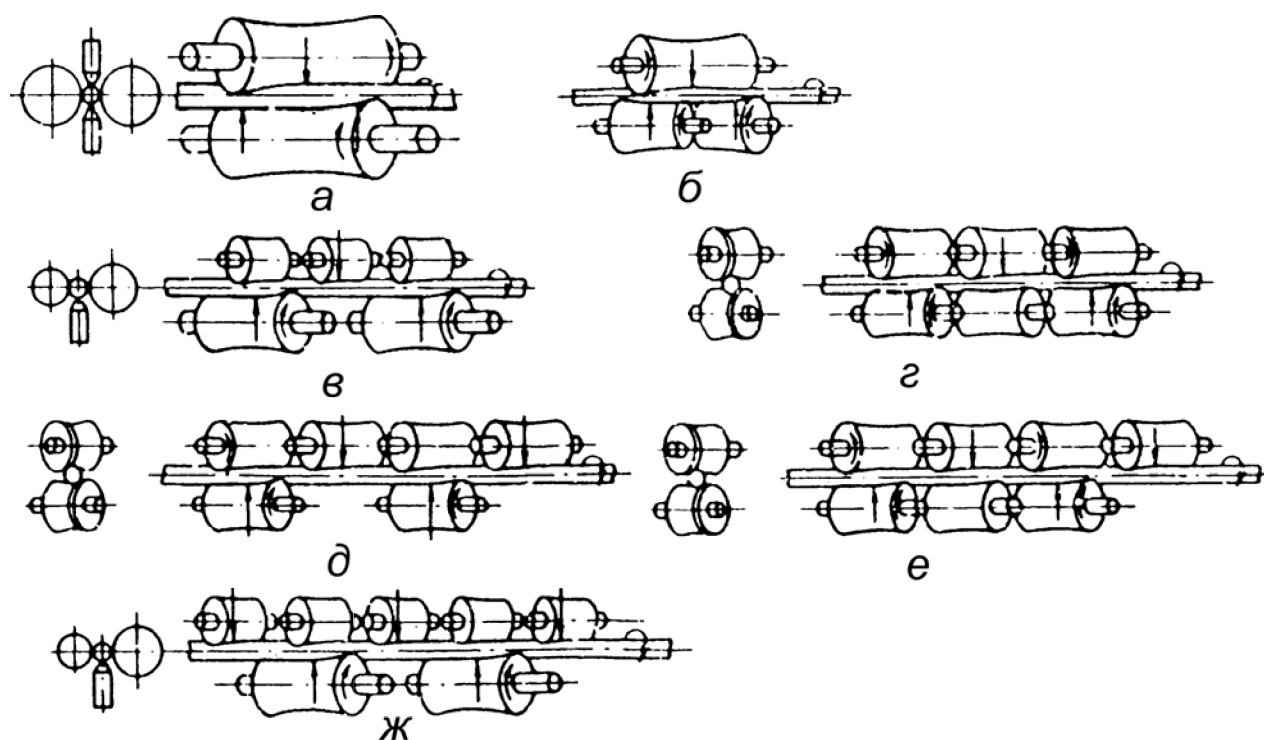


Рис. 3.21. Схемы правильных косовалковых многороликовых машин

3.7 Оборудование для заковки труб

Перед началом волочения конец трубы должен быть подготовлен так, чтобы он мог свободно проходить через канал волоки для захвата его плашками волочильной тележки. Уменьшение диаметра конца трубы (изготовление захваток) может быть сделано на следующем оборудовании: на вальцах, ротационно-ковочных машинах и на прессах.

Вальцы состоят из двух валков, вращающихся как и у обычного прокатного стана, в разные стороны. Валки приводятся во вращение от электрического привода. На валках (рис. 3.22) расточены специальные ручьи так, что сечение каждого ручья по всей окружности валка полукруглой формы, и радиус его постепенно уменьшается. Конец трубы 2, подлежащий заострению, вводится в круглый калибр, образованный ручьями двух валков в тот момент, когда размер этого калибра достигает максимума. Вальцы, вращаясь навстречу поданной заготовке, захватывают ее и за счёт уменьшения размера калибра обжимают конец, придавая ему форму конуса соответственно профилю нарезки на вальцах. При этом вальцы не затягивают заготовку, а выбрасывают ее. Заостренный конец подаётся в вальцы несколько раз с поворотом перед очередной подачей на 90° . На валках изготов-

ляют несколько разных по диаметру ручьев для возможности увеличения диапазона размеров протягиваемых труб.

На рис 3.22 показана схема привода вальцов. Валки 1 через редуктор 3 и ременную передачу 4 получают вращение от электродвигателя 5.

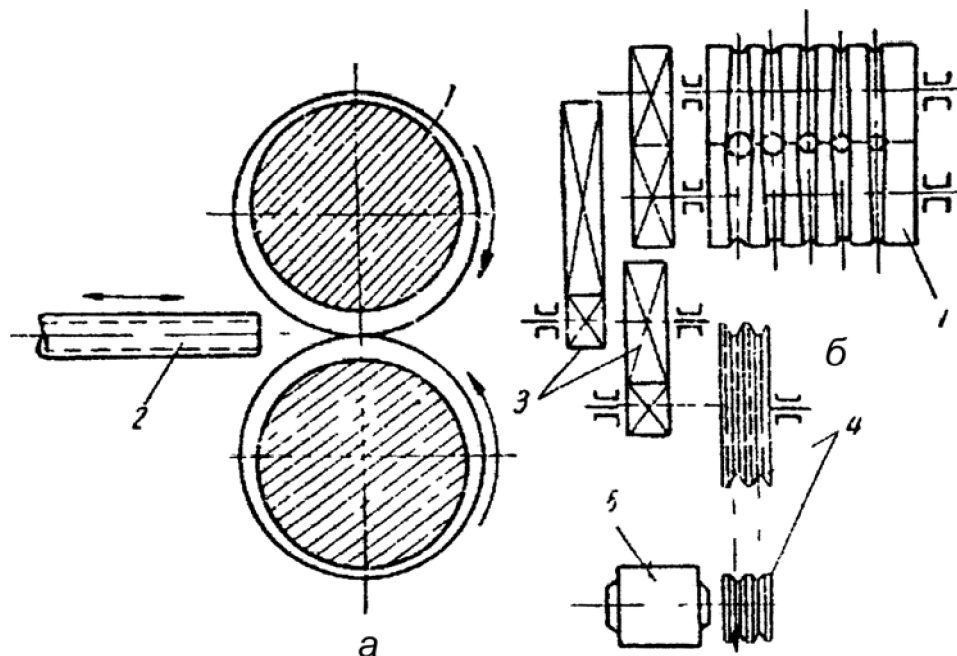


Рис. 3.22. Схема устройства вальцов для изготовления захваток

Схема работы ротационно-ковочной машины представлена на рис. 3.23. В радиальном пазу вала 1 свободно перемещаются два штампа 2 с ручьями и два прижимающих их друг к другу бойка 3. Ролики 4 находятся в обойме 5, которая может свободно вращаться в корпусе 6.

При вращении вала 1 под влиянием центробежной силы штампы 2 и бойки 3 расходятся. Когда бойки попадают в промежуток между роликами (как показано на рис. 3.23), зазор между штампами оказывается достаточным, чтобы продвинуть на небольшую величину конец трубы. Когда бойки попадают под ролики, они сближаются и нажимают на штампы, а штампы обжимают вставленный между ними конец трубы. Величина сообщаемого обжатия за один удар невелика, но вследствие большого числа единичных обжатий общая деформация, а следовательно и производительность, оказывается высокой. На рис 3.24 приведён штамп для подготовки захваток.

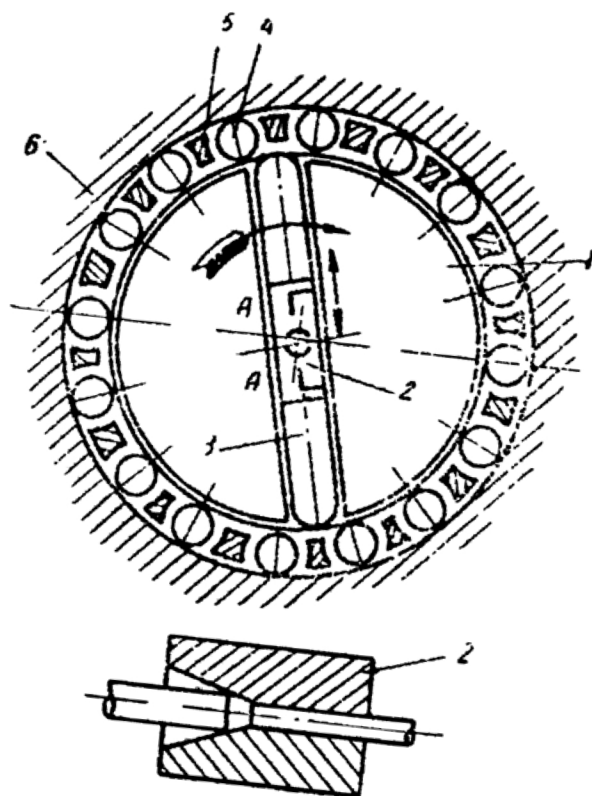


Рис. 3.23. Схемы работы ротационно-ковочной машины

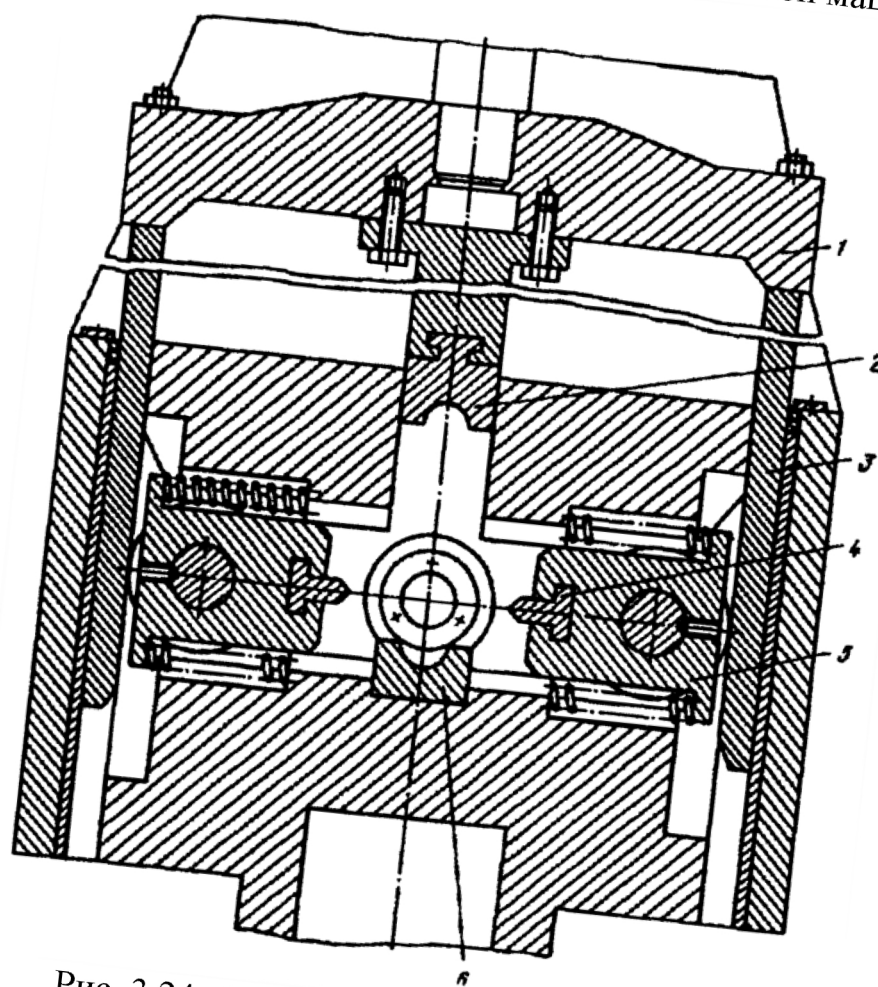


Рис. 3.24. Штамп для подготовки захваток

В штампе размещены вертикальные 6 и горизонтальные 4 пуансоны. Вертикальные пуансоны имеют форму круглого калибра. Горизонтальные – выполнены ложеобразными. Все пуансоны приводятся в движение от одного гидроцилиндра. При движении ползуна 1 вначале под действием клиньев 3 пуансоны 4 горизонтальных ползунов 5 делают на конце трубы восьмерку. Дальнейшим движением ползуна 1 подвижный вертикальный пуансон 2 опрессовывает конец трубы на круг. В это время ползуны 5 выходят из контакта с копиями и под действием пружин разводят горизонтальные пуансоны.

В последние годы получил распространение способ изготовления захваток методом запрессовки, т.е. проталкиванием в волоку. При этом исключаются транспортные операции и не нужно оборудование для заковки захваток.

3.8 Пути развития оборудования

Пути повышения производительности станов ХПТ – это увеличение числа двойных ходов клетки в минуту, перевод станов на многониточную прокатку, интенсификация режимов обжатий.

Рабочие клетки имеют значительную массу, поэтому при холодной прокатке электродвигатель и детали приводных механизмов в течение одного цикла испытывают резко неравномерную нагрузку то ускоряя, то замедляя значительные движущиеся массы рабочей клетки дважды. Кроме того, большие движущиеся массы ограничивают число циклов рабочей клетки в минуту. Для устранения этого недостатка в конструкциях станов применяют уравнивающие устройства следующих типов: грузовые, пневматические и пневмогидравлические. На рис. 3.25 приведена конструкция грузового уравнивающего устройства.

К коленчатому валу 3 через шатун присоединены дополнительные грузы 2, смещенные относительно кривошипов рабочей клетки 1 на угол 90° . Когда рабочая клетка проходит крайние положения, скорость её равна 0; уравнивающие грузы, равновеликие по массе, имеют максимальную скорость. Накопленная этими грузами энергия способствует разгону рабочей клетки. Далее клетка переходит в режим торможения и передает энергию для разгона уравнивающих грузов.

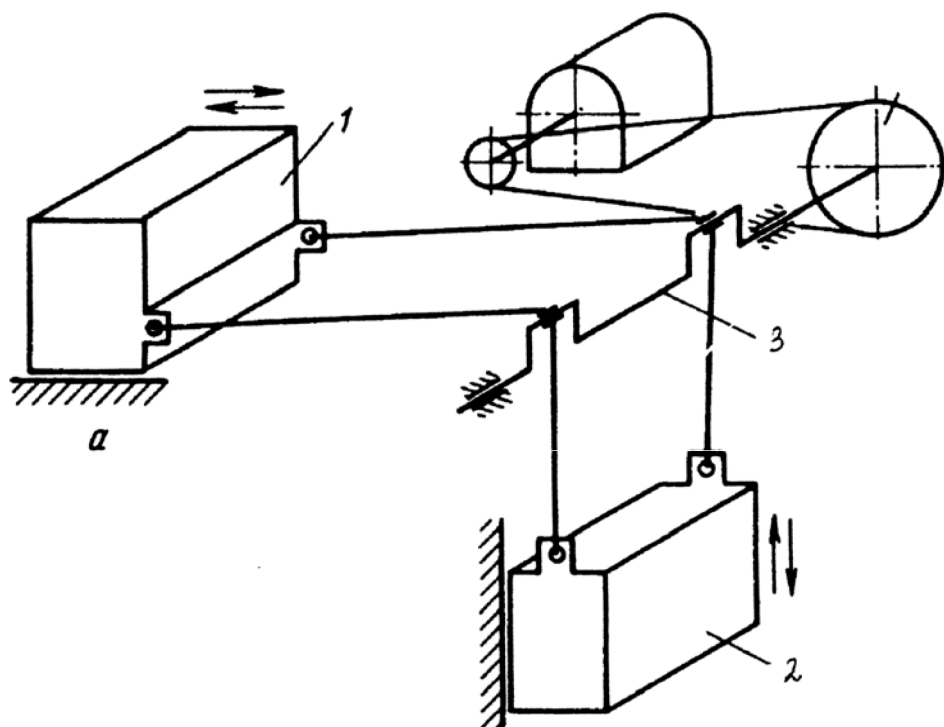


Рис. 3.25. Схема грузового уравновешивающего устройства

Пневматическое устройство (рис. 3.26) состоит из двух пневматических цилиндров 4 двухстороннего действия. Уравновешивание клетки 1 происходит за счёт сжатия воздуха поршнем 3, который штоком 2 связан с рабочей клетью.

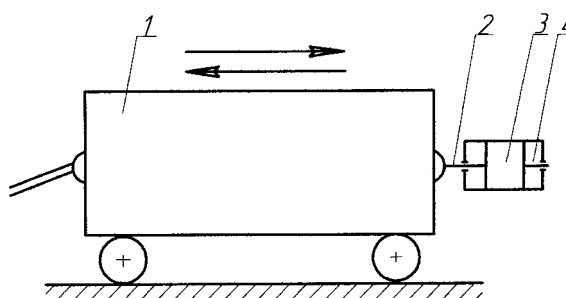


Рис. 3.26. Схема пневматического уравновешивающего устройства

Пневмогидравлическое устройство (рис. 3.27) состоит из гидроцилиндра 1, штока 2 с поршнем, газовых аккумуляторов 4 и 5 на полостях цилиндра. Шток 2 соединяют с рабочей клетью 3 и он выходит с задней стороны цилиндра. При движении клетки в крайнее положение её кинетическая энергия переходит в энергию сжатого газа в одном из аккумуляторов, которая при возврате клетки переходит в кинетическую энергию поступательно движущейся массы.

Применение уравнивающего устройства позволяет повысить быстроходность действующих станов на 15 – 30 % и улучшить условия эксплуатации узлов и деталей приводного механизма.

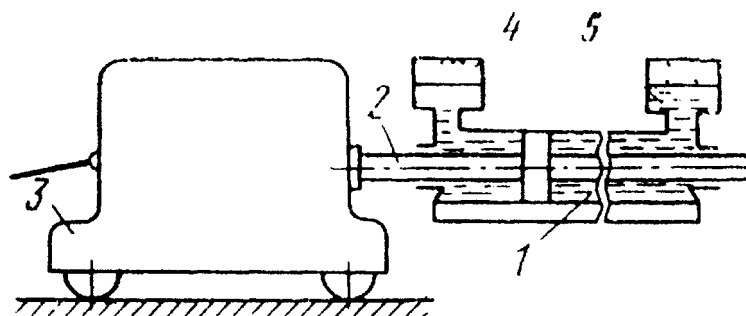


Рис. 3.27. Схема пневмогидравлического уравнивающего устройства

В США разработан многониточный стан холодной прокатки труб, предназначенный для одновременной прокатки трех, пяти и шести труб (рис. 3.28). Опорные 1 и рабочие 2 валки смонтированы в подвижной кассете 3. Усилие прокатки передаётся станине 5 через опорные валки и неподвижные рельсы 4, так как рабочие и опорные валки связаны зубчатыми колёсами, которые находятся в зацеплении с неподвижными рельсами. На рабочие валки устанавливаются по три, пять или шесть калибров в виде бандажей. Стан предназначен для прокатки труб диаметром 31 – 39 мм из цветных металлов. Скорость движения рабочей клетки – до 100 двойных ходов в минуту.

На рис 3.29 показана рабочая клетка стана ХПТ с винтовыми ручьями калибров конструкции В.И Соколовского. Рабочие вертикальные валки 1 с винтовыми ручьями установлены в клетке 2. Рабочие валки опираются на опорные, которые при возвратно-поступательном движении катятся по рельсам 3. На рельсах клетка удерживается направляющими 5, которые наклонены к оси прокатки на угол, равный углу подъёма винтовой линии ручья, и поэтому труба, находясь в ручье, не смещается с оси прокатки при вращении валка. Движение клетки сообщается рычажным механизмом 4, рабочие и опорные валки вращаются от закрепленных на них зубчатых колес, которые находятся в зацеплении с передвигными зубчатыми рейками.

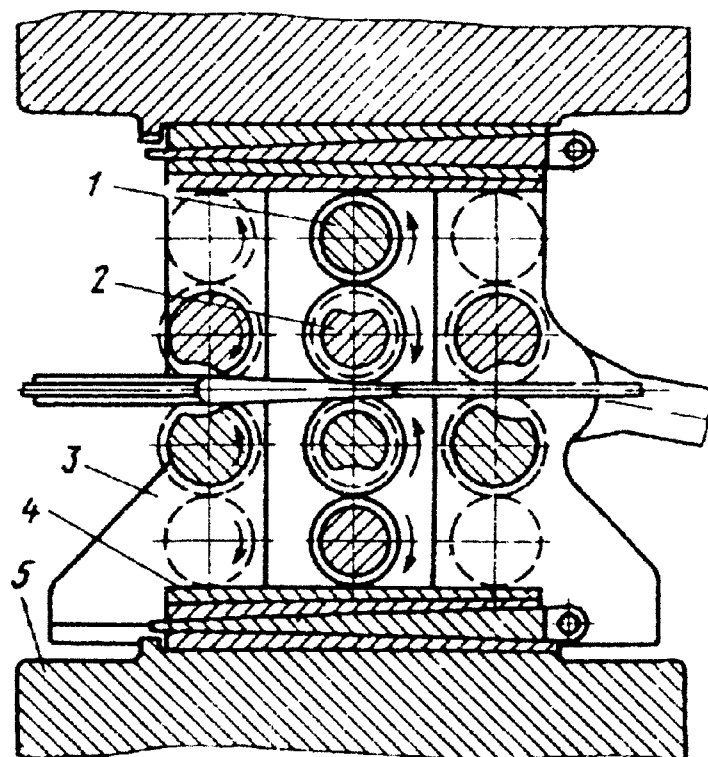


Рис. 3.28. Схема рабочей клетки многониточного стана

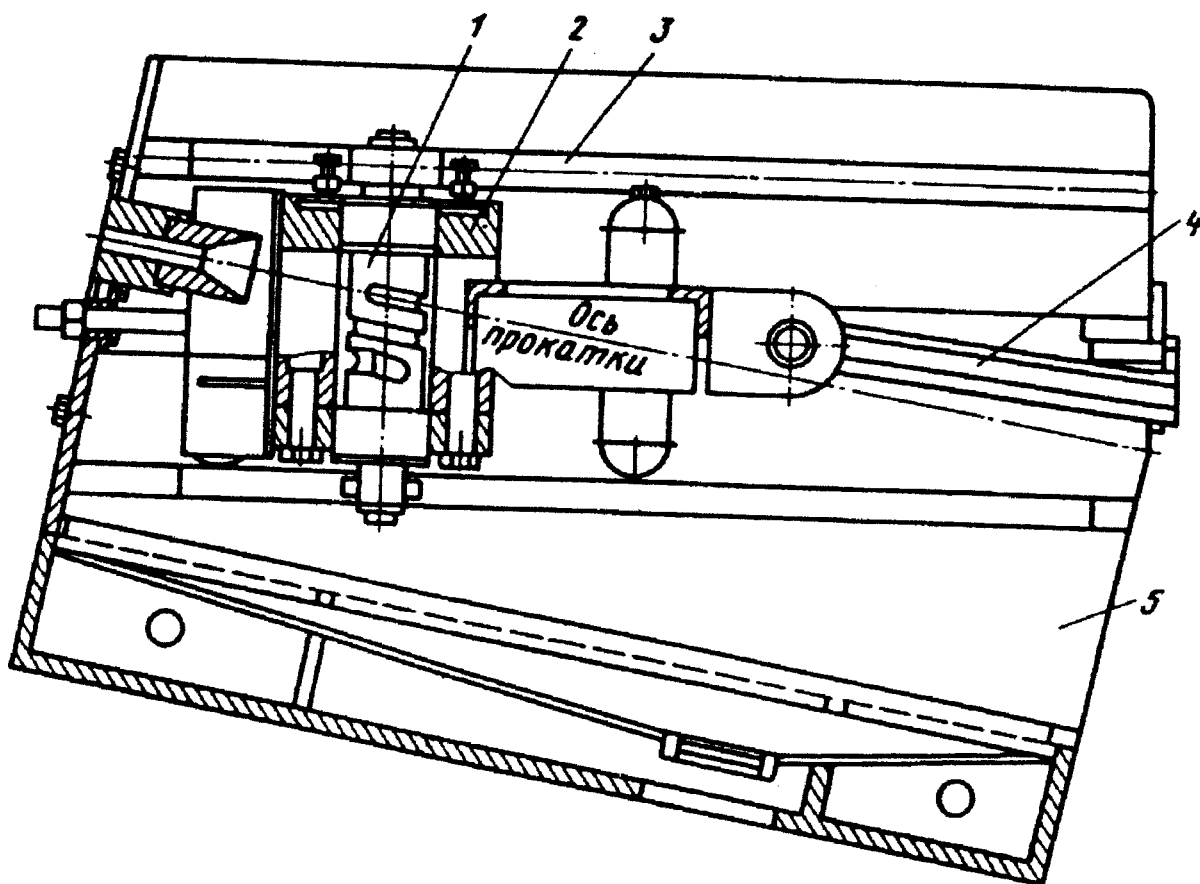


Рис. 3.29. Схема рабочей клетки стана ХПТ с винтовыми ручьями калибров

Применение валков с винтовыми ручьями позволяет в два раза увеличить число двойных ходов клетки и в 2 – 2,5 раза – линейное смещение металла.

Одним из способов увеличения массы подвижных частей клетки является изменение конструкции калибров, в частности, уменьшение диаметра и за счёт этого – массы. С этой целью предложена подковообразная форма калибров (рис. 3.30, а), которая позволяет уменьшить диаметр рабочих валков и калибров в 1,2 – 1,5 раза при сохранении длины ручья. Применение подковообразных калибров позволяет также получать трубы с более тонкой стенкой (до 0,2 мм), чем при прокатке труб в обычных валках. Производительность при этом повышается за счёт увеличения числа двойных ходов рабочей клетки.

В последнее время на некоторых отечественных заводах и зарубежных фирмах применяют калибры, выполненные в виде бандажей (рис. 3.30, б). Их масса значительно меньше калибров-полудисков, что позволяет увеличить быстроходность станов, а увеличение зоны обжатия (угол разворота $270 - 320^\circ$ вместо $168 - 178^\circ$) создает благоприятные условия для интенсификации режима обжатий за двойной ход клетки.

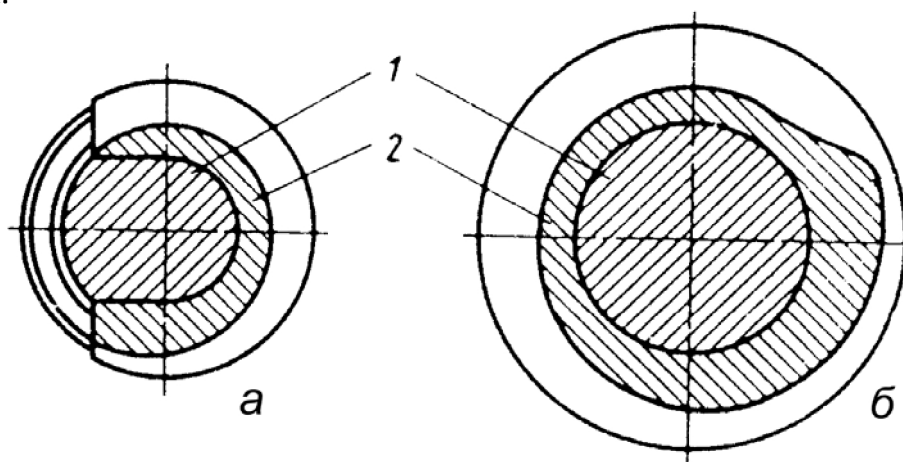


Рис. 3.30. Прогрессивные формы калибров: 1 – валок; 2 – калибр

Ввиду того что в производственных условиях почти невозможно изготовить станы со строгим совпадением осей волоки и захватных приспособлений тележки, а также учитывая некачественную подготовку концов заготовок, большинство волокодержателей к современным станам оснащаются устройствами, обеспечивающими центрирование осей волоки и протягиваемой заготовки. Эти устройства создаются двух типов: центрируемые под воздействием внешних сил и самоцентрирующиеся.

Волокодержатели, установленные в устройствах, где ось канала волокна совмещается с осью протяжки под воздействием внешних сил, являются наиболее распространенными на практике. Почти все изготавливаемые в настоящее время станы для волочения прутков и труб оборудуются волокодержателями с регулирующими сферическими обоймами. Перед началом волочения с помощью контрольной трубы производят совмещение осей волокна и захватных приспособлений тележки. После регулировки сферическая обойма фиксируется. По кривизне первой протянутой трубы от партии судят о необходимости дальнейшей регулировки обоймы.

Конструкция волокодержателей представлена на рис. 3.31. Волокно 2 устанавливается в опорный стакан, помещенный в сферическую обойму 4. За обоймой находится запорное направляющее кольцо 5 замкового типа. Кольцо вставляется в паз доски волокон и после поворота запирается от выпадения. В кольцо ввинчены винты 6, при помощи которых регулируется и фиксируется сферическая обойма с волокном.

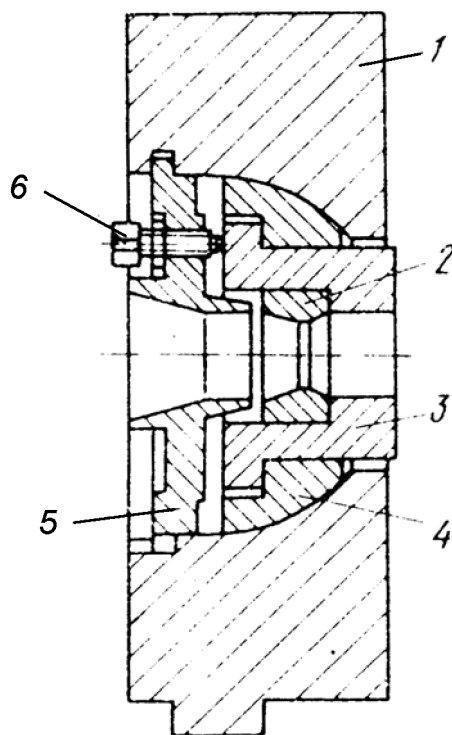


Рис. 3.31. Конструкция волокодержателя с регулируемой сферической обоймой

В самоцентрирующихся устройствах волокна помещается в обойму, способную поворачиваться (самоустанавливаться) в пространстве в процессе волочения до совмещения оси волокна с осью протяжки.

Самарским аэрокосмическим университетом разработан волокодержатель с шарнирным самоцентрирующимся стаканом (рис. 3.32).

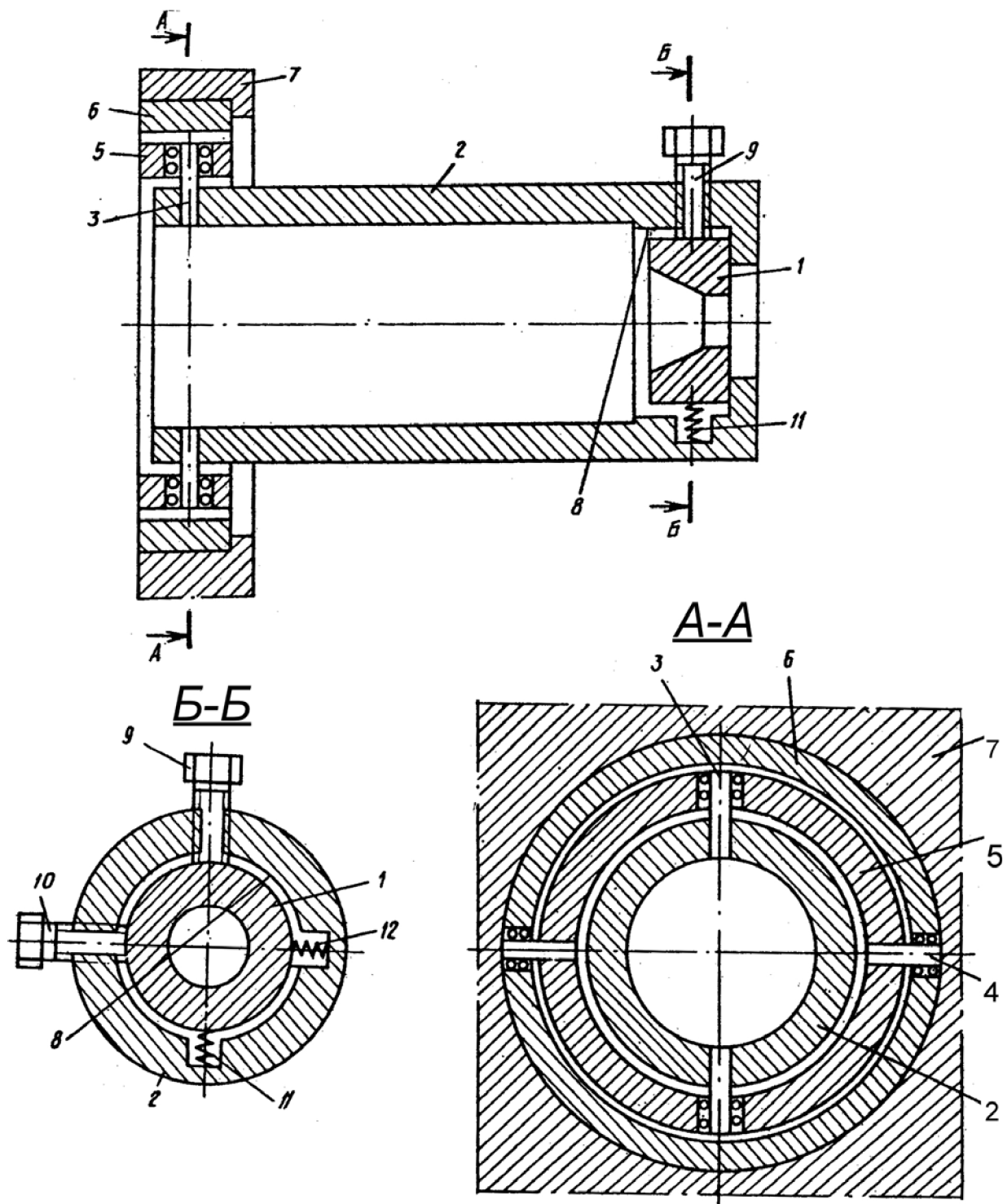


Рис. 3.32. Конструкция самоцентрирующегося волокодержателя

В устройство для волочения труб входит волока 1 и волокодержатель 2, выполненный в виде удлиненного стакана. На одном конце волокодержателя 2 смонтированы полуоси 3 и 4 и опорные элементы 5 и 6 для шарнирного закрепления в волочильной доске 7, а на другом конце выполнено гнездо 8 для установки волоки 1, снабженное винтами 9 и 10 и пружинами 11 и 12 для настройки волоки 1.

В моменты времени, когда распределение силы волочения, действующей на очаг деформации, становится неравномерным по периметру, в очаге деформации кроме продольной возникает поперечная сила, стремящаяся свернуть волоку с первоначального положения. В результате смещения волоки 1 по отношению к полуосям 3 и 4, являющимся шарнирной опорой, волока 1 для своего поворота относительно этой опоры имеет значительное плечо поперечной силы. Ось волоки 1 остается при её повороте совпадающей с действием основной силы волочения.

Силы трения в полуосях 3 и 4 шарнирной опоры всегда могут быть преодолены, так как облегчение поворота волокодержателя 2 легко достигается применением более длинного станка волокодержателя 2. Направление силы волочения всегда проходит через центр шарнирной опоры.

Предварительная настройка перед волочением оси волоки 1 осуществляется винтами 9 и 10, позволяющими перемещать ось волоки 1 параллельно самой опоре, обеспечивая попадание оси волоки в центр шарнирной опоры и устойчивое совпадение оси волоки 1 с направлением силы волочения. Волокодержатель 2 приобретает в процессе волочения устойчивое положение.

Правильность настройки волоки 1 относительно центра шарнирной опоры определяют по кривизне проволоченных труб. При совпадении оси волоки 1 с центром шарнирной опоры проволоченные трубы не имеют кривизны.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите состав оборудования для производства труб из алюминиевых сплавов.
2. Какие узлы и механизмы у горизонтальных трубопрофильных прессов?

3. Какие особенности конструкций у станов ХПТ?
4. Какие особенности конструкции станов ХПТР по сравнению со станами ХПТ?
5. Как устроена рабочая клеть станов ХПТ и ХПТР?
6. Каким образом уравнивают подвижные части рабочей клетки стана ХПТ?
7. Как закрепляют калибры в валках?
8. Назовите пути совершенствования станов ХПТ.
9. Опишите принцип работы стана ХПТ.
10. Как обозначают станы ХПТ и ХПТР?
11. Дайте классификацию трубоволоочильных станов.
12. Перечислите основные узлы волоочильных станов линейного типа.
13. Чем отличается конструкция барабанных станов?
14. Каковы преимущества непрерывных станов?
15. Какие отличительные особенности станов для волочения труб на короткой неподвижной и длинной подвижной оправках?
16. Как работает плашковый механизм захвата труб?
17. Приведите конструкции самоустанавливающихся волокодержателей.
18. Какое оборудование применяют для правки труб?

Список рекомендуемой литературы

1. Богоявленский, К.Н. Механическое оборудования для обработки давлением цветных металлов и сплавов / К.Н. Богоявленский, Г.И. Зверев – М.: Госиздат по черной и цветной металлургии, 1959.
2. Бочаров, Ю.А. Гидропривод кузнечно-прессовых машин / Ю.А. Бочаров, В.Н. Прокофьев – М.: Высш. шк., 1969.
3. Вердеревский, В.А. Трубопрокатные станы / В.А. Вердеревский, А.З. Глейбер, А.С. Никитин – М.: Металлургия, 1983.
4. Гришпун, М.И. Станы холодной прокатки труб / М.И. Гришпун, В.И. Соколовский – М.: Металлургия, 1967.
5. ГОСТ 8059 – 83. Шарниры универсальные с вкладышами скольжения для прокатного оборудования. Основные размеры. Общие технические требования – М.: Изд-во стандартов, 1983.
6. ГОСТ 5399 – 69. Валки прокатные. Основные размеры – М.: Изд-во стандартов, 1969.
7. Жолобов, В.В. Оборудование гидропрессовых цехов / В.В. Жолобов, Г.И. Зверев – М.: Металлургия, 1974.
8. Королев, А.А. Механическое оборудование прокатных цехов чёрной и цветной металлургии / А.А. Королев – М.: Металлургия, 1976.
9. Королев, А.А. Механическое оборудование прокатных и трубных цехов / А.А. Королев – М.: Металлургия, 1987.
10. Королев, А.А. Конструкция и расчёт машин и механизмов прокатных станов / А.А. Королев – М.: Металлургия, 1985.
11. Королев, А.А. Механическое оборудование заводов цветной металлургии / А.А. Королев, А.Г. Навроцкий, В.А. Вердеревский [и др.] – М.: Металлургии, 1989. Ч.3.
12. Коликов, А.П. Машины и агрегаты трубного производства / А.П. Коликов, В.П. Романенко, С.В. Самусев [и др.] – М.: МИСИС, 1998.
13. Когос, А.Н. Механическое оборудование волочильных и лентопрокатных цехов / А.Н. Когос – М.: Металлургия, 1980.
14. Мюллер, Э. Гидравлические прессы для изделий из цветных металлов / Э. Мюллер – М.: Машгиз, 1962.
15. Механическое оборудование цехов холодной прокатки / под ред. Г.Л. Химича – М.: Машиностроение, 1972.

16. Осада, Я.Е. Современные трубные цехи / Я.Е. Осада – М.: Металлургия, 1984.
17. Паршин, В.С. Машины и агрегаты для обработки цветных металлов и сплавов / В.С. Паршин, В.П. Костров, Б.С. Сомов – М.: Металлургия, 1988.
18. Перциков, З.И. Волоочильные станы / З.И. Перциков – М.: Металлургия, 1986.
19. Розанов, Б.В. Гидравлические прессы / Б.В. Розанов – М.: Машгиз, 1959
20. Сомов, Б.С. Трубопрофильные прессы / Б.С. Сомов – М.: Металлургия 1981.
21. Крупман, Ю.Г. Современное состояние мирового производства труб / Ю.Г. Крупман, Л.С. Ляховецкий, О.А. Семенюк [и др.] – М.: Металлургия, 1992. – 353 с.
22. Целиков, А.И. Машины и агрегаты металлургических заводов / А.И. Целиков, П.И. Полухин, В.Н. Гребенников [и др.] – М.: Металлургия, 1981. Т. 3.
23. Целиков, А.И. Современное развитие прокатных станов / А.И. Целиков, В.И. Зюзин – М.: Металлургия, 1972.
24. Шевакин, Ю.Ф. Станы холодной прокатки / Ю.Ф. Шевакин, Ф.С. Сейдалиев – М.: Металлургия, 1966.
25. Щеглов, В.Ф. Кузнечно-прессовые машины / В.Ф. Щеглов, Л.Ю. Максимов, В.П. Ланц – М.: Машиностроение, 1968.

Учебное издание

Каргин Владимир Родионович

**МЕХАНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
ПРОКАТНО-ПРЕССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

Редактор Н. С. К у п р и я н о в а

Компьютерная верстка Т. Е. П о л о в н е в а

Подписано в печать 10.04.06 г. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,6. Усл. кр.-отт. 11,8. Уч.-изд.л. 12,0 .

Тираж 200 экз. Заказ . Арт. С- 19/2006

Самарский государственный
аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного
аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.