

**КОНСТРУКЦИИ,
РЕМОНТ
И ОБСЛУЖИВАНИЕ
СТАНОВ
ХОЛОДНОЙ
ПРОКАТКИ
ТРУБ**

«Металлургия»

КОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

*Вадицу Анайолбевицу!
На память о дружеской помощи
каждого рабочего, осваивающего
меня самые современные
технологии.*

Ильичев



МОСКВА "МЕТАЛЛУРГИЯ" 1994

УДК 621.774.01/09

Конструкции, ремонт и обслуживание станов холодной прокатки труб/
Кондратов Л.А., Чечулин Ю.Б., Богданов Н.Т.,
Макаркин Н.С. — М.: Металлургия. 1994. 352.

Обобщены сведения о конструкциях, параметрах и нагруженности современных станов холодной прокатки труб валкового типа. Рассмотрены современные устройства смазки и охлаждения, рекомендации по их выбору. Содержатся сведения о механизации обслуживания и ремонта станов, о конструкциях станков для изготовления прокатного инструмента. Приведены расчетные и технологические обоснования приемов восстановления размеров деталей станов, их ремонта и настройки.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников трубных и машиностроительных заводов, научно-исследовательских и конструкторских организаций, а также может быть полезна студентам соответствующих специальностей вузов и техникумов. Ил. 167. Табл. 58. Библиогр. список: 39 назв.

ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ИЗДАНИЕ

КОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТ И ОБСЛУЖИВАНИЕ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

КОНДРАТОВ Леонид Алексеевич
ЧЕЧУЛИН Юрий Борисович
БОГДАНОВ Николай Трофимович
МАКАРКИН Николай Степанович

Редактор издательства **Т.А.Дьяконова**
Художественный редактор **С.К.Девин**
Технические редакторы **Н.А.Сперанская, О.Б.Маркова**
Корректоры **Т.В.Морозова, В.С.Колганова**

ИБ № 4327

Лицензия ЛР № 010157 от 04.01.92

Формат бумаги 60×88 1/16

Усл.печ.л. 21,56

Тираж 500 экз.

C-020

Уч.изд.л. 21,02

Заказ 1316

Подписано в печать 26.07.94

Бумага типографская № 2

Усл.кр.-отт. 21,81

Изд. № 2486

Набрано в издательстве "Металлургия"
операторами Н.Н.Красовой, Л.В.Сизовой
Ордена Трудового Красного Знамени издательство "Металлургия"
119857 Москва, ГСП, Г-34, 2-й Обыденский пер., д. 14

Московская типография № 9при Комитете Российской Федерации по печати
109033, Москва, ул. Волочаевская, 40

С 2607020000 без объявления
040(01)-94

© Л.А.Кондратов, Ю.Б.Чечулин, Н.Т.Богданов, Н.С.Макаркин,
ISBN 5-229-01191-2
Издательство "Металлургия", 1994

О г л а в л е н и е

Введение	5
Г л а в а 1. Станы холодной прокатки труб	11
1. Состав оборудования станов ХПТ третьей и четвертой моделей малых типоразмеров	11
2. Двухниточные станы ХПТ 2-40-8А, ХПТ 2-90	48
3. Двухниточный стан ХПТ 2-25-40	54
4. Стан ХПТ 250	58
5. Стан ХПТ 450 П	70
Г л а в а 2. Совершенствование конструкций станов ХПТ	89
1. Состав оборудования и технические характеристики станов	89
2. Новые конструкции приводных механизмов	97
3. Рабочие клетки	102
4. Конструкции механизмов подачи и поворота заготовки	111
5. Зарубежные станы ХПТ, работающие на отечественных заводах	118
Г л а в а 3. Смазка, гидропривод и гидроаппаратура	131
1. Оборудование системы централизованной жидкой смазки	131
2. Оборудование централизованной автоматической системы густой смазки	140
3. Оборудование эмульсионной системы	143
4. Гидравлический привод	145
5. Оборудование для очистки рабочей жидкости	158
6. Смазочные материалы и рабочие жидкости	167
Г л а в а 4. Нагрузки в станах ХПТ	178
1. Сортамент труб и характерные режимы прокатки	178
2. Нагруженность клетей	182
3. Нагруженность рабочей линии привода	193
4. Нагруженность механизмов подачи и поворота заготовки	197
Г л а в а 5. Критерии состояния оборудования станов ХПТ	224
1. Влияние смещения валков на разностенность труб	226
2. Смещение валков и точность труб по диаметру	232
3. Влияние смещения валков на изогнутую ось трубы	234
4. Оценка допустимого износа деталей	241
Г л а в а 6. Оборудование ремонтных служб	245
1. Механизация ремонтных и монтажных работ	245
2. Приспособления для монтажа и демонтажа подшипников	255
3. Специальные станки для изготовления прокатного инструмента	259

Глава 7. Техническое обслуживание и ремонт	285
1. Организация технического обслуживания и ремонта станов ХПТ	285
2. Организация ремонта и технического обслуживания за рубежом	290
3. Периодичность и перечень работ по техническому обслуживанию и ремонту	292
4. Техническое обслуживание систем смазки и гидравлики	300
Глава 8. Технология ремонта	311
1. Стойкость и восстановление основных деталей станов ХПТ	311
2. Разборка оборудования и дефектация деталей	315
3. Восстановление деталей сваркой и наплавкой	318
4. Обслуживание подшипников качения	329
5. Восстановление деталей с использованием прессовых соединений	340
6. Повышение прочности зубчатых колес	345
7. Особенности монтажа и настройки станов ХПТ	349
Библиографический список	353

Холодная прокатка труб представляет собой периодический процесс деформации, в результате которого получают трубы повышенной точности по диаметру и по толщине стенки. Наибольшее уменьшение поперечных сечений стальных труб достигает 88 %, а уменьшение толщины стенки 70 %, при этом допуск на диаметр обычно находится в пределах $\pm 0,5-0,8$ % от диаметра готовой трубы, а допуск на толщину стенки $\pm 0,5-10$ % от заданного ее готового значения.

Прокатка труб осуществляется на конической оправке с помощью калибров, имеющих переменное сечение ручья (от радиуса заготовки до значения радиуса готовой трубы). Оправка закрепляется вдоль оси трубы. Калибры, закрепленные на валах, совершают сложное движение вдоль оправки: возвратно-вращательное вокруг собственных осей и поступательное совместно с клетью, в которой они установлены на подшипниках качения. Зона деформации металла (рис. 1), называемая рабочим конусом, представляет полый конус с переменной толщиной стенки от ее размера на трубной заготовке до готового значения, составляющего от 80 до 25 % исходной величины. Принудительное вращение валков обеспечивается зацеплением их ведущих зубчатых шестерен со стационарно установленными зубчатыми рейками (рис. 2), а синхронизация вращения верхнего и нижнего валков обеспечивается зубчатыми колесами. Вдоль хода клетки можно выделить семь характерных участков, длина каждого из которых опре-

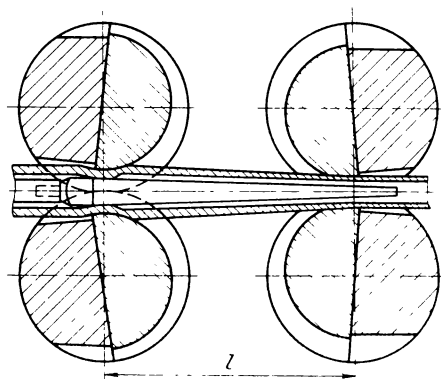


Рис. 1. Схема холодной прокатки труб

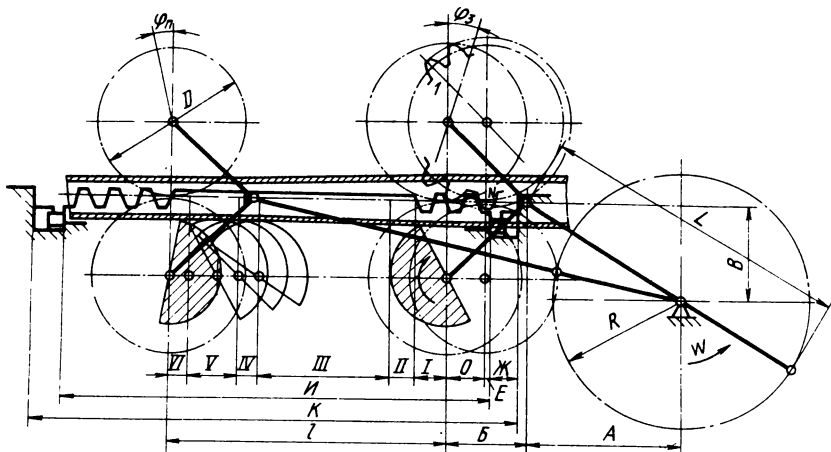


Рис. 2. Схема движения рабочих валков: 0–VI – характерные участки калибровки

деляется типоразмером стана и принятой калибровкой. Участки I и VI соответствуют зонам подачи и поворота заготовки. На этих участках диаметр ручья превышает соответствующие диаметры трубы, благодаря чему исключен контакт трубы с калибрами при перемещении заготовки на заданную величину подачи и при ее кантовке на угол поворота, значения которого лежат обычно в пределах от 50 до 90°. Зона II соответствует посадке заготовки на оправку при свободном редуцировании диаметра. Осадка по диаметру без подпора изнутри (со стороны оправки) сопровождается утолщением стенки. Самый большой участок траектории III соответствует зоне деформации трубы по диаметру и стенке. В предкалибрующем участке IV осуществляется деформирование стенки готовой трубы без ее утонения, а в зоне V – калибровка наружного диаметра без подпора со стороны конического участка оправки. Профилированный участок калибра, соответствующий длине хода клетки на VI участке, имеет диаметр больший размера готовой трубы в зоне ее поворота. Кроме того, аналогичной обработке подвергнут сам валок (за плоскостью его стыка с калибрами), что позволяет удлинить зев поворота за пределы калибра. Здесь не рассматриваются принципы и параметры калибровки, относящиеся к технологическим особенностям прокатки.

Соответствия участков профилированной части калибров углу поворота кривошипа, задающего положение клетки, добиваются правильной настройкой положения реек с помощью регулирующих клиньев (зона Ж) при известном значении их длин (И). Основные кинематические соотношения приводного механизма даны в разделе главного привода стана. Наличие боковых зазоров в зацеплениях рейка—шестерня, обусловленных возможностью зацепления и износом зубьев, приводит к отклонениям длин соответствующих участков от теоретически рассчитанных значений, и вместе с тем влияет на качество процесса прокатки. Поэтому точность настройки и износостойкость элементов кинематических пар требуют тщательного контроля.

Время одного полного хода клетки вперед и назад называют циклом обжатия. В начальной стадии цикла, соответствующей отрезку l перемещения клетки, поверхность прокатного инструмента не контактирует с заготовкой. В это время последнюю перемещают поступательно на длину выбранной циклической подачи m , что соответствует объему V металла, подвергаемому деформации за время одного цикла

$$V = \pi t_3(D_3 - t_3)m, \quad (1)$$

где D_3 и t_3 — наружный диаметр и толщина стенки заготовки.

В процессе прокатки на конической оправке постепенно уменьшается диаметр и толщина стенки, а выходящая из ручья калибра труба получает дополнительное удлинение — так называемое смещение (s)

$$s = m\mu. \quad (2)$$

Коэффициент вытяжки μ , представляющий отношение площади поперечного сечения заготовки и площади сечения прокатываемой трубы, вычисляется по следующей зависимости:

$$\mu = \frac{t_3(D_3 - t_3)}{t_T(D_T - t_T)}, \quad (3)$$

где D_T и t_T — наружный диаметр и толщина стенки готовой трубы.

Для исключения затекания деформируемого металла в зазор между цилиндрическими (нерабочими) поверхностями калибров выполняют развалку ручья вблизи кромок. В результате ширина ручья по образующей бочки калибров в любом его сечении превышает формируемый в нем диаметр трубы. Для последовательной раскатки металла, заполняющего выпуск и нарушающего круглость сечения трубы, в конце хода клетки вперед заготовку поворачивают вокруг ее оси примерно на $1/6$ периметра. Во избежание интенсивного износа калибров и огранки прокатываемых труб угол кантовки выбирают отличным от 60° . Раскрытая часть калибров, соответствующая зоне поворота (V_I), именуется зевом поворота.

Технологические особенности прокатки на неподвижной оправке и весьма значительные динамические нагрузки в системе, обусловленные цикличностью процесса, высокие требования к точности проката и качеству его поверхности сдерживают рост производительности станов холодной прокатки труб (ХПТ). Этим объясняется поиск новых конструктивных решений, повышенное внимание к ремонту и обслуживанию. Ниже рассмотрены конструкции серийных станов, находящихся в эксплуатации, пути их модернизации и совершенствования, а также оригинальные конструкции, многолетней эксплуатацией подтвердившие заложенные показатели работоспособности.

Использование станов ХПТ, имеющих в основе общие принципы для получения труб из различных металлов и сплавов (стальных, титановых, медьсодержащих и др.), выдвигают отраслевые требования к выбору их параметров, характеристик и вариантов исполнения, что нашло отражение во вновь создаваемых конструкциях. Основные направления совершенствования процесса и оборудования для повышения качества проката и производительности процесса включают удлинение хода рабочей клетки с целью увеличения обжата металла за один проход, увеличение числа одновременно прокатываемых труб, сокращения длительности перезарядки, повышение жесткости системы "инструмент — рабочая клеть" и быстроходности оборудования, использование новых конструкций инструмента и рационализацию его калибровок. Систематизация по этим признакам позволяет сформулировать общую классификацию станов холодной прокатки труб.

Все станы холодной прокатки труб можно отнести к двум типам: непрерывные и периодического действия. Непрерывные станы холодной прокатки труб, имея высокую скорость прокатки (до 2 м/с), предназначены главным образом для уменьшения (подготовки) толщины стенки при незначительном уменьшении диаметра (редуцирования) труб.

Для изготовления труб широкого типоразмера используют станы периодической прокатки ХПТ с быстросменным инструментом. Обладая низкой скоростью прокатки (до 500 м/ч), станы ХПТ обеспечивают большое редуцирование по диаметру с максимальным его уменьшением в 2–3 раза при одновременном уменьшении толщины стенки, максимальное значение которого достигает 70 %. Простота переналадки, заключающаяся в смене рабочего инструмента, обеспечивает их универсальное применение для получения труб любых размеров в пределах технической характеристики.

Станы ХПТ по размерам прокатываемых труб подразделяют на станы малых типоразмеров – для получения труб диаметром от 14 до 90 мм и станы крупных типоразмеров – для получения труб диаметром до 450 мм. В обозначении отечественных станов указан наибольший допустимый диаметр прокатываемых труб, например ХПТ 55 или ХПТ 250; в зарубежных станах – наибольший диаметр заготовки. Станы выпускают левого и правого исполнения – по расположению рабочего места оператора. Массовое использование получили станы ХПТ малых типоразмеров. Многообразие их конструкций требует упорядочения и обобщения их типизации в виде основных признаков классификации:

- по характеру движения инструмента (валков) – станы с неподвижными осями валков (ХПТС, НХПТ); с вращающимися осями валков (ХПТВ и планетарные); с поступательным движением осей валков (ХПТ);

- по числу одновременно прокатываемых труб – одно-, двух- и трехниточные;

- по длине рабочего конуса прокатываемых труб – короткоходовые, длинноходовые (с углом поворота калибра вокруг собственной оси свыше 180°);

- по температурным условиям процесса – станы холодной и теплой прокатки (с индукционным нагревом заготовки);

- по типу прокатываемых труб – для труб постоянного и

переменного сечения (в обозначении типа стана с добавкой индекса П: например, ХПТ 120 П);

по типу загрузки—станы с торцевой и боковой загрузкой.

Кроме того, станы ХПТ различают по исполнению основных механизмов: главного привода, рабочих клеток и распределительно-подающих устройств:

по типу приводного устройства клетки — без уравнивания, с уравниванием на рабочей клетке, с уравниванием на кривошипном валу, с уравниванием на валу двигателя;

по типу уравнивающего устройства — пневматическое, грузовое с возвратно-поступательным движением противовеса, грузовое с качающимся дисбалансом, с вращающимися противовесами;

по типу рабочей клетки — двухвалковые с подвижной клетью, четырехвалковые с подвижной клетью, с подвижной валковой кассетой и силовыми направляющими, со стационарной (неподвижной) клетью;

по механизму подачи и поворота заготовки — рычажного типа, редукторного типа с муфтами свободного хода, редукторного типа с дифференциальной передачей, зубчатого типа с мальтийским механизмом, дифференциального типа с периодическим торможением эпицикла и водила, с планетарно-гипоциклоидным преобразователем, с упругими элементами, со стационарным патроном;

по способу работы патронов заготовки — с периодическим возвратом (на всю длину), непрерывного циклического действия (трактовые механизмы и механизмы со стационарным патроном), с совмещенным возвратом (два патрона работают с перехватом);

по расположению главного пульта — правые (справа от стана по ходу прокатки), левые.

Глава 1. СТАНЫ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ

1. Состав оборудования станов ХПТ третьей и четвертой моделей малых типоразмеров

Станы холодной прокатки труб (конструкции ЭЗТМ) третьей и четвертой моделей (ХПТ 3 и ХПТ 4) предназначены для прокатки бесшовных или сварных труб диаметром от 16 до 90 мм в холодном или подогретом состоянии из углеродистых и легированных сталей, а также металлов и сплавов с временным сопротивлением до 1000 МПа. Эти станы выполняют однони-точными, с боковой загрузкой, с подвижной силовой клетью и пневматическим уравниванием главного привода.

Станы ХПТ 3 могут быть изготовлены 12 типов, включая правое и левое исполнение (например, ХПТ 32-3-5 левый) и возможность прокатки трубной заготовки длиной до 5 или 8 м.

По планировке и составу оборудования станы ХПТ 4 (четвертой модели) во многом унифицированы со станами третьей модели, что существенно облегчает их эксплуатацию и ремонт вместе с действующими станами ХПТ 3. Конструктивное отличие станов новой, четвертой модели имеет рабочая линия, в которую входят клеть со станиной, передний и промежуточный патроны, приводной механизм и главный привод стана. При этом рабочая клеть станов ХПТ 4 имеет две модификации: клеть тандем с последовательным расположением двух валков в одном подвижном корпусе и клеть "дуо", несколько отличающаяся от клетки третьей модели в связи с увеличенной длиной хода. Обозначения станов четвертой модели отличаются цифровым указанием на модель и следующим за этим буквенным обозначением типа комплектующей клетки: Т — тандем и Д — дуо. Пример обозначения типа стана четвертой модели: стан ХПТ 55-4Т-8 правый — стан холодной прокатки труб для получения наибольшего диаметра проката 55 мм, четвертой модели с клетью типа тандем, допускающие длину заготовки 8000 мм.

В процессе холодной прокатки заготовка деформируется в холодном состоянии (при температуре цеха). При прокатке в подогретом состоянии, так называемой теплой прокатке, заготовка перед деформацией валками подогревается индукто-

ром до 100—400 °С. Применяют также безэмульсионную прокатку, которая является как бы промежуточной между холодной и теплой прокаткой. При этом заготовку не нагревают, как при теплой прокатке, но и не охлаждают очаг деформации эмульсий, как это делается при холодной прокатке. Каждый из указанных способов прокатки применяют в зависимости от материала прокатываемых труб и маршрутов прокатки. Способы теплой и безэмульсионной прокатки основаны на использовании свойств металлов и сплавов уменьшать свое сопротивление деформации при повышенной температуре. Например, у стали X18H10T при 300 °С сопротивление деформации уменьшается вдвое по сравнению с холодной прокаткой.

Заготовка, предназначенная для прокатки в соответствии с технологией, предварительно должна пройти стадии специальной подготовки к холодному деформированию (отожжена, протравлена, смазана и т.п.). Прокатку проводят на конической удереживаемой оправке двумя калибрами, закрепленными на валках. Благодаря левому и правому исполнению возможна групповая установка оборудования с расположением пультов управления между станами, что обеспечивает возможность обслуживания двух станов одним оператором. При этом карманы стола выдачи могут быть расположены с любой стороны стана и иметь размеры для приема труб до 20 или 18 м.

Состав и расположение оборудования станов ХПТ третьей модели приведены в табл. 1, а станов четвертой модели — в табл. 2 и на рис. 3.

Общий габарит стана, задаваемый показателями *A* и *B*, имеет незначительные различия для всех трех типов станов малых типоразмеров с одинаковой длиной заготовки и определяется в конечном итоге только длиной хода рабочей клетки *F*.

Основной исполнительный механизм (см. рис. 3) — рабочая клетка *1* в процессе прокатки совершает возвратно-поступательное движение в направляющих станины *2*. В передней части станины *2* на ее передней лобовине, удаленной от крайнего переднего положения клетки на расстояние *E*, закреплен передний патрон *3*, а за задней лобовиной — промежуточный патрон *4*, служащие для зажима и поворота готовой трубы и заготовки соответственно. В задней части той же станины *2* расположена зубчатая цилиндрическая раз-

Т а б л и ц а 1. Размеры станов ХПТ третьей модели

Размер стана	32-3-5	55-3-5	90-3-5	32-3-8	55-3-8	90-3-8
<i>A</i>	35200	40100	40800	56700	57600	58400
<i>B</i>	4140	4140	4480	4140	4140	4480
<i>C</i>	9495	9495	9495	17600	17600	17600
<i>D</i>	5470	5920	5980	5470	5920	5980
<i>E</i>	750	740	1000	750	740	1000
<i>F</i>	450	625	705	452	625	705
<i>G</i>	1560	1818	2176	1730	1988	2346
<i>H</i>	845	1075	1010	675	905	840
<i>I</i>	5790	5560	5625	9060	8830	8895
<i>J</i>	5325	5325	5325	8325	8325	8325
<i>K</i>	7580	7580	7580	10750	10750	10750
<i>L</i>	3930	3930	3930	3930	3930	3930
<i>M</i>	1190	1640	1700	1190	1640	1700
<i>N</i>	830	830	830	830	830	830
<i>O</i>	475	630	756	475	630	756
<i>P</i>	550	320	385	550	320	385
<i>Q</i>	5000	5000	5000	8000	8000	8000
<i>R</i>	930	930	930	930	1120	1240
<i>S</i>	4050	4050	4400	4050	4050	4400
<i>T</i>	11000	11000	12000	11000	11000	12000
<i>X</i>	3300	4000	4600	3300	4000	4600
<i>Y</i>	2850	2850	3200	2850	2850	3200
<i>Z</i>	3100	3100	3440	3100	3100	3440

Т а б л и ц а 2. Размеры станов ХПТ четвертой модели

Размер	Стан ХПТ 4				Размер	Стан ХПТ 4			
	55-4Т-5	55-4Т-8	90-4Т-5	90-4Т-8		55-4Т-5	55-4Т-8	90-4Т-5	90-4Т-8
<i>A</i>	41922	58842	42185	59105	<i>K</i>	798	798	952	952
<i>B</i>	4620	4620	4970	4970	<i>I</i>	4015	4015	4335	4335
<i>C</i>	9680	17600	9595	17515	<i>M</i>	1640	1640	1342	1342
<i>D</i>	5920	5920	6027	6027	<i>N</i>	9162	12162	8935	11935
<i>E</i>	1205	1205	1375	1375	<i>P</i>	385	385	490	490
<i>F</i>	624	624	705	705	<i>T</i>	1520	1520	1390	1390
<i>G</i>	2251	2251	2197	2197	<i>Q</i>	5000	8000	5000	8000
<i>H</i>	840	840	1205	1205	<i>S</i>	5895	8895	5430	8430
<i>J</i>	5325	8325	5325	8325	<i>Y</i>	1980,3	1980,3	2007,4	2007,4

двойная передача привода кривошипных колес. Цапфы кривошипов шарнирно соединены двумя шатунами с пальцами на корпусе клетки *I*.

Вслед за зоной прокатки на расстоянии *G* от крайнего положения клетки располагается зона, включающая приемный стол *5*, расположенный сбоку от оси прокатки с противопо-

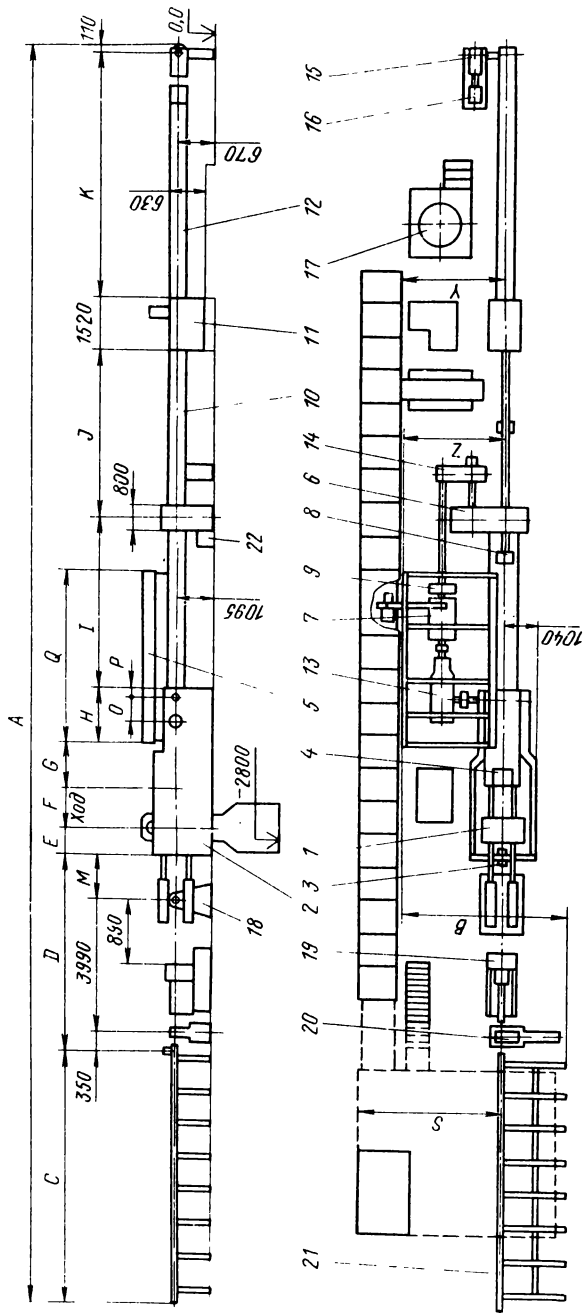


Рис. 3. Оборудование стана XIII третьей модели

ложной от оператора стороны, определяющая границу оборудования по ширине стана (размер z от оси прокатки). Приемный стол предназначен для приема пакета заготовок, выравнивания передних торцев, раскатки их в один ряд, смазывания внутренней поверхности и укладки их поштучно загрузочным механизмом в подвижные люнеты. Общие размеры и конструкция приемного стола унифицированы для станов всех перечисленных типоразмеров и зависят только от планируемой наибольшей длины заготовок — габарита металла Q .

Сразу за приемным столом 5 на удалении I от оси быстрого вала приводного механизма установлен распределительно-подающий механизм (РПМ) редукторного типа 6. Основное назначение этого механизма — преобразование равномерного вращения ведущего вала в прерывистое циклическое движение вала поворота переднего и промежуточного патронов, а также в циклическое поступательное движение патрона заготовки 8, размещенного в направляющих промежуточного корпуса, связывающего станину клетки с корпусом РПМ. Под приемным столом 5 расположен электродвигатель 7 главного приводного устройства с двумя выходными валами, задний из которых предназначен для сообщения движения РПМ, а передний для рабочей клетки.

Следующий за РПМ промежуточный корпус 10 связывает его с механизмом установки стержня оправки 11. Этот участок (корпус 10), имеющий общую длину J , является промежуточным накопителем заготовок на оправке, а механизм установки стержня оправки 11 обеспечивает фиксирование ее положения во время прокатки и установочную первоначальную ее регулировку в зоне деформации для управления толщиной стенки готовой трубы.

Передний и задний выходные участки вала главного двигателя 7 передают движение на кривошипные зубчатые колеса привода клетки через конический редуктор 13 и на ведущий вал РПМ — через цилиндрический горизонтальный редуктор 14, обеспечивающие синхронизацию периодических подач и поворота заготовки с соответствующими крайними положениями клетки. В задней части стана расположен цепной транспортер (длиной K) отвода стержня оправки для освобождения зоны нагрузки заготовки при перезарядке стана. Периодическое движение транспортера обеспечивается индивидуально

приводным механизмом 15 от двигателя ДИ-42 ($P = 4$ кВт, $n = 500$ об/мин) 16. Кроме того, на стане имеется дополнительный электродвигатель 22 ($P = 10$ кВт, $n = 500$ об/мин) ускоренного периодического отвода патрона заготовки в заднее положение для перезарядки заготовки.

В задней части стана размещен грузовой аккумулятор 17 гидросистемы стана. Задняя часть станков для малых типоразмеров имеет общую длину от РПМ до задней границы 14735 мм (с 5-м заготовкой) и 20705 мм для 8-м заготовки.

Передняя часть стана (по направлению прокатки) содержит следующие последовательно установленные за клетью устройства: пневматическую установку уравнивания инерционных нагрузок клетки 18, летучую пилу с дисковыми ножами 19 для разделения прокатанных труб на заданную длину, тянущие ролики 20 и стол выдачи с карманами для формирования пакетов готовых труб 21.

Для осуществления теплой прокатки в станах применяют индукционную установку, которая размещается на входной стороне стана, вслед за рабочей клетью. Она включает комплект сменных индукторов, устанавливаемых в корпусе конденсаторного блока, токопровод, пульт управления, генераторную установку. При использовании теплой прокатки рабочая клеть оборудуется системой охлаждения валков.

Гидросистема стана предназначена для управления механизмами приемного стола, с подвижными люнетами, стола выдачи, летучей пилой, тянущими роликами, передним и промежуточным патронами, распределительно-подающим механизмом, механизмом установки стержня. Она состоит из насосной установки с баком, фильтром и приборами контроля, из установки золотников, грузового аккумулятора и разводки трубопроводов.

В маслоподвале размещены станции жидкой смазки оборудования стана и маслоэмульсионная станция подачи смазочно-охлаждающей жидкости в очаг деформации прокатываемой трубы. Каждая из этих двух станций включает насосную установку, бак с фильтрами и приборами контроля, разводку трубопроводов. Большинство перечисленных устройств станков разных типоразмеров имеют унифицированные конструкции и размеры. Станы, предназначенные для прокатки длинномерных труб (длиной до 8000 мм), имеют увеличенную длину всех

устройств, размещенных за рабочей клетью, что увеличивает общую длину стана в среднем в 1,5 раза.

Процесс прокатки на стане происходит следующим образом. Пакет трубных заготовок, прошедших предварительную термическую и химическую подготовку, подают на приемный стол 5, на котором трубы раскладывают в один слой для поштучной выдачи их на ось прокатки. На приемном столе специальным устройством или вручную внутрь трубы подается технологическая смазка и выполняется выравнивание передних торцов механизированным перемещением заготовок до упора. С приемного стола заготовка подается механизмом загрузки на ось прокатки в люнеты стана. Перед этим патрон заготовки возвращается с помощью двигателя ускоренного отвода винта подачи назад, к распределительно-подающему механизму 6 за габарит Q загружаемой заготовки, а оправка отодвигается назад до упора цепным транспортом 12, освобождая место в промежуточном корпусе для очередной гильзы. После возвращения оправки в рабочее положение и фиксации шестерни периодического поворота в зацеплении, начинает работать механизм циклической подачи. Винт подачи перемещает патрон заготовки на установленную величину за каждый двойной ход клетки. Вновь загруженная гильза, находясь в люнетах и на стержне оправки, передним торцом перемещает задний конец недокатанной заготовки в рабочую клеть 1, проталкивая недокат через постоянно замкнутые кулачки промежуточного 4 и переднего 3 патронов.

При освобождении прокатываемой трубы калибрами в районе переднего положения клетки происходит поворот кулачков переднего и промежуточного патронов, а также хвостовики стержня оправки на угол кантовки, после чего осуществляется обжатие рабочего конуса прокатываемой трубы в калибрах при ходе клетки назад, в крайнее заднее положение, в котором труба вновь подается на величину разовой подачи. При достижении передним торцом готовой трубы датчика мерной длины поступает команда на включение трубоотрезного устройства 19. Режущие диски последнего, врезаясь в поверхность проката, увлекают корпус устройства, заставляя его поступательно перемещаться совместно с прокатываемой трубой до окончания полной порезки.

После этого включаются ролики вытягивающего устройства

20, а миновавшая их готовая труба автоматически сбрасывается с желоба стола выдачи в карман. При достижении патроном заготовки конечного выключателя в его переднем крайнем положении автоматически отключается механизм периодической подачи, после чего повторяется цикл перезарядки гильзы в рассмотренной последовательности. Работа стана осуществляется в полуавтоматическом режиме с возможностью вмешательства оператора на любой стадии процесса.

Техническая характеристика станов ХПТ малых типоразмеров третьей и четвертой модели (ЭЗТМ) приведена ниже :

Станы	ХПТ 32-3-5(8)	ХПТ 55-3-5(8)	ХПТ 90-3-5(8)	ХПТ 55-4Т-8	ХПТ 90-4Т-8
Заготовка, мм:					
наружный диаметр	22—46	38—73	57—102	38—76	57—108
толщина стенки	1,35—6,0	1,75—12,0	2,5—20,0	1,75—12,0	2,5—20,0
длина			1500—5000(8000)		
Готовая труба, мм:					
наружный диаметр	16—32	22—55	40—90	18—55	25—90
толщина стенки	0,4—5,0	0,5—10,0	0,75—18,0	0,5—10,0	0,75—18,0
длина (наиб.) . . .			10000(18000)		
Наибольшее уменьшение поперечного сечения заготовки из, %:					
углеродистых сталей	88	88	88	90	90
нержавеющих сталей при холодной прокатке	70	70	70	75	75
при теплой прокатке	85	85	85	—	—
Наибольшее уменьшение наружного диаметра заготовки, мм:					
при холодной прокатке	24	33	32	45	55
при теплой прокатке	28	42	48	—	—
Наибольшее уменьшение толщины стенки заготовки, %	70	70	70	80	80
Подача заготовки, мм			2—30		
Число двойных ходов клетки в минуту	80—150	68—130	60—100	60—100	60—90
Конструктивные параметры, мм:					
диаметр вала	300	364	434	364	434
диаметр ведущих шестерен	280	336	486; 378	308; 322	364; 378

длина хода клетки	452	625	705	585	585
длина шатуна . . .	1852	2200	2250	2270	2240
тип клетки	Дуо	Дуо	Дуо	Тандем	Тандем
тип калибра	Полудиск	Полудиск	Полудиск	Полудиск	Сегмент
Общие данные:					
мощность двигателя главного привода постоянного тока, кВт	70	110	150	172	250
установленная мощ- ность всех элект- родвигателей, кВт	100	141	181	226	304
расход эмульсии на стан, л/мин	96	96	120	190	190
расход жидкой смазки, л/мин	70	70	120	100	100
масса стана (без электрооборудова- ния), т	63(70)	74(80)	88(95)	111	114
Габариты стана, м:					
длина	39(57)	40(58)	41(58,4)	60	60
ширина	4,1	4,1	4,5	5,0	5,0

* Величины параметров в скобках относятся к станам с наибольшей длиной заготовки, равной 8 м.

Главный приводной механизм

Приводной механизм рабочей клетки станов ХПТ 3 малых типоразмеров включает электродвигатель постоянного тока: Д 812 ($P = 70$ кВт, $n = 510$ об/мин), Д 814 ($P = 110$ кВт, $n = 490$ об/мин) и Д 816 ($P = 150$ кВт, $n = 480$ об/мин) для типоразмеров ХПТ 32-3, 55-3 и 90-3 соответственно, конический редуктор, раздвоенную цилиндрическую косозубую закрытую передачу, ведомые колеса которой выполняют функцию кривошипов, и спаренный дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм, ползуном которого является рабочая клеть.

Кривошипно-шатунный механизм совместно с приводной раздвоенной зубчатой передачей размещен в единой с клетью станине. Вал ведущих косозубых шестерен (рис. 4) выполнен самоустанавливающимся в осевом направлении и опирается на роликовые радиальные подшипники качения типа 32519, 32624л и 42626м соответственно для станов ХПТ 32-3, 55-3 и 90-3. Размеры зубчато-рычажной части привода (табл. 3) соответствуют рис. 5.

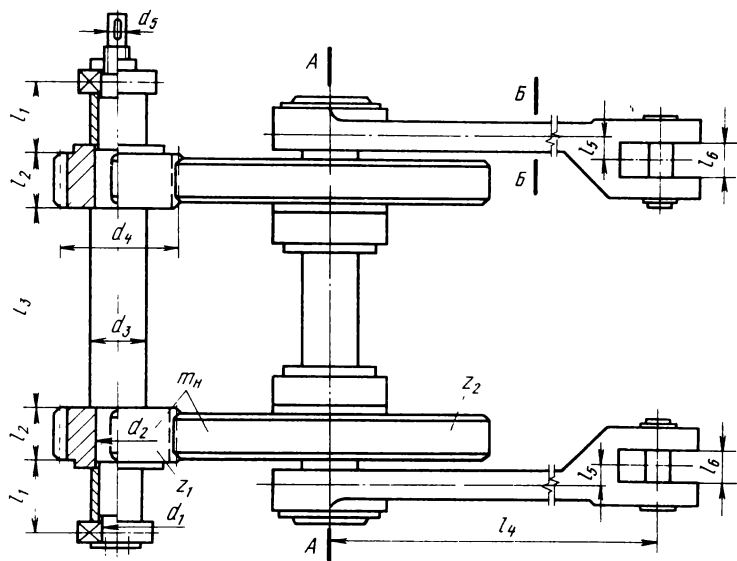


Рис. 4. Узел ведущих и кривошипных зубчатых колес

Сопряженные с шестернями кривошипные зубчатые колеса имеют бандажированную конструкцию и закреплены на валу консольно с двух сторон относительно конических роликоподшипников 97521, 2097730 и 2097732 соответственно для каждого из вышеперечисленных типоразмеров станов (см. рис. 5). Кривошипные пальцы зубчатых колес соединены с головками шатунов сферическими роликовыми подшипниками 3615Е, 3618Е и 3526Е для соответствующих типоразмеров станов. Валы и кривошипные пальцы изготавливают из стали 30ХН3А или 34ХН1М, 34ХН2М термически обработанной до твердости 277–320 НВ. Для пальцев шатунов, запрессованных

Т а б л и ц а 3. Размеры приводных механизмов станов ХПТ третьей

Стан	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5	l_6	l_7	l_8	l_9	l_{10}	R	d_1
ХПТ 32-3	168,5	80	480	1850	52,5	90	37,5	80	63	354	225	95
ХПТ 55-3	150	120	490	2200	55	135	50,5	120	79	332	310	120
ХПТ 90-3	165	150	490	230	35	125	58	140	76,85	321,5	350	130
ХПТ 55-4Т; 175	160	160	490	2240	—	—	135	160	75	440	290	170
ХПТ 90-4Т				2660							350	

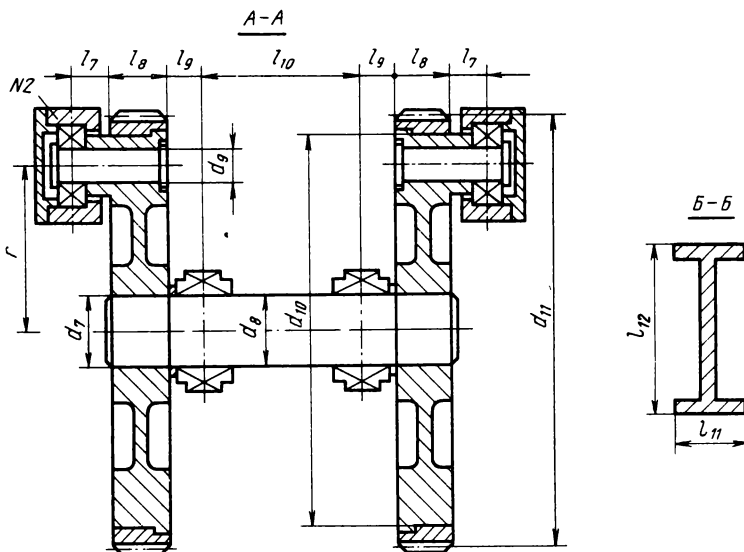


Рис. 5. Установка вала кривошипных колес

в рабочую клетку и изготовленных также из стали 30ХНЗА, рекомендуется твердость 55–60 HRC_3 .

Высокую долговечность ведущих шестерен обеспечивает сталь 55ПП (HRC_3 не менее 55), а также марки стали 34ХНЗМ, 40ХНМА, с термообработкой до аналогичной твердости. Для зубчатых венцов кривошипных колес рекомендуют применение стали 45ХФЛ (35–40 HRC_3).

Конический редуктор главного приводного механизма имеет размеры, представленные в книге [1]. Передаточные числа и параметры зубчатых колес приведены в табл. 4.

Зубья колес имеют круговой профиль со средним значением угла наклона 30° , рекомендуемый материал для зубчатых

■ четвертой модели

d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8	d_9	d_{10}	d_{11}	l_{11}	l_{12}	z_1	z_2
115	120	250	85	70	105	105	75	—	700	65	100	20	56
135	150	322	110	115	150	150	90	820	938	90	150	23	67
160	170	420	128	129,5	160	160	130	950	1092	100	200	30	78
220	245	504	160	—	220	220	160	1220	1400	100	200	36	100

Т а б л и ц а 4. Параметры привода

Параметр	ХПТ 32-3	ХПТ 55-3	ХПТ 90-3
Конический редуктор:			
числа зубьев шестерни (числитель) и колеса (знаменатель)	24/57	30/72	24/95
передаточное число	2,375	2,4	3,96
модуль торцовый, мм	12	12	14
длины выходных концов валов (ведущего и ведомого вала), мм	215	250,165	250,220
диаметры выходных концов ведущего и ведомого вала, соответственно, мм	90,100	110,120	110,120
расстояние от торца ведущего вала до оси ведомого, мм	1230	1440	1670
расстояние от торца ведомого вала до оси ведущего, мм	645	700	740
Кривошипно-шатунный механизм:			
начальный угол кривошипа φ_0 , град .	352,2	352,4	351,7
угол кривошипа, соответствующий крайнему переднему положению клетки $\varphi_{\text{к}}$, град	173,9	174,4	173,9
дезаксиал B , мм	220	250	280
расстояние от оси кривошипа до крайнего заднего положения клетки l_0 , мм	1610,07	1873,34	1929,79
длина хода клетки l , мм	453,27	624,15	705,38

колес — сталь 12ХНЗА с термообработкой (цементацией), обеспечивающей твердость поверхности 48–53 HRC₃.

Конструктивные размеры кривошипно-шатунного механизма определяются заданной длиной хода рабочей клетки: условия компоновки стана, обеспечивающими свободное прохождение патрона заготовки над валами кривошипных колес; наименьшими динамическими нагрузками от неравномерного качательного движения шатунов; минимальной разницей отрезков пути движения клетки при ее подходе и удалении из крайних положений для более полного использования зевок калибров при подаче и повороте освобожденной заготовки. В результате установлены значения линейных размеров шатунов, кривошипов и дезаксиала для станов основных типоразмеров, приведенных в табл. 4.

Определение горизонтальных координат положения рабочей клетки, необходимых для настройки стана, выбора длин участков зевок подачи и поворота на калибрах и для установления зависимости координат от условного положения

кривошилов (кривошипных колес), с высокой точностью может быть выполнено по выражению:

$$x = r \cos \varphi - L \cos \left[\arcsin \frac{B - r \sin \varphi}{L} \right] - (L - r) \cos \varphi_0; \quad (1.1)$$

здесь, согласно рис. 2:

L , r , B — длины шатуна, кривошипа и дезаксиала соответственно для кривошипно-шатунного механизма; φ_0 — угловое положение кривошипа, соответствующее крайнему заднему положению рабочей клетки (зона подачи); φ — текущее значение угла поворота кривошипа, отсчитываемое от горизонтальной оси правой системы координат

$$\varphi_0 = 2\pi - \arcsin \frac{B}{L - r}. \quad (1.2)$$

Угловая координата кривошипа, соответствующая переднему крайнему положению рабочей клетки φ_k (зона поворота заготовки), определяется выражением

$$\varphi_k = \pi - \arcsin \frac{B}{L - r}. \quad (1.3)$$

В результате для дезаксиального рычажного механизма по горизонтали расстояние между осью вала кривошипа и точкой крайнего заднего положения клетки l_0 , выбранного за начало координат перемещения клетки, вычисляется в виде

$$l_0 = (L - r) \cos \varphi_0, \quad (1.4)$$

а длина хода рабочей клетки находится из выражения:

$$l = (r - L) \cos \varphi_0 - (l + r) \cos \varphi_k. \quad (1.5)$$

Как следует из данных табл. 4, длина хода рабочей клетки при выбранных значениях дезаксиалов B больше длины хода аксиального механизма на 3,27; 4,13; 5,38 мм соответственно для станков ХПТ 32, 55 и 90. Несколько увеличенные значения ускорений при возврате рабочей клетки определяют

ся разностью углов поворота кривошипа при ходе клетки вперед и назад, соответствующей для станков перечисленных типоразмеров соответственно $3,39^\circ$; $3,77^\circ$ и $4,38^\circ$ (см. рис. 2).

Одним из условий правильной сборки главного приводного механизма и рационального выбора калибровки является: свободное перемещение заготовки на величину разовой подачи и поворота на угол кантовки в крайних положениях клетки. При согласованной кинематике главного привода и распределительно-подающего механизма участкам "раскрытых" калибров (зоне их выпусков) соответствует поворот кривошипного зубчатого колеса на 60° в области крайних положений клетки, что определяется соответствующим профилированием кулачка механизма подачи и поворота. Однако диаметральной симметрия кулачка вступает в противоречие с асимметрией поворота кривошипа дезаксиального механизма, соответствующих переднему и заднему крайним положениям клетки.

Зоны подачи и поворота заготовки сокращают длину участка деформации заготовки, ограничивая технологические параметры процесса. С другой стороны, сокращение концевых участков движения клетки с "открытыми" калибрами, не касающихся с прокатываемым металлом, приводит к прогрессированию динамических явлений в механизме подачи и поворота, а с ними — к учащению отказов последнего. Поэтому один из принципов рационального проектирования и сборки стана, заключается в наиболее полном использовании концевых участков пути клетки, что, в свою очередь, обеспечивается равенством путей подхода и удаления относительно мертвого (крайнего) положения рабочей клетки.

При синхронном вращении кривошипных зубчатых колес и кулачка механизма подачи и поворота диаметральные и симметричные зоны подачи и поворота на последнем не совпадают с крайними положениями клетки (табл. 5). Совмещение середины профилированного участка подачи на кулачке с крайним задним положением клетки обеспечивает практически равные длины участков, соответствующих отклонению кривошипа на 30° в обе стороны от крайнего заднего положения. При этом же суммарном значении поворота кривошипа отрезки пути клетки в области приближения и удаления от мертвого переднего ее положения, соответствующего зоне поворота за-

Т а б л и ц а 5. Соответствия положений клетки углу поворота кривошипа

Параметры настройки	ХПТ 32-3	ХПТ 55-3	ХПТ 90-3
Угловое положение кривошипа в среднем положении профилированной зоны кулачка МПП..	352,2	352,4	351,7
Удаление клетки от крайнего положения при повороте кулачка (кривошипа на угол $\varphi = 300^\circ$):			
участок подхода клетки	26,7	36	40,2
участок удаления клетки	24,2	32	41,1
Вариант настройки	2 3 4	1 2	1 2
	29,9	40,9	40,2
	34,1	47,9	41,9
	33,5	46,6	52,8
	3	3	4
	2	2	1
	1	1	2
	354	354,4	357,9
	174	172,2	172,4
	174,4	174,4	173,9
	41,7	46,9	46,9
	54,3	53,5	53,5
	3	3	3
	4	4	4

* 1 и 4 — середина "профилированного участка и подачи заготовки" кулачка МПП совпадает с крайним задним положением клетки; 2 и 3 — середина "профилированного участка и поворота заготовки" кулачка МПП совпадает с крайним передним положением клетки.

готовки, существенно разнятся. Для различных типоразмеров станов их разница составляет от 7 до 14,5 мм. Таким образом, длина зева поворота определяется в этом случае наибольшей из двух длин названных участков: при приближении к мертвой точке и удаления от нее.

Результаты совмещения середины профилированного участка на кулачке с передним крайним положением клетки приводит к увеличению необходимой длины зевов подачи в соответствии с типоразмером стана. Результирующая длина зевов подачи и поворота калибров определяется суммой наибольших значений из пары чисел, соответствующих зонам приближения и удаления клетки относительно крайних ее положений при отклонении кривошипа на 30° в ту и другую сторону по отношению к мертвым положениям (табл. 6).

Расхождение между значениями суммарных длин зевов незначительно (расхождение не превышает 1,8 %) при совмещении с зевами калибров зоны подачи и зоны поворота кулачка распределительно-подающего механизма. Однако разница между составляющими этих сумм достигает 30 %, что нельзя не учитывать при настройке стана, при строго определенных длинах зевов подачи и поворота. Для возможной оценки положений приведены графические зависимости (рис. 6) перемещений клетки стана ХПТ 32-3 на всей длине ее пути при ходе вперед (1) и назад (2), а также перемещения в области крайних положений ("мертвых" точек траектории) ползуна (рис. 7). Зоны подхода к крайнему заднему положению (1, 2, 3 — для типоразмеров станов ХПТ 32-3, 55-3 и 90-3

Т а б л и ц а 6. Длина зева калибров

Параметр	ХПТ 32-3		ХПТ 55-3		ХПТ 90-3	
Варианты настройки механизма подачи и поворота	1	2	1	2	1	2
Расчетная длина зева подачи, мм	27,0	29,9	36,7	40,9	41,1	46,2
Используемая длина зева поворота, мм	24,2	24,2	57	57	31,75	31,75
Расчетная длина зева поворота, мм	37,3	34,1	527	47,9	61,2	54,3
Используемая длина зева поворота, мм		36,6		62,9		74,9

* 1 — середина профилированного участка подачи кулачка МПП совпадает с крайним задним положением клетки; 2 — середина профилированного участка поворота кулачка МПП совпадает с крайним передним положением клетки.

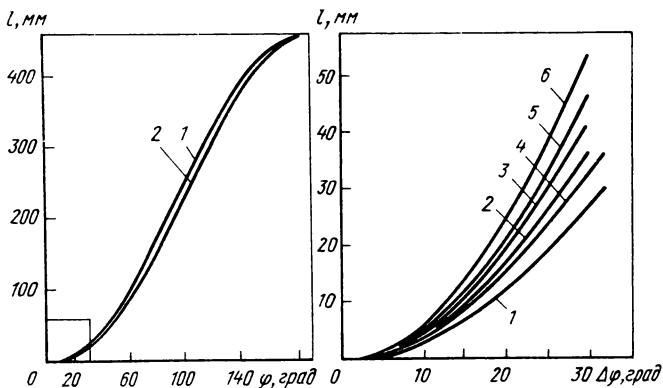


Рис. 6. Закон перемещения рабочей клетки

Рис. 7. Крайнее положение рабочей клетки

соответственно) и удаления, возврата от этих положений (4, 5, 6) представлены в функции от значений угла отклонения кривошипа в ту или иную сторону от этих крайних положений.

Табл. 6 позволяет сравнить значения необходимых свободных перемещений клетки (без захвата заготовки калибрами). Такое сравнение позволяет сделать вывод о необходимости увеличения центрального угла зевов подачи на калибрах станов ХПТ 32-3 и ХПТ 90-3 соответственно на $28^{\circ}30'$ и $4^{\circ}14'$, а также зевов поворота на стане ХПТ 32-3 — на $25'$. В то же время, значения центральных углов поворота валков, соответствующих зеву подачи стана ХПТ 55-3 и зевам поворота ХПТ 55-3 и ХПТ 90-3, могут быть уменьшены на $5^{\circ}28'$, $3^{\circ}25'$ и $3^{\circ}40'$ соответственно. Такие рекомендации исключают аномальные защемления заготовки в калибрах рабочих валков в периоды ее подачи и поворота.

Кроме отмеченных особенностей кинематики главного приводного механизма, следует обратить внимание на ряд конструктивных особенностей. Отсутствие уплотнений шатунов и приводного механизма станков третьей модели, приводящие к ухудшению условий смазки зубчатого механизма из-за смешения этой смазки с эмульсией технологической охлаждающей жидкости, устранено в станках четвертой модели, у которой кривошипные колеса отделены манжетными уплотне-

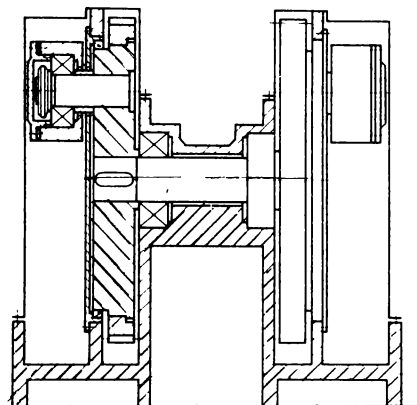


Рис. 8. Кривошипные зубчатые колеса стана ХПТ четвертой модели

ниями от полости расположения шатунов (рис. 8). Общим недостатком приводных устройств является выполнение гнезд под подшипники валов непосредственно в литых корпусах, что затрудняет их ремонт для восстановления износа в процессе эксплуатации. К достоинствам конструкции четвертой модели по отношению к предшествующим следует отнести исключение эксцентриситета шатунов и за счет этого понижение уровня напряжений, обусловленных их продольными изгибами. Наличие избыточных связей в схемах раздвоенного приводного устройства сохраняет вероятность неравномерного распределения нагрузок на шатуны, что снижает надежность работы механизма [2].

Для уравнивания динамических нагрузок в станах ХПТ третьей и четвертой моделях предусмотрено пневматическое уравнивание инерционных нагрузок клетки и дисбаланса на кривошипных зубчатых колесах.

Рабочие клетки

Рабочая клетка стана ХПТ предназначена непосредственно для деформации труб в замкнутых калибрах, закрепленных на рабочих валках. Конструкция клетки (рис. 9) подчинена следующим основным критериям: прочность, определяемая конструктивными параметрами собственно подвижной клетки, рабочих валков, узлов соединений клетки с приводным механизмом и привода, технологического инструмента; жесткость системы "корпус клетки – предохранительное устройство – валки –

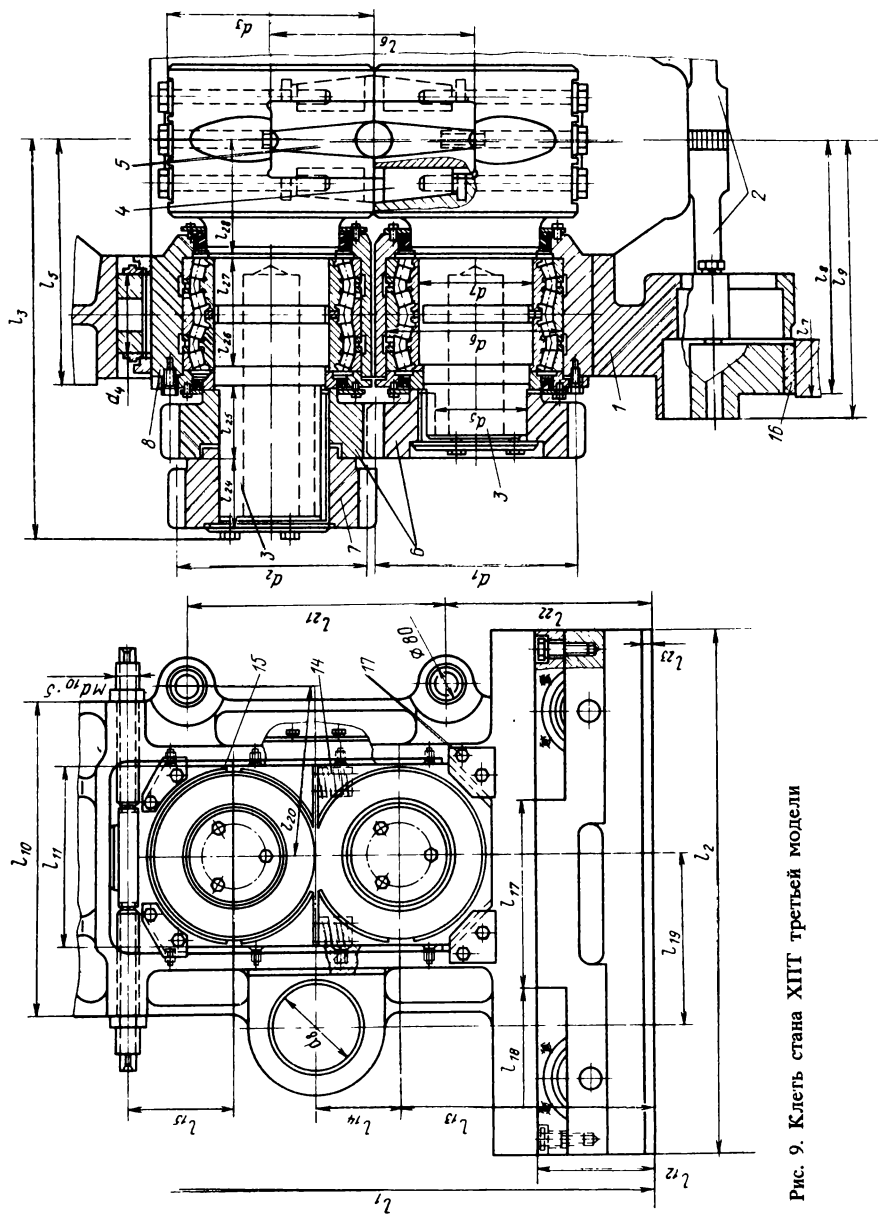


Рис. 9. Клеть стана ХПТ третьей модели

их опорные узлы", обеспечивающая показатели геометрической точности прокатываемых труб; износостойкость зубчатых зацеплений и направляющих клетки, влияющих на уровень наибольших значений динамических нагрузок и геометрическую точность прокатываемых труб; ремонтпригодность, включающую доступность к быстроизнашивающимся элементам, простоту и скорость разборки и сборки клетки, технологические возможности восстановления разрушенных деталей и поверхностей; долговечность унифицированных и покупных узлов и деталей, определяющих зависимость простоев всего стана от регулярности снабжения ими; металлоемкость клетки, определяющая работоспособность главного привода и быстроходность стана, в результате зависимости инерционных нагрузок периодического движения от этой характеристики.

Серийные станы ХПТ третьей и четвертой моделей являются однониточными и имеют горизонтальные положения осей рабочих валков. Рассмотрим конструкцию клетки станов третьей модели. Рабочие валки изогавливают из стали марки 35ХМ, ГОСТ 4543-71. Допускаемая нагрузка на валок примерно втрое выше допустимого значения нагрузки на подшипники. Средняя часть рабочих валков может иметь иное конструктивное исполнение, чем приведенное на рис. 9, поскольку наряду с полудисковой формой калибров применяют подковообразные, полукольцевые, кольцевые и др.

Существующие исследования свидетельствуют о том, что принятые на серийных станах ХПТ третьей модели диаметры рабочих валков, соответствуя условиям их использования при прокатке стальных труб, не оптимальны применительно к деформации других металлов и сплавов. Их дифференциация по назначению позволила бы, в ряде случаев, снизить габаритные размеры и массу клетки в целом, обеспечив тем самым возможность повышения быстроходности станов. В работе [3] приводятся расчетные обоснования выбора рациональных диаметров рабочих валков в соответствии с технологическими возможностями предприятий-заказчиков.

Рабочая клеть станов ХПТ (см. рис. 9) состоит из сварной станины 1, имеющей две литые рамы 2, соединенные между собой электрошлаковой сваркой, в которых устанавливаются подушки 8 рабочих валков 3, и которые воспринимают вертикальные и горизонтальные усилия прокатки. Станина 1

рабочей клетки стана ХПТ 32-3 выполнена цельнолитой. В станине установлены два валка 3, на которых клиньями 4, установленными в пазах валков, крепятся калибры 5, имеющие ручей переменного сечения, в котором осуществляется процесс деформации трубы. Калибры удерживаются в пазах валков центральными болтами 10. Крутящий момент с рабочего валка на калибр передается клиньями 4. Клинья затягиваются и удерживаются болтами 11. Валки связаны между собой шестеренной передачей 6. На верхнем валке смонтированы ведущие шестерни 7, которые при возвратно-поступательном движении клетки, перекатываясь по рейкам, закрепленным в станине под рабочую клетку, и сообщают валкам возвратно-качательное движение. Между подушками 8 верхнего валка и станией рабочей клетки установлены регулировочные клинья 12, которыми при помощи винтов 9 регулируют зазор между калибрами.

В клиньях размещены срезные диски и пуансоны предохранительного устройства 13. Предохранительное устройство предназначено для предотвращения поломок рабочих валков или разрыва станины рабочей клетки от перегрузок во время аварийных ситуаций и при нарушении режимов прокатки.

В подушках нижнего валка имеются гнезда, в которых установлены пружины 14, уравнивающие массу верхнего валка с подшипниковыми подушками и другими деталями, смонтированными на нем. На станине на уровне оси прокатки имеется два прилива для присоединения шатунов приводного механизма. С противоположной стороны имеется четыре прилива для присоединения штоков пневматических уравнивающих устройств. В работе используются только два прилива, так как на стане применяются два уравнивающих устройства. При этом в стане правого исполнения используется, если смотреть по ходу движения трубы, левый верхний прилив и правый нижний. Четыре прилива выполнены для унификации клеток правого и левого исполнения.

Боковые поверхности окон станины, в которых устанавливаются подушки валков, облицованы закаленными пластинами 15. Нижние поверхности направляющих рабочей клетки облицованы текстолитовыми планками 16, которые контактируют с закаленными рельсами в станине под рабочую клетку. Смазка направляющих осуществляется эмульсией, применяемой для охлаждения очага деформации трубы.

Осевая регулировка валков для обеспечения точного совпадения ручья калибров с осью прокатки в горизонтальной плоскости осуществляется винтами и планками 17. В вертикальной плоскости совпадение оси прокатки должно обеспечиваться соблюдением размеров по высоте.

Все элементы конструкции рабочей клетки станков ХПТ третьей модели и детали клетки имеют аналогичные формы и расположения и различаются только размерами (табл. 7).

Корпус рабочей клетки выполнен литым из стали 30Л (ГОСТ 977–75), подушки рабочих валков литые из стали 45Л (ГОСТ 977–75). Поверхность расточек под подшипники в подушках подвергается термообработке до 40–45 HRC₃. Шестерни клетки выполнены из поковок стали 35ХМ, ГОСТ 4543–71 с закалкой зубьев до 40–45 HRC₃.

Известно, что масса клетки определяется наибольшим диаметром рабочих валков, а последние – выбором типов подшипников. Номера и размеры этих подшипников приведены в табл. 8. При прокатке стальных труб валковые подшипники являются наиболее слабым узлом конструкции, определяя минимальные межремонтные сроки. На станах ХПТ получили распределение роликовые радиально-упорные многорядовые подшипники с высокой грузоподъемностью. В гл. 4 приведены сведения о нагрузках на подшипники при прокатке стальных

Т а б л и ц а 7. Размеры рабочих клеток

Параметр	ХПТ 32	ХПТ 55	ХПТ 90	Параметр	ХПТ 32	ХПТ 55	ХПТ 90
l_1	1125	1405	1735	l_{19}	320	390	500
l_2	1000	1195	1585	l_{20}	370	440	600
l_3	556	725	890	l_{21}	440	580	500
l_4	—	320	481	l_{22}	370	437	570
l_5	340	435	532	l_{23}	20	20	20
l_6	300	364	434	l_{24}	112,5	125	180
l_7	140	170	260	l_{25}	110	112,5	145
l_8	390	495	630	l_{26}	28	40	40
l_9	425	530	690	l_{27}	149	205	345
l_{10}	560	740	950	l_{28}	188	217,5	180
l_{11}	340	420	520	d_1	300	364	434
l_{12}	195	245	250	d_2	280	336	406
l_{13}	440	545	603	d_3	300	364	434
l_{14}	150	182	167	d_4	100	150	190
l_{15}	—	246	338	d_5	150	180	220
l_{16}	100	125	150	d_6	270	320	400
l_{17}	360	425	505	d_7	160	205	260
l_{18}	320	385	526	d_8	110	190	215

Т а б л и ц а 8. Подшипники качения

Номер подшипника	$d \times D \times B$, мм	Число подшипников на стане			Место установки
		32-3	55-3	90-3	
2097732 М	160×270×150	4	—	—	Рабочая клеть
4074114	70×110×40	4	—	—	
77741 М	205×320×205	—	4	—	Трансмиссия патронов и приводной механизм
77752 М	260×400×255	—	—	8	
3520 Е	100×180×45	—	—	8	
32619 Л	95×200×67	2	—	—	
97521	105×190×118	2	—	—	
3615 Е	75×160×55	2	—	—	
3610 Е	50×110×40	2	2	2	
7310 НА	50×110×27/29,25	4	8	8	
3618 Е	90×190×64	—	2	—	
42618 ЛМ	90×190×64	—	2	—	
2097730	150×250×138	—	2	—	Патрон передний
32624 Л	120×260×86	—	2	—	
2097752	160×270×150	—	—	2	
42620	100×215×73	—	—	2	
42626 М	130×280×93	—	—	2	
3526 Е	130×230×64	—	—	2	
2097944	230×300×110	1	1	—	
32122 Д1	110×170×28	1	1	—	
220	100×180×34	1	1	—	
7310 НА	50×110×27/29,25	2	2	2	
2097952	260×360×134	—	—	1	Патрон промежуточный
3213 Д	150×225×35	—	—	1	
176130	150×225×35	—	—	1	
224	120×215×40	—	1	—	
130	150×225×35	—	1	1	
8136 Л	180×225×34	—	1	—	
2007132	160×240×51,5	—	1	—	
7310 НА	50×100×27/29,25	—	4	4	
2007944	220×300×51	—	—	1	
134	170×260×42	—	—	1	
8148 Л	240×300×45	—	—	1	Стол приемный Распределительно-подающий механизм
60206 К	30×62×16	2	2	2	
3532 Е	160×290×80	2	2	2	
3620 Е	100×215×73	3	3	3	
4024918	90×125×35	6	6	6	
3624 Е	120×260×86	1	1	1	
134	170×260×42	1	1	1	
136 Л	180×280×46	2	2	2	
2097140 М	200×310×152	1	1	1	
42624 Л	120×260×86	2	2	2	
209	45×85×19	2	2	2	
8122	110×145×25	1	1	1	
38214	55×105×47	1	1	1	
311	55×120×29	4	4	4	
472913	65×140×88	2	2	2	

Номер подшипника	d×D×B, мм	Число подшипников на стане			Место установки
		32-3	55-3	90-3	
7518 А	90×160×43	4	4	4	
38214	55×105×47	1	1	1	
311	55×120×29	4	4	4	
472913	65×140×88	2	2	2	
7518 А	90×160×43	4	4	4	
3616 Е	80×170×58	4	4	4	Главный привод
130	150×225×35	2	2	2	Патрон гильзы
124	120×180×28	2	2	2	
8224	120×170×39	1	1	1	
11216	80×160×30	2	2	2	Соединение промежу-
1612	60×130×46	1	1	1	точное
32216 К	80×140×26	2	2	2	Механизм установки
8218	90×135×35	2	2	2	стержня
309	45×100×25	2	2	2	Станция технологи-
					ческой смазки
7606	30×72×29	2	2	2	Редуктор РЧУ-80А-40
7210	50×90×21	2	2	2	
1610	50×110×40	6	6	6	Механизм отвода
202	15×35×11	4	4	4	стержня
97521	105×190×118	1	—	—	Редуктор КО-370
3624 Е	120×260×86	1	—	—	
7624	120×260×91	2	—	—	
7530 НА	150×270×73/77	—	2	—	Редуктор КО-416
3628 К	140×300×102	—	1	—	
97526	130×230×150	—	1	—	
7536 М	180×320×92	—	—	2	Редуктор КО-685
3630 Е	150×320×108	—	—	1	
7528 А	140×250×72,5	—	—	2	
7620 М	100×215×78	2	2	2	Редукторы РЦД-814,
7616 НА	80×170×58/61,5	2	2	2	РЦД-850 и РЦД-930
7624 А	120×260×91	2	2	2	
66412	60×150×35	4	4	4	Редуктор КЦ1-250
3616	80×170×58	1	1	1	
317	85×180×41	2	2	2	
302	15×42×13	6	6	6	Редуктор ЧД-40
208	40×80×18	1	1	1	Редуктор планетарный
210	50×90×20	3	3	3	
1000924	120×165×22	2	2	2	
206 К	30×67×16	2	2	2	
7510 НА	50×90×23/24,75	2	2	2	
200710 Б	30×55×16	2	2	2	Ролики тянущие
2007111	55×90×23	2	2	2	
211	55×100×21	3	3	3	
212	60×110×22	3	3	3	
7306 А	30×72×21	2	2	2	Редуктор ЧП-80
7216 А	80×140×28,5	2	2	2	
2007118	90×140×32,4	2	—	—	Пилы летучие

Номер подшипника	$d \times D \times B$, мм	Число подшипников на стане			Место установки
		32-3	55-3	90-3	
211	55×100×21	1	—	—	
2007106	30×55×17,2	6	6	6	
206 К	30×62×16	8	8	8	
7204 А	20×47×15,5	—	6	6	
2007928	140×190×30	—	2	2	
176122 Д	110×170×28	—	1	1	

труб. Анализ зависимости их габаритных размеров от усилий прокатки свидетельствует об опережающем увеличении нагрузок по сравнению с ростом динамической грузоподъемности по мере изменения диаметральных габаритов стандартных подшипников при сложившихся технологических режимах. Возможности повышения долговечности валковых опор путем их реконструкции ограничены [4] для тяжелых условий нагружения. Этот путь предусматривает согласованный выбор быстроходности стана, влияющий на долговечность рассматриваемых узлов. Одним из недостатков валковых подшипников является неудобство их демонтажа. Тесная компоновка зубчатых колес на концевых цапфах валков приводит к необходимости распрессовки валковых подшипников вместе с зубчатыми колесами и подушками подшипников. При этом значительное усилие, обусловленное посадкой шестерен с гарантированным натягом (до 4000 кН), передается непосредственно через подшипник от его наружного кольца к внутреннему, практически исключая повторное использование их, даже в случае первоначальной исправности. Кроме того, к недостаткам следует отнести опасность перекоса валковых опор при независимой регулировке их сближения в процессе эксплуатации и недостаточная защищенность от попадания охлаждающей жидкости во внутреннюю полость подушки.

Между верхними и нижними подушками предусмотрены распорные пружины, которые часто выходят из строя, особенно при повышенной быстроходности стана, при резком возрастании динамических нагрузок в крайних положениях клетки после исчезновения усилий прокатки. Этим объясняется замена распорных пружин упругими прокладками. Для повышения сро-

ка службы вновь устанавливаемые пружины рекомендуется подвергнуть дробеструйной обработке.

Из опыта эксплуатации известна низкая надежность резьбовых соединений крепления прижимных планок 17 (см. рис. 9), что свидетельствует о необходимости улучшения конструкций узла осевой регулировки валков для совмещения профилей ручьев калибров.

Геометрическая точность прокатываемых труб в виде поперечной разностенности существенно зависит от жесткости системы "рабочая клеть — предохранительное устройство — валковые подшипники — рабочие валки". Согласно экспериментальным исследованиям В.И.Сокольского [5] податливость предохранительного устройства практически равна податливости всех остальных элементов упругой цепи, а его упругая характеристика нелинейна по отношению к нагрузкам. Для снижения отрицательного влияния предохранительного устройства перед установкой предохранительного кольца рекомендуется его опытная проверка: срез диска (изготовленного из чугуна) должен происходить при нагрузках, указанных ниже:

Стан	ХПТ 32-3	ХПТ 55-3	ХПТ 90-3
Разрушающие усилия, кН	400±10	750±20	1000±5

Отличительной особенностью четырехвалковой рабочей клетки "тандем" является расположение двух пар валков в одной рабочей клетке (рис. 10 и 11).

Такое расположение валков обеспечивает следующие преимущества в сравнении с клетями станов ХПТ третьей модели:

повышение производительности при прокатке на 30—50 %;

сокращение в 1,5 раза цикличности производства (уменьшение числа проходов прокатки и волочения, операций нанесения и удаления технологической смазки, термической обработки и других операций);

повышение точности размеров и улучшение качества поверхности прокатываемых труб, уменьшение концевое искривления и повышение общей прямолинейности труб;

повышение стойкости калибров;

вследствие перераспределения усилий прокатки на две пары валков усилия на одну пару уменьшаются на 30—40 %, благодаря увеличению длины очага деформации в 1,5—1,7 ра-

за в зависимости от типоразмера стана при неизменной длине хода клетки.

Калибры в клетки "тандем", как правило, имеют кольцевую форму, но могут быть подковообразными и полудисками.

Недостатками клеток тандем являются более трудоемкий монтаж и демонтаж кольцевых калибров, увеличенная масса рабочей клетки, более сложная конструкция клетки и ее настройка. С этой точки зрения станы с такими клетями более приемлемы для прокатки больших партий труб.

Для прокатки небольших партий труб на станах ХПТ четвертой модели предусмотрено вместо клетки тандем установка двухвалковой клетки. Отличительной особенностью этой клетки от двухвалковой клетки в станах ХПТ третьей модели является применение кольцевых или подковообразных калибров и увеличенная на 30 % протяженность очага деформации за счет длины хода клетки.

Рабочая клеть тандем (рис. 10) состоит из литой станины 1 открытого типа, в которой установлены в пазах две траверсы 2, соединенные со станиной клиньями 3 и стяжками 4 для обеспечения плотного соединения в вертикальной плоскости. В станине на подшипниковых подушках 5 установлены две пары рабочих валков 6 с насаженными кольцевыми калибрами 7. В отличие от клеток станов ХПТ 3 ось расточ-

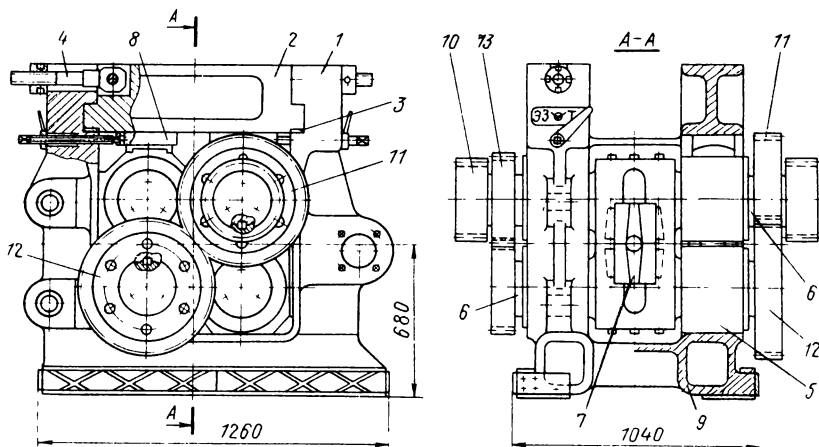


Рис. 10. Клеть стана ХПТ четвертой модели (тандем)

ки отверстий для соединения клетки с шатунами опущена для более благоприятного восприятия горизонтальных усилий от шатуна, с целью исключения отрыва клетки от станины в вертикальной плоскости при нижних положениях шатуна.

Многие элементы и детали клетки "тандем" (регулируемые клинья 8, направляющие с текстолитовыми планками 9, соединения с пневматическим уравнивающим устройством, осевая регулировка валков) аналогичны станам ХПТ третьей модели. Поэтому здесь рассматриваются только специфические отличительные особенности клетки "тандем".

В клетях "тандем" обжимная пара валков (верхний и нижний), расположенная ближе к шатунам, осуществляет начальную стадию деформации заготовки (редуцирование и последующее обжатие по диаметру и стенке). Вторая пара — калибровочная, завершает процесс обжатия по диаметру и стенке, а также калибрует готовую трубу.

Вращение валкам в клетки "тандем" передается от реек через шестерни 10, установленные на концах верхних валков обжимной пары. С верхнего валка обжимной пары через шестерню 11 вращение передается на шестерню 12, установленную на конце нижнего валка калибровочной пары (диагональная передача). С нижнего валка в калибровочной паре на верхний вращение передается посредством шестерен 13, установленных с противоположного конца валка.

Для обеспечения правильного взаимного расположения калибров в обжимной и калибрующей парах все шестерни, синхронизирующие вращение валков, замаркированы для сборки, а смещение шпоночных пазов в валках под калибры и шестерни, а также шпоночных пазов в шестернях по отношению к осям замаркированных зубьев не должно превышать 0,2 мм. Взаимное смещение оси ручья калибров и калибрующих пар не должно превышать 0,05 мм. Калибры имеют кольцевую форму и закрепляются на валке посадкой с натягом. После их индукционного нагрева валок устанавливают вертикально и калибр под собственной массой сползает вниз с валка. Быстрота нагрева калибра необходима для того, чтобы шейка валка не успела нагреться, что обеспечивает более легкий сход калибра с валка.

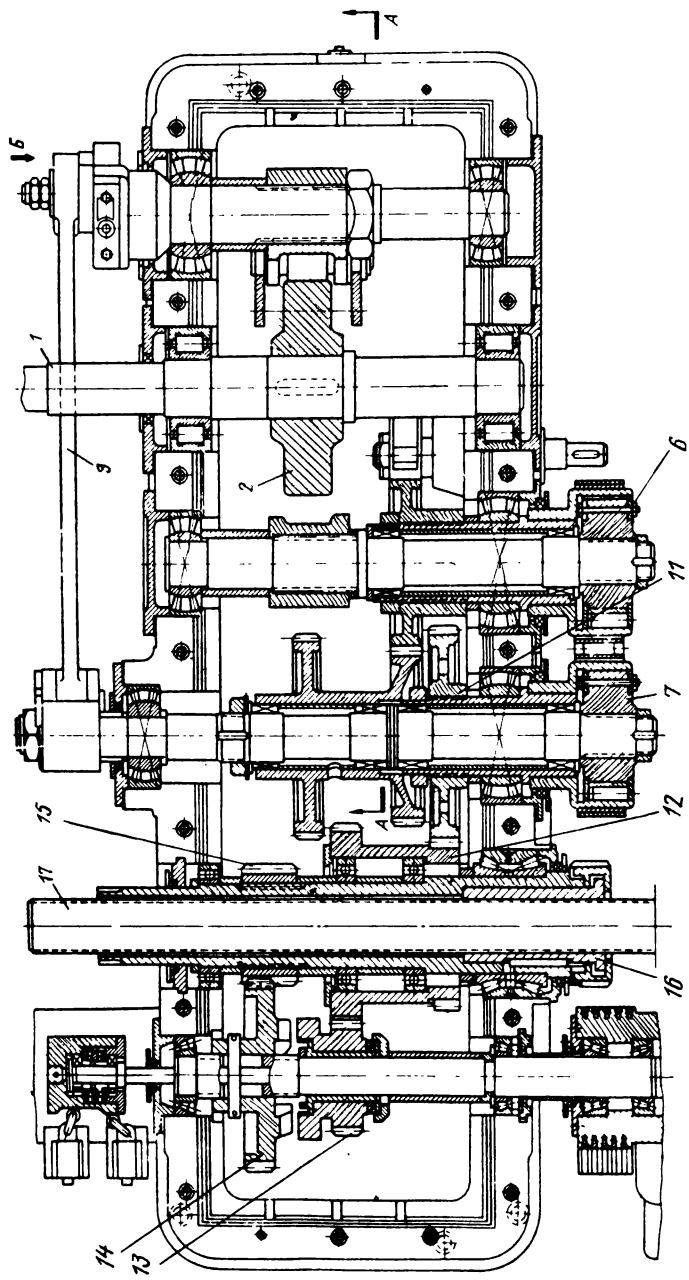
Перед напрессовкой шестерен и подшипников с подушкой, снимаемых с одного конца валка перед сменой калибра, це-

лесообразно посадочные поверхности покрыть противозадирной смазкой (дисульфидом молибдена, графитной смазкой и т.п.). Так как указанные детали при каждой смене калибра заменяют, целесообразно иметь специальные съемники и приспособления, облегчающие и ускоряющие эту операцию. Целесообразно использовать пресс усилием не менее 3000 кН.

Распределительно-подающий механизм (РПМ)

Назначением механизма является преобразование равномерного вращения ведущего трансмиссионного вала в прерывистое поступательное и вращательное движение винта подачи и вала поворота. На станах ХПТ третьей и четвертой моделей используются для этой цели механизмы редукторного типа (рис. 11).

На ведущем валу 1 (РПМ) стана ХПТ 55-4, который приводится во вращение от вала электродвигателя Д814 ($P = 110$ кВт, $n = 500$ об/мин) главного привода через двухступенчатый цилиндрический редуктор с общим передаточным числом $u = 108 \cdot 134 / 45 \cdot 46$ с торцовым модулем зубчатых колес первой пары 4,575 мм, и второй пары колес 5,555 мм, размещен кулачок 2. В результате частота вращения кулачка совпадает с числом двойных ходов рабочей клетки. С кулачком с двух сторон взаимодействуют два ролика (привода подачи и поворота), установленные в ползунах общей рамки 3, охватывающей кулачок. При этом один из ползун в окне рамки подпружинен с целью обеспечения силового замыкания. Оси роликов установлены в коромыслах, являющихся качающимися толкателями соответствующих ведущих валов для сообщения прерывистых движений заготовке. Кулачок имеет постоянные радиусы секторов, соответствующие периодам взаимодействия калибров с прокатываемым металлом, и два профилированных сектора, соответствующих отклонению и возврату во время раскрытия зевов калибров, когда прокатываемый металл не взаимодействует с поверхностью ручья. При этом отклонение ролика подачи 4 от оси кулачка сообщает перемещение патрону заготовки, а его возврат не передается заготовке. Диаметрально размещенный в рамке подпружиненный ролик привода поворота трубы 5 сообщает движение валу поворота в районе противоположного



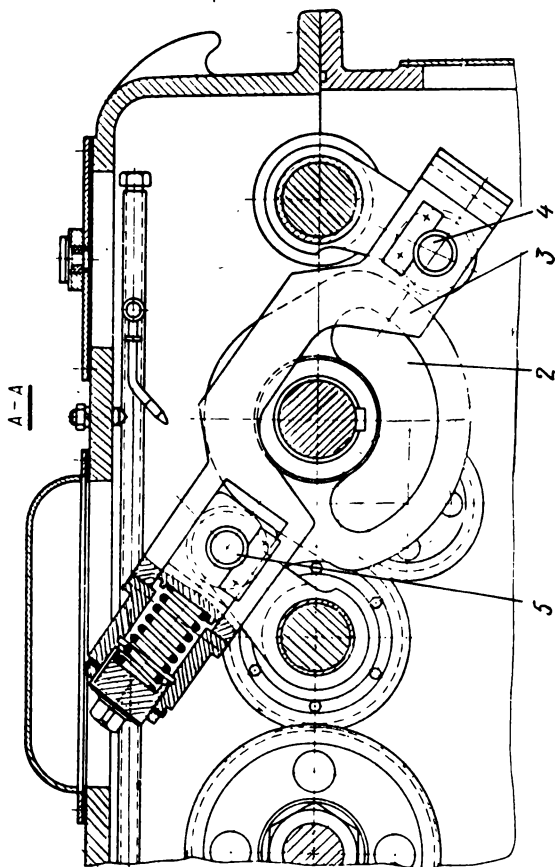
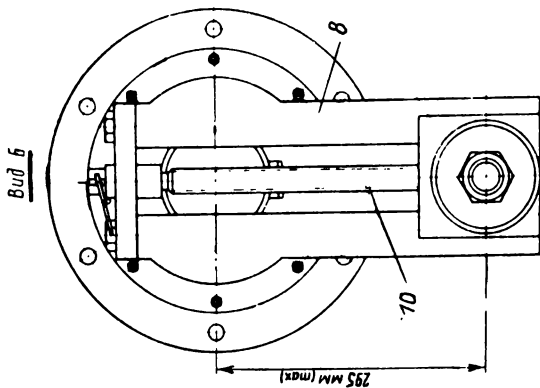
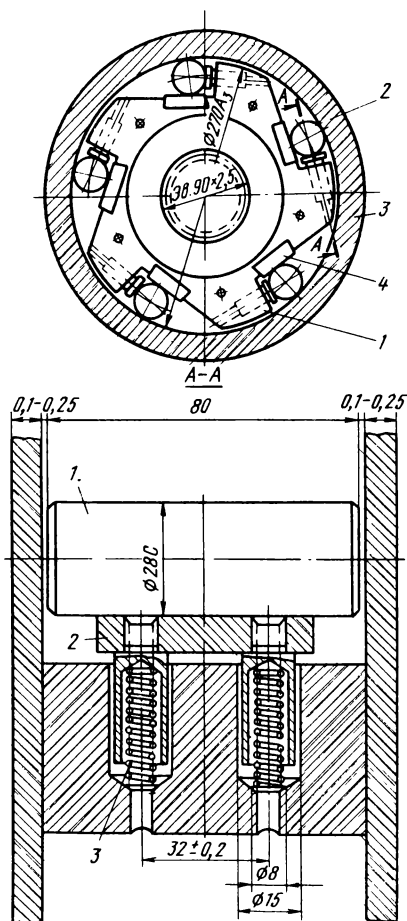


Рис. 11. Механизм подачи и поворота редукторного типа

крайнего положения клетки (переднего по ходу прокатки), а его сближение с осью кулачка вала поворота не передается. Такой односторонний характер движения обеспечивается муфтами свободного хода (МСХ) 6, 7, называемыми также роликовыми обгонными муфтами. Отклонение ролика подачи от оси кулачка и связанного с ним коромысла приводит к повороту вала этого коромысла и вместе с ним кулисы 8, закрепленной на нем с внешней стороны корпуса. Кулиса связана шатуном 9 шарнирного четырехзвенника со звездочкой (МСХ) муфты свободного хода. При этом длина ведущего звена четырехзвенника-кулисы регулируется с помощью винта 10, обеспечивая угол поворота звездочки МСХ от 0 до 35 град. Выбор оптимального профиля кулачка, обеспечивающего минимум динамических нагрузок механизма подачи, представлен в работе [6]. При опережающем движении звездочки 1 МСХ (рис. 12) ее цилиндрические ролики 2, изготовленные из стали ШХ15 с твердостью поверхностного слоя 58 HRC₃, заклиниваются в сужающихся карманах (впадинах) между внутренней поверхностью обоймы 3 и подушками 4 звездочки 1.



С целью повышения износостойкости подушки звездочки изготавливают также из стали ШХ15 с последующей закалкой до твердости 58 HRC₃. Расчетный угол заклинивания муфты 6°50'.

Рис. 12. Муфта свободного хода

Поворот обоймы заклиненной муфты (см. рис.11) через зубчатое колесо 11 ($z = 57$, $m = 8$), полый блок шестерен 12 ($z = 40$, $m = 8$ и $z = 51$, $m = 8$), кулачковую муфту с шестерней 13 ($z = 29$, $m = 8$) и пару зубчатых колес 14 и 15 ($z = 49$, $m = 8$) сообщается шпинделю подачи, в котором закреплена сменная бронзовая гайка 16 винтового толкателя 17 патрона заготовки. Возвратно-качательное движение вала поворота обеспечивается аналогичным механизмом. При этом возвратно-качательное движение коромысла, сообщаемое ему подпружиненным роликом 5 рамки 3 кулачкового механизма (см. рис.11), приводит в движение звездочку аналогичной обгоночной муфты, а от нее через ролики в обойму муфты — на шестерню ($z = 50$, $m = 6$) и далее, через двухвенцовый блок зубчатых колес ($z = 70$, $m = 6$) колесу ($z = 35$). Последнее закреплено на валу поворота заготовки и стержня оправки. Отдельное аналогичное колесо ($z = 49$, $m = 6$) передает периодический поворот шпинделю патрона.

После перемещения патрона заготовки на всю длину винта 17 отключают кулачковую муфту, второй от шпинделя подачи вал подключают к двигателю (Д3242, $P = 12$ кВт, $n = 770$ об/мин) ускоренного возврата винта подачи. Наиболее уязвимыми узлами МПП редукторного типа являются муфты свободного хода, рамка кулачкового механизма и гайка винта подачи, сроки службы которых зависят главным образом от быстроходности стана (табл.9). С увеличением быстроходности отмечается существенное возрастание динамических нагрузок. По этой причине станы малого типоразмера (а следовательно, с повышенной быстроходностью) имеют увеличенную частоту отказов механизмов подачи и поворота. Ударные нагрузки, действующие на элементы МСХ, вызывают износ заклиниваемых роликов, приводящий к их огранке. Это вызывает нарушение кинематических характеристик муфты свободного хода и, в результате, отклонение углов поворота от установленных значений составляет 20—30%. Обусловленная этим нестабильность значений разовых подач отрицательно влияет на геометрическую точность прокатываемых труб и приводит к перегрузкам рабочей клетки. Низкая работоспособность МСХ отмечается также при прокатке толсто-стенных труб, сопровождаемой повышенными значениями усилий срыва рабочего конуса с оправки.

Т а б л и ц а 9. Допустимые подачи и осевые усилия на ходовой винт механизмов подачи и поворота редукторного типа

Типоразмер стана	Число двойных ходов клетки в минуту	Допустимое осевое усилие на винт, кН	Допустимая величина подачи, мм
Стан ХПГ 32-3	80	70	30
	100	70	18
	120	70	12
	150	70	10
Стан ХПГ 55-3	68	200	30
	80	200	20
	100	200	18
	130	200	15
Стан ХПГ 90-3	60	200	30
	65	200	20
	70	200	15
	100	200	12

Примечание. Для станов всех типоразмеров предельный крутящий момент на муфте свободного хода (МСХ) равен 5 кНм.

Люнеты и патроны

Для сообщения направленного движения прокатываемой трубе и стержню на станах ХПГ используются люнеты и патроны: передний, промежуточный, патрон заготовки и стержня оправки. Люнеты ограничивают продольный изгиб заготовки и размещенного внутри нее стержня, винтов подачи и валов поворота, исключая потерю их устойчивости при соотношении длины к диаметру деформируемых элементов от 50 до 200. Люнеты выполнены в виде ряда конусов с полуцилиндрической расточкой под сменный полувкладыш, радиус приемной поверхности которого на 1,5–2 мм должен превышать наружный радиус заготовки. Люнеты соединены между собой телескопическими тягами, проходящими через отверстия патронов заготовки. Каждая секция тяг определяет шаг расстановки люнетов между промежуточным патроном и патроном заготовки. Над полувкладышем расположен свободно висящий флажок в виде сектора, ограничивающий изгиб заготовки в вертикальной плоскости.

Периодическое поступательное движение заготовки на величину разовой подачи за каждый один двойной ход клетки обеспечивается через патрон заготовки, соединенный неподвижно с передним торцом винта подачи. Шпиндель патрона,

через который свободно проходит оправка, торцовой поверхностью упирается в заготовку и перемещает ее.

Кантовка (периодический поворот вокруг собственной оси) прокатываемой трубы осуществляется промежуточным и передними патронами, корпуса которых закреплены неподвижно сразу вслед за задней лобовиной станины клетки и на ее передней стенке соответственно. Внутри корпуса промежуточного патрона на радиальных шарикоподшипниках установлен шпиндель, в радиальных окнах которого размещены три кулачка, сходящиеся за счет подпружиненных вдоль оси заготовки клиньев, установленных в свою очередь в дополнительном корпусе-обойме, в роликовом коническом упорном подшипнике, в корпусе патрона (см. табл. 8). Обойма с клиньями сближения кулачков соединена встроенной в корпус патрона коническо-цилиндрической зубчатой передачей ($m = 6$, $u = 1$, $z_1 = z_2 = 20$ и $m = 6$, $u = 1$, $z_3 = z_4 = 35$) с трансмиссионным валом поворота через конический редуктор ($m_e = 6$, $z_5 = 24$ и $z_6 = 21$).

Передний патрон имеет аналогичное устройство, на шпиндель с кулачками получает движение от трансмиссионного вала поворота через угловой конический редуктор ($m_e = 6$, $z_1 = 35$, $z_2 = 20$) и встроенную в патрон коническую передачу ($m_e = 6$, $z_3 = 32$, $z_4 = 49$). Общее передаточное число от трансмиссионного вала поворота к шпинделям переднего и промежуточного патронов $u = 8/7$. Кроме того, для раскрытия патронов и полного освобождения кулачками трубы обойма с клиньями имеет возможность перемещаться вдоль своей оси с помощью гидроцилиндров. Передний патрон, кроме периодического поворота трубы, осуществляет ее частичное торможение в осевом направлении, предупреждая неуправляемые броски.

Периодическое вращение оправки сообщается через задний трансмиссионный вал поворота и цилиндрическую прямозубую передачу ($m = 5$, $z_1 = z_2 = 40$). Это вращение передают на шпиндель механизма установки стержня. Механизм установки стержня (рис. 13) установлен в хвостовой части стана. Он предназначен для осевой регулировки положения оправки относительно рабочей клетки, изменения толщины стенки готовой трубы, а также для восприятия осевых усилий прокатки, действующих на оправку. Механизм установки стержня

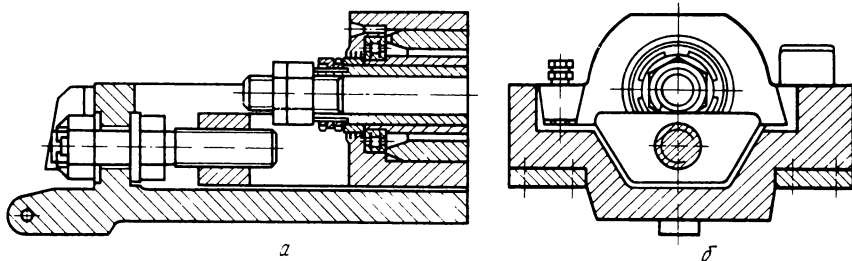
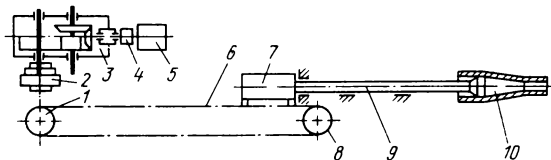


Рис. 13. Механизм установки стержня:
а — продольный разрез; *б* — поперечный разрез

оправки включает станину, в направляющих которой размещены салазки патрона стержня. Шпиндель патрона через пару роликовых (№ 32216 К) и два упорных (№ 8218) подшипника установлен в расточке каретки, связанной винтом с торцевой стенкой салазок. Максимальный ход винта (80 мм) обеспечивает возможное перемещение стержня оправки при настройке ее положения. Концевой участок стержня оправки соединен со шпинделем через шлицевую втулку; на шпинделе консольно установлена ведомая цилиндрическая шестерня ($m = 5$, $z = 40$), входящая в зацепление с ведущей шестерней задней трансмиссии поворота после перезарядки трубы и возвращения каретки в исходное положение цепным транспортером. Для снижения ударной нагрузки на торцы зубьев ведущая цилиндрическая шестерня на ее валу подпружинена в осевом направлении. В процессе прокатки регулировочный винт, соединяющий салазки с гайкой каретки, разгружен от осевых технологических нагрузок благодаря запирающему клину, расположенному в направляющих каретки и фиксирующему ее при завинчивании винтов клина в корпус салазок. Для фиксации в рабочем положении салазки с торца, обращенного к цепному транспортеру, запираются клином, перемещаемым от гидроцилиндра в вертикальном направлении.

Отвод салазок совместно со стержнем оправки назад при перезарядке (рис. 14) выполняет цепной транспортер. Его бесконечная втулочно-роликовая цепь приводится в движение ведущей звездочкой, соединенной через фрикционно-роликовую муфту с выходным валом коническо-цилиндрического редуктора (коническая передача: $m_e = 5$, $z_1 = 18$, $z_2 = 57$; цилиндрическая передача: $m_t = 5$, $z_3 = 18$, $z_4 = 81$). Веду-

Рис. 14. Механизм отвода салазок со стержнем оправки:
 1 — ведущая звездочка; 2 — комбинированная муфта; 3 — редуктор; 4 — муфта зубчатая; 5 — электродвигатель



ший вал получает движение от электродвигателя Д21У2 мощностью 4 кВт, $n = 1220$ об/мин. Двигатель постоянного тока обеспечивает замедление салазок с патроном стержня при возврате их в исходное рабочее положение. Комбинированная ролико-фрикционная муфта (рис. 15) имеет внутри две зубчатые полушестерни, одна из которых зубьями связана с корпусом, а через него с дисками фрикционной муфты. Вторая группа фрикционных дисков связана с зубчатой обоймой второй полушестерни.

Наружная поверхность этой обоймы (рис. 13) выполнена в виде звездочки 1 роликовой муфты 2 свободного хода, обод которой соединен со звездочкой фрикционной дисковой муфтой 3. Использование такой комбинированной муфты позволяет воспринять большой нагрузки (до 4 кНм) при отводе оправки назад и ее отрыве от рабочего конуса трубы и предохранительный эффект муфты предельного момента при возврате оправки в рабочий конус (с максимальным крутящим моментом 1,2 кНм).

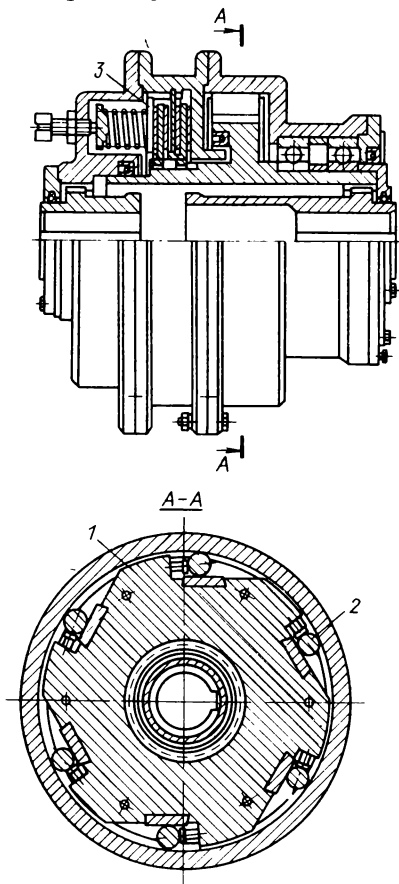


Рис. 15. Муфта комбинированная

2. Двухниточные станы ХПТ 2-40-8А и ХПТ 2-90

Двухниточные станы ХПТ 2-40-8А и ХПТ 2-90 предназначены для холодной прокатки труб из стали и цветных металлов с временным сопротивлением до 700 МПа на стане ХПТ 2-40 и до 300 МПа — на стане ХПТ 2-90. При прокатке труб из материалов с пределом прочности свыше 700 и 300 МПа на соответствующих станах режимы и производительность рекомендуется уменьшить, уточнив их значения в процессе эксплуатации. Станы этой модели имеют торцовую загрузку и непрерывную циклическую подачу заготовок. Стан ХПТ 2-40 имеет рабочую клеть с подвижной силовой станиной и с консольным расположением калибров, при расстоянии между двумя одновременно прокатываемыми трубами — 1300 мм. Клеть стана ХПТ 2-90 имеет валки (с кольцевыми калибрами), установленные в станине клетки со смещением вдоль оси прокатки, что обеспечило уменьшение расстояния между нитками прокатки до 550 мм. Схема технологического процесса приведена на рис. 16.

Пакет заготовок краном укладывается на стеллаж 11 приемного стола. Во избежание рассыпания пакета при его развязывании он охватывается рычагами 9. После развязывания пакета через зазор между рычагами и стеллажом заготовки, располагаясь в один ряд, перекатываются до дозатора 8. Заготовки дозатором подаются в желоб (одной или другой нитки). Затем заготовки задним толкателем 10, работающим от гидромотора 6, через цепную передачу 7 подаются на стержень 3 в зону толкателя 4 через открытый зажим заднего патрона стержня. Далее задний толкатель 10 отходит в исходное положение, кулачки 5 зажимают стержень, передний зажим 2 открывается, освобождая стержень, передний толкатель 4 проталкивает в зону действия патронов 12 и 13 гильзы. По мере продвижения заготовок в очаг деформации патронами толкатель 4 постоянно поджимает последнюю заготовку к предыдущим до выхода ее заднего торца за передний зажим, после чего кулачки зажима закрываются, кулачки 5 заднего зажима открываются и процесс задачи заготовки повторяется.

Патронами 12 и 13 гильзы заготовка подается в очаг деформации (в рабочие валки 14). Патроны гильзы работают с

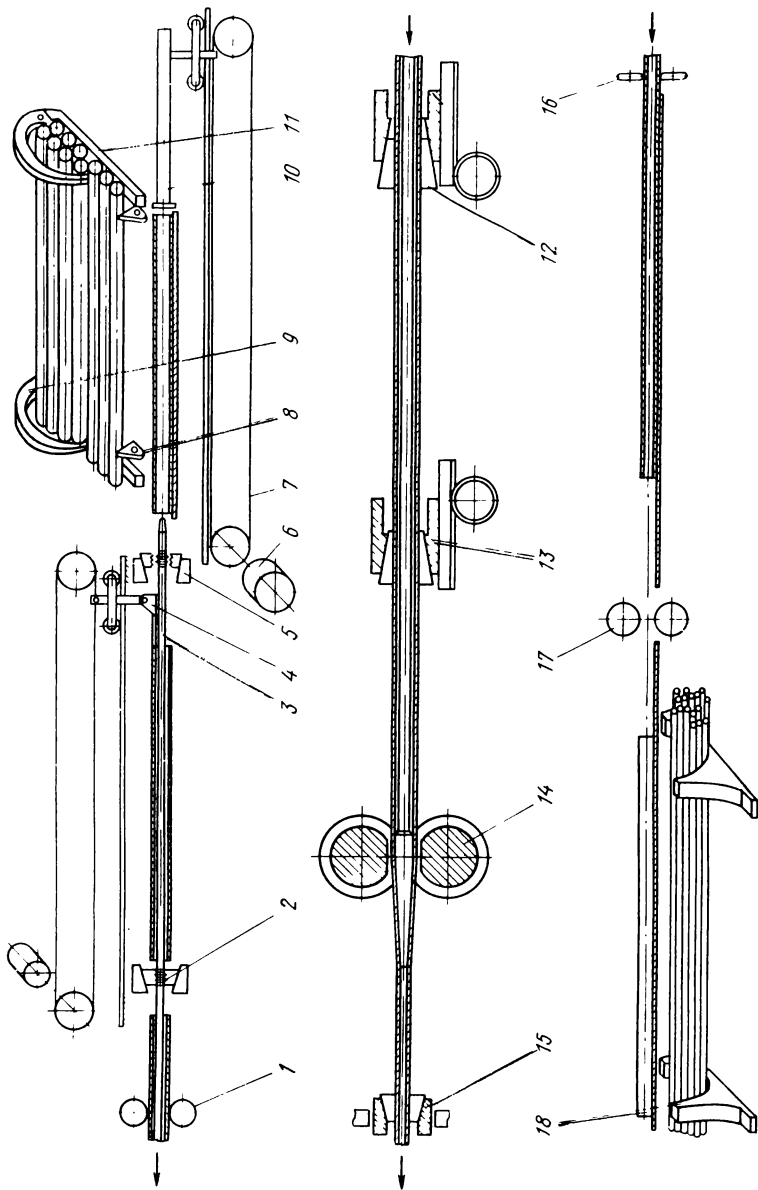


Рис. 16. Схема работы станов ХПГ 2-40 и ХПГ 2-90

перехватом, т.е. во время подачи заготовки патронов 12, патрон 13 отходит назад, затем патрон 13 подает заготовку, а патрон 12 отходит назад. С целью исключения разрыва между заготовками установлены подающие ролики 15, которые поджимают заднюю заготовку к передней. Патроны 12 и 13, кроме подачи заготовки в очаг деформации в заднем крайнем положении валков 14, поворачивают заготовку в их крайнем переднем положении.

Прокатываемые трубы поворачиваются и удерживаются от осевого перемещения также передним патроном 17. После прокатки готовая труба разрезается без остановки стана летучей пилой 18. Тянущими роликами 19 труба вытягивается на стол выдачи, где укладывается в карманы 19. Весь цикл прокатки, начиная от подачи заготовки с приемного стола и кончая укладкой готовых труб в карманы стола выдачи, автоматизирован.

Представленная технологическая схема реализуется следующими механизмами (рис. 17):

от электродвигателя постоянного тока 1 через коническо-цилиндрический редуктор 2 и кривошипно-шатунный приводной механизм 3 рабочей клетки 4 сообщается возвратно-поступательное движение. От коническо-цилиндрического редуктора через трансмиссию вращение передается к механизму 5 подачи. В механизме подачи постоянное вращение диффе-

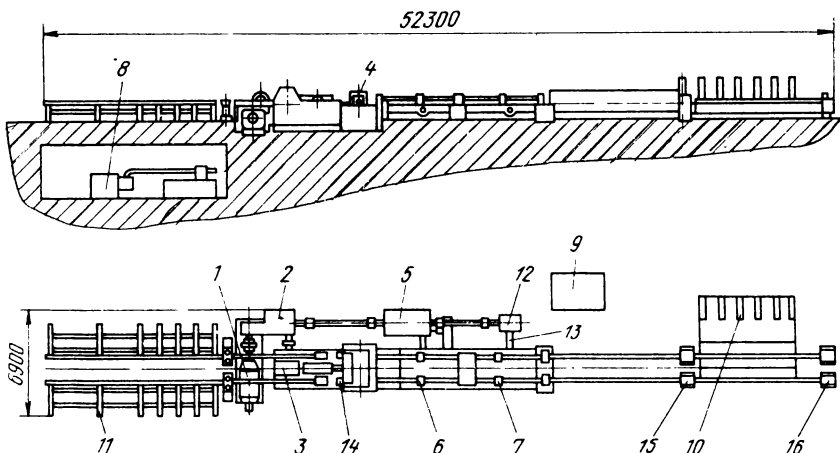


Рис. 17. Устройство стана ХИТ 2-40

рещично-кулачковой группой преобразуется в прерывистое вращательное движение, совершаемое по определенному закону согласовано с движением рабочей клетки (в заднем положении рабочей клетки). Это движение через рещичные передачи передается патронам 6 и 7 гильзы, на которых закреплены рейки. Патроны гильзы попеременно, с перехватом, подают трубу в очаг деформации. От механизма подачи постоянное вращение передается механизму поворота 12, в котором оно преобразуется в прерывистое, и через трансмиссию 13 поворота передается на патроны гильзы 6, 7, промежуточные патроны, передние патроны 14, патроны стержней 15 и 16. Маслоэмульсионная станция 8 стана расположена в подвальном помещении. Гидростанция 9 расположена рядом со станом. Заготовки загружаются на приемный стол 10, а готовые трубы поступают на стол выдачи 11.

Техническая характеристика станом приведена ниже:

Стан	ХПТ 2-40	ХПТ 2-90
Заготовка:		
наружный диаметр, мм	25—63,5	50—125
толщина стенки, мм	2—10	2—20
длина, м	1,5—8	1,5—5
кривизна, мм:		
на 1 м длины		До 1
на всю длину		До 3
Готовая труба:		
наружный диаметр, мм	16—40	32—90
толщина стенки, мм	0,5—10	0,75—18
длина (после резки), м	5—10	3—13
Число двойных ходов клетки в мин	70—150	70—100
Число двойных ходов клетки в мин:		
настроечное	15—30	15—30
подача, мм	3—30	4—30
Произведение вытяжки на подачу, наибольшее, мм (при $\sigma_B = 400$ МПа)	70	120
Усилие, кН:		
вертикальное усилие на валок	700	800
осевое на рейку подачи	70	80
Диаметр, мм:		
валка (калибра)	280	462
ведущих шестерен	252/264	378/392
Ход клетки, мм	720	1105
Длина шатуна, мм	3520	4800
Давление, МПа:		
жидкости в гидросистеме	2—5	2—10
эмульсии	0,25—0,3	0,24—0,4
жидкой смазки	0,35—0,4	—
Установленная мощность, кВт:		

электродвигателя главного привода (постоянного тока)	250	630
электродвигателей переменного тока	80	235
Размеры стана, м:		
длина	52,3	52,2
ширина	6,9	5,4
Масса, т:		
подвижных частей рабочей клетки	4,8	14
механического оборудования стана	156	234,3

Рабочая клетка стана ХПТ 2-90

Рабочая клетка двухниточного стана ХПТ 2-90 осуществляет одновременно деформацию двух труб с наружным диаметром от 32 до 90 мм, расположенных в горизонтальной плоскости на расстоянии 550 мм одна от другой. Деформация осуществляется кольцевыми калибрами. Рабочие валки каждой нитки смещены попарно вдоль оси прокатки относительно друг друга на 560 мм. Это сделано с целью сокращения расстояния между нитками и габаритов клетки при обеспечении независимости настройки каждой пары валков, что дает возможность прокатывать более точные трубы вне зависимости от жесткости и точности изготовления деталей в каждой паре валков. Кроме указанного, данная конструкция клетки позволяет из заготовок одного размера прокатывать трубы разного диаметра в каждой нитке.

Рабочая клетка (рис.18) состоит из литой станины 1, в которой установлены две пары рабочих валков 2, 3, 4, 5 с кольцевыми калибрами 7 по прессовой посадке, установленными на валках. Усилия прокатки воспринимаются многорядными коническими роликоподшипниками 9, установленными в подушках 10, 11. Перекосы, возникающие вследствие неточности изготовления деталей клетки и прогиба валка от усилий прокатки, компенсируются сферическими шайбами 12, 13, установленными между валковыми подушками и станиной. Для предохранения валков и станины от поломок при перегрузках предусмотрены срезные шайбы 14, установленные в клиньях 15, которыми регулируется радиальный зазор в валках при помощи винтов 16. Осевая регулировка валков осуществляется винтами 17. Для уравнивания верхних валков служат пружины 18. Вращательное движение валкам сообщается от рейки 21, установленной в станине под рабочую клетку, че-

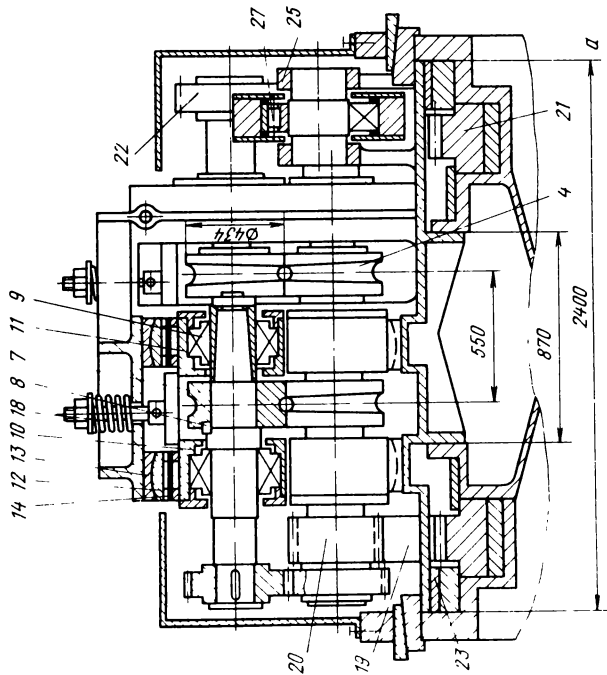
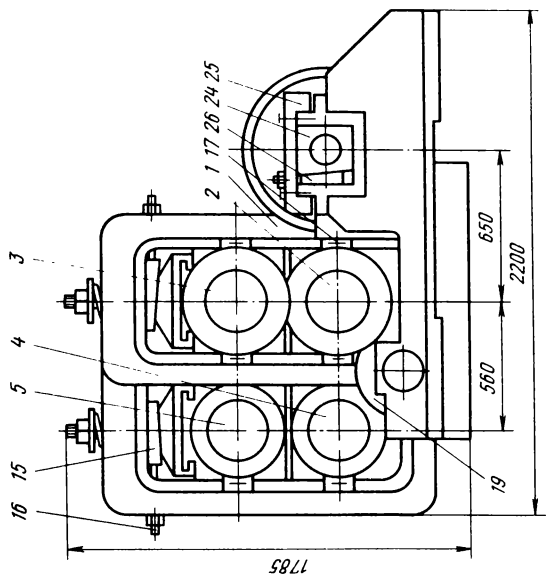


Рис. 18. Рабочая клетка стана ХПТ 2-90

рез промежуточную реечную шестерню 19, и шестерни 20, 22, установленные на валках.

В станине рабочая клеть перемещается на ползунках 23. С шатунами приводного механизма клеть соединяется осями 24, установленными в пазах станины клетки и затягиваемыми крышками 25 и клиньями 26. На оси 24 посажены роликоподшипники 27, смонтированные в шатуны приводного механизма. Такое соединение клетки с шатунами обеспечивает быстрое отсоединение клетки от приводного механизма.

Перевалка осуществляется путем выемки валков в сторону совместно с подушками, предварительно ослабив клинья нажимного механизма. Калибры меняют вне стана в специальном приспособлении аналогично тому, как это проводится в клетке "тандем" стана ХПТ четвертой модели, описанной выше.

3. Двухниточный стан ХПТ 2-25-40

На стане холодной прокатки труб ХПТ 2-25-40 получают трубы диаметром от 12 до 50 мм из материалов с пределом прочности в исходном состоянии до 700 МПа. Стан имеет следующие особенности: прокатка осуществляется в две нитки, расположенные вертикально одна над другой; загрузка заготовок торцевая, процесс прокатки непрерывный; рабочая клетка с подвижной силовой станиной, главный привод с грузовым уравновешиванием инерционных масс рабочей клетки. Состав оборудования стана, принцип его работы и технологический процесс прокатки в основе своей аналогичны стану ХПТ 2-40-8А и описывать их нет необходимости. Имеющиеся отличия обусловлены прежде всего конструктивными особенностями механизмов стана и расположением ниток прокатки одна над другой на расстоянии 400 мм.

В состав оборудования рабочей клетки стана (рис. 19) входят: рабочая клетка; станина под рабочую клетку с направляющими рабочей клетки, рейками привода рабочих валков и защитными кожухами; передний и промежуточный патроны.

В состав оборудования участка подачи входят: механизм подачи и поворота, два патрона заготовки с винтовыми толкателями и трансмиссией поворота, направляющие патронной заготовки.

Рабочая клетка (рис. 19) состоит из отливой из стали

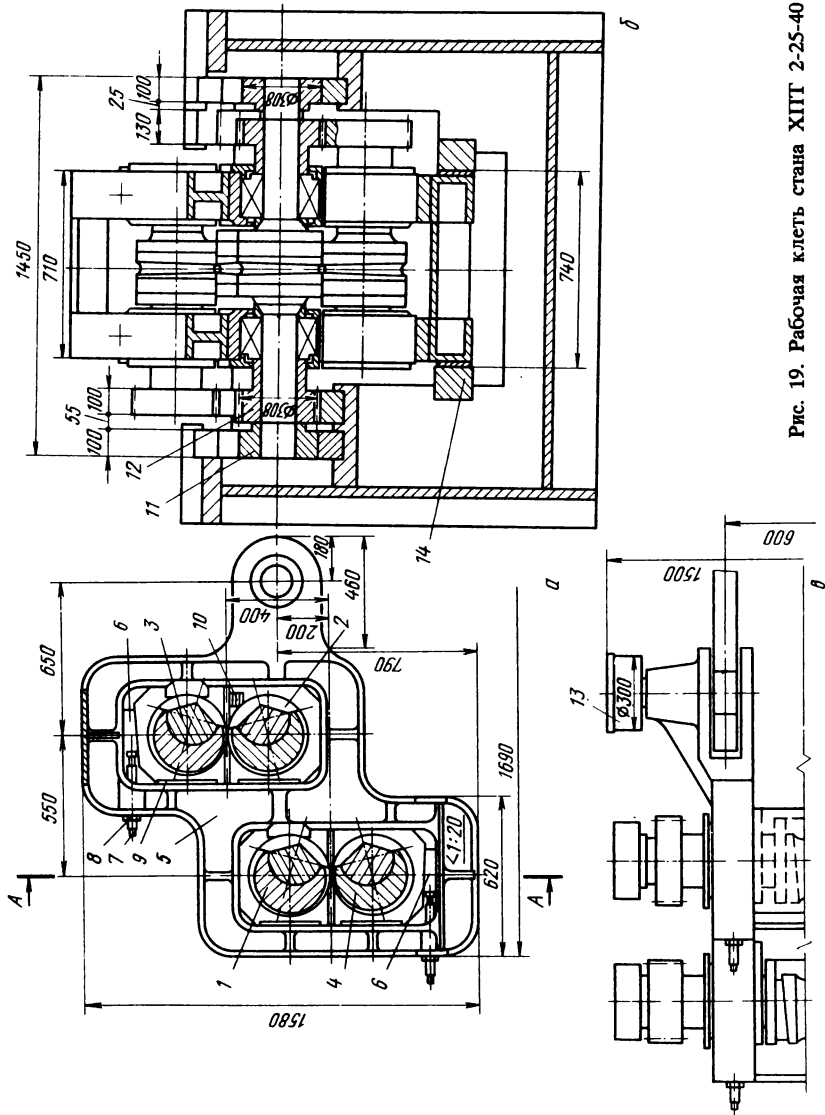


Рис. 19. Рабочая клеть стана ХПТ 2-25-40

подвижной силовой станины 5, в окнах которой размещены две пары рабочих валков 1—4 с подшипниковыми подушками. Пары валков смещены вдоль продольной оси, что обеспечивает их независимость друг от друга и расположение осей прокатываемых труб одна над другой. Рабочие валки 2 и 3 верхней оси прокатки расположены ближе к переднему патрону, чем рабочие валки нижней оси прокатки. Нижний валок 2 первой пары и верхний валок 1 второй пары снабжены ведущими шестернями 12 и катками 11, диаметр которых равен диаметру делительной окружности ведущих шестерен. Кроме катков, смонтированных на концевых шейках валков, рабочая клеть снабжена катками 13, смонтированными на осях соединения станины с шатунами привода возвратно-поступательного перемещения. Катки находятся в контакте с рельсами, служащими направляющими при перемещении рабочей клетки.

Каждая пара рабочих валков соединена между собой синхронизирующими шестернями. Подшипниковые опоры смонтированы в подушках, размещенных в проемах станины. Между вертикальной плоскостью проема станины и подушкой устанавливаются клинья 9, фиксирующие подушку в направлении прокатки и исключают зазоры между подушками и проемом станины. Один из валков каждой пары снабжен клиновым нажимным механизмом 6, 7, 8 для настройки положения валков на размер прокатываемой трубы.

Каждый из рабочих валков снабжен гнездом для установки калибра с эксцентричной относительно оси валка посадочной поверхностью. Калибр фиксируется в гнезде с помощью торцевой шпонки и бокового клина. Торцевая шпонка закрепляется на эксцентричном пальце: вращением эксцентрика обеспечивается требуемая настройка положения на посадочной поверхности валка в зависимости от требуемой величины зазоров между калибрами, по ходу движения клетки. После ориентации калибра шпонкой проводится установка и тщательная затяжка бокового клина. Затяжку рекомендуется осуществлять с помощью специальной гидрошайбы.

Взаимное расположение верхнего и нижнего калибров в тангенциальном направлении обеспечивается за счет точности изготовления шпоночных соединений в посадке синхронизирующих шестерен на валках; в осевом направлении — за

счет продольного перемещения любого из валков с помощью винтов, размещенных с торцов одной из подушек каждого валка.

Рабочая клеть имеет две модификации: для прокатки труб диаметром 12—25 мм; для прокатки труб диаметром 20—50 мм.

Клеть для прокатки труб 12—25 мм имеет диаметр калибра 322 мм, диаметр шейки под подшипник 140 мм, диаметр оси под калибр 180 мм, диаметр реечной шестерни 308 мм. Клеть для прокатки труб диаметром 20—50 мм имеет диаметр 336 мм, диаметр шейки под подшипник 180 мм, диаметр оси под калибр 200 мм, диаметр реечной шестерни 322 мм. Длина хода обеих клетей одинакова 800 мм.

При сборке, монтаже и ремонтах, связанных с извлечением и установкой клетки и направляющих рельсов, необходимо контролировать правильность установки направляющих рельсов и рабочей клетки. Контроль осуществляется в трех положениях рабочей клетки: обоих крайних положениях и среднем. Зазор между нижними рельсами и катками во всех трех положениях недопустим: все четыре катка должны одновременно катиться по рельсам по всей длине хода клетки. При этом плоскости, проходящие через оси валков каждой пары, должны быть вертикальны. Допускаемое смещение оси какого-либо валка от общей вертикальной плоскости не более 0,3 мм.

В стане применен рычажно-эксцентриковый приводной механизм с грузовым уравниванием инерционных нагрузок. Привод смонтирован в корпусе и состоит из приводного эксцентрикового вала, связанного с валом качающего рычага и с валом противовеса шатунами.

Радиусы приводных эксцентриков в два раза меньше радиусов рычагов, поэтому за один оборот эксцентрикового валка вал качающегося рычага и вал противовеса совершают двойное качательное движение на угол 60° . Валы установлены в корпусе таким образом, что плоскость, проходящая через ось эксцентрикового вала и ось с качающимся рычагом, перпендикулярна плоскости, проходящей через ось эксцентрикового вала с противовесом. Поэтому возвратно-качательное движение вала качающегося рычага и вала противовеса смещены по фазе относительно друг друга на $1/4$ цикла.

Качающийся рычаг соединен шатунами с рабочей клетью, в результате чего за одно двойное качание рычага рабочая

клеть совершает один двойной ход. Приведенный момент инерции противовеса эквивалентен приведенному моменту инерции рабочей клетки. Выполнение перечисленных условий обеспечивает уравнивание динамического момента на приводном валу механизма. Передней стенкой крышки приводной механизм соединяется болтами с рамой (станиной) под рабочую клетку. Вращение приводного эксцентрикового вала осуществляется от электродвигателя через зубчатую передачу с передаточным отношением $u = 100/18$.

Электродвигатель установлен на фундаментной плите и соединяется с механизмом упругой втулочно-пальцевой муфтой с тормозным шкивом. Через коническую зубчатую пару и цилиндрическую передачу с общим передаточным числом $u = 1$ вращение от эксцентрикового вала передается на механизм подачи и поворота. Коническая и цилиндрическая пары смонтированы во фланцевом корпусе, закрепленном на корпусе приводного механизма.

Смазка зубчатых зацеплений жидкая циркуляционная от смазочной системы стана. Смазка подшипников в шатунах, соединяющих качающийся рычаг с рабочей клетью, густая закладная.

4. Стан ХПТ 250

Стан холодной прокатки труб ХПТ 250 предназначен для холодной прокатки труб диаметром от 90 до 250 мм из углеродистых, легированных и нержавеющей сталей с пределом прочности до 1000 МПа, а также из цветных металлов и сплавов. Стан ХПТ 250 правого исполнения, одностанинный, с боковой загрузкой заготовки, с подвижной валковой обоймой, с неподвижной силовой станиной. В модификациях стан может выполняться как с пневматическим уравниванием главного привода, так и без него. Валковая обойма имеет одну пару рабочих валков с калибрами полудисками. На одной оси с калибрами на специальных подшипниках установлены опорные катки, воспринимающие усилие прокатки и контактирующие с опорными рельсами неподвижной силовой станины.

Приводной механизм представляет собой коленчатый вал, который напрямую, без редуктора, соединен с тихоходным электродвигателем постоянного тока мощностью 1000 кВт.

Процесс прокатки труб на стане в основе своей аналогичен процессу прокатки на станах ХПТ третьей и четвертой моделей. На стане также используются боковая загрузка заготовок, прокатка одной трубы, остановка стана для перезарядки новой заготовки, отвод стержня с оправкой во время перезарядки и др. Однако габариты оборудования, предопределенные диаметрами прокатываемых труб, конструкция и схемы отдельных узлов и механизмов отличаются от станов малых типоразмеров ХПТ третьей и четвертой моделей.

На рис. 20 приведен общий вид стана ХПТ 250. От специального тихоходного электродвигателя постоянного тока 7 мощностью 1000 кВт. Вращение напрямую через зубчатую муфту передается на коленчатый вал приводного механизма стана, от которого через два шатуна возвратно-поступательное движение сообщается кассете (валковой обойме) с установленными в ней рабочими валками с полудисковыми калибрами и опорными валками с подшипниками. Кассета с рабочими валками, опираясь на опорные валки и перемещаясь по неподвижным опорным рельсам, закрепленными в неподвижной станине под рабочую клеть, осуществляет деформацию трубы. От главного электродвигателя 7 через коническую передачу, трансмиссию, конические редукторы главного привода 4 вращение передается механизму подачи и поворота 5, в котором постоянное вращение дифференциально-кулачковой группой преобразуется в прерывистое вращательное движение, совершаемое по определенному закону и строго синхронно с движением кассеты рабочей клетки.

Это движение по одной ветви передается на винты патрона подачи заготовки, по другой ветви через трансмиссии на передний и промежуточный патроны и на поворот патрона стержня с оправкой. Стол 6 загрузки предназначен для приема заготовок и выдачи их на ось прокатки и состоит из механизма загрузки, приемного стеллажа и дозирующего устройства. Задний стол 3 служит для установки и крепления стержня, его поворота и отвода из зоны деформации в момент перезарядки, для перемещения оправки, и состоит из механизмов отвода и установки стержня. Стол 10 выдачи предназначен для приема готовой трубы, вытягивания ее из летучей пилы при помощи тянущих роликов и сбрасывания с оси прокатки на приемные решетки. Гидросистема стана, ра-

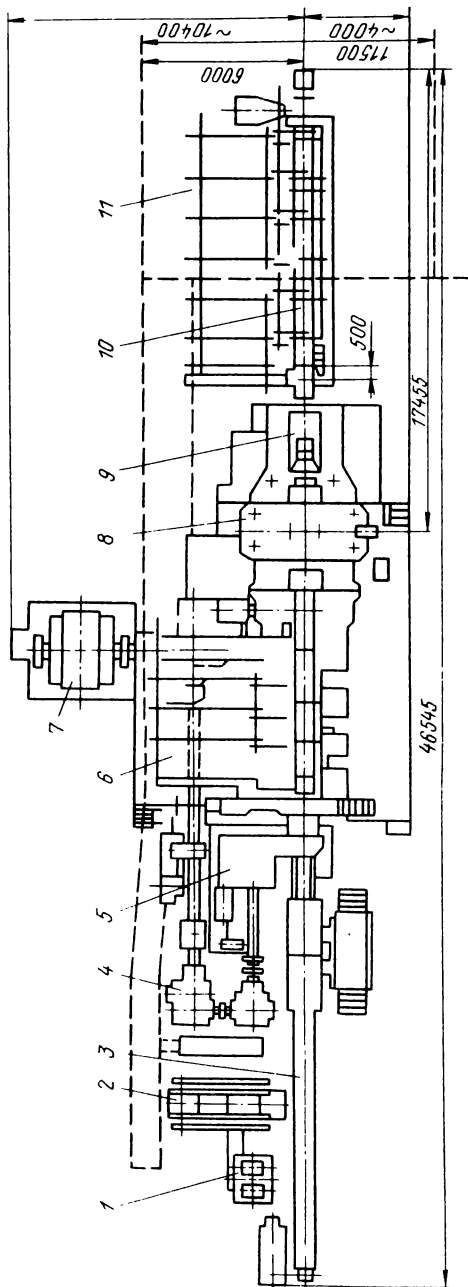


Рис. 20. Стан ХПТ 250:

1 — насосная станция; 2 — установка золотников; 3 — задний стол; 4 — главный привод; 5 — распределительно-подающий механизм; 6 — стол загрузки; 7 — электродвигатель главного привода; 8 — рабочая линия; 9 — летучая пила; 10 — выдachi; 11 — маслоэмulsionный подвал

ботающая на насосной станции 1, обслуживает гидроприводы механизмов стана, управляемые золотниками, собранными в отдельную установку 2. Смазочное оборудование стана расположено в одном маслоподвале и состоит из системы жидкой и густой централизованных смазок и эмульсионной системы.

На столе 6 загрузки предусмотрена система технологического промасливания внутренней поверхности заготовок перед прокаткой. В процессе прокатки пакет заготовок краном загружается на стол 6 загрузки. Дозатор, заблокированный с механизмом загрузки, отделяет одну заготовку и кладет ее в желоб стола загрузки. Гидроцилиндр толкателем передвигает заготовку до упора в форсунку, через которую смазывается ее внутренняя поверхность. После возвращения толкателя в исходное положение рычаги механизма загрузки плавно укладывают заготовку на передние подвижные и нижние неподвижные люнеты. Стержень с оправкой, закрепленный в патроне заднего стола 3, вводится в заготовку и фиксируется клином механизма установки стержня с помощью гидроцилиндра.

Затем закрываются верхние неподвижные люнеты, центрирующие заготовку на оси прокатки, включается главный двигатель 7. В процессе прокатки заготовка подается в валки клетки рабочей линии 8 в момент, когда кассета с валками находится в крайнем заднем положении и калибры валков, образуя "зев", свободно пропускают заготовку. Заготовка поворачивается вместе с оправкой, как в крайнем переднем положении кассеты, так и в крайнем заднем положении ее одновременно с подачей. Заготовка подается в очаг деформации и поворачивается с помощью механизма подачи и поворота 5. После выхода из переднего патрона готовая труба проходит через шпиндель каретки летучей пилы 9. Команду на разрезание трубы летучая пила получает от конечного выключателя, установленного на столе 10 выдачи. После разрезания включаются тянущие ролики, которые перемещают готовую трубу на желоб стола выдачи 10, а затем сбрасывателем труба передается на стеллаж 11.

После прохождения патроном заготовки за линию переднего габарита труб стола загрузки 6 происходит остановка стана на перезарядку. Гидроцилиндр механизма подачи поворота 5 включает подачу. Включается двигатель ускоренного

отвода патрона заготовки. Освобождается патрон стержня, включается двигатель отвода стержня. Подвижные люнеты возвращаются в исходное положение. После отвода оправки и патрона заготовки в заднее положение нижние и неподвижные люнеты поднимаются для приема новой заготовки. В дальнейшем цикл повторяется.

Техническая характеристика стана приведена ниже:

Заготовка:	
наружный диаметр, мм	104—273
толщина стенки, мм	5—30
длина, м	2—6
масса, наибольшая, кг	550
Готовая труба:	
наружный диаметр, мм	90—250
толщина стенки, мм	2,5—25
длина, м	4—10
Число двойных ходов валковой обоймы в минуту	25—60
Подача заготовки, мм/дв. ход	4—40
Угол поворота трубы, рад (град), не более	1,05(60)
Максимальное уменьшение поперечного сечения заготовки за проход, %	60
Произведение вытяжки на подачу, мм	До 100
Вертикальное усилие прокатки на рабочий валок, кН (не более)	5000
Момент прокатки на рабочем валке, кНм, не более	30
Длина хода рабочей клетки, мм	1008
Диаметр валка (калибра), мм	800
Мощность электродвигателя главного привода постоянного тока, кВт	1000
Мощность электродвигателя переменного тока, кВт	300
Габариты электродвигателя, м:	
длина	47
ширина	14,5
высота	4,9
Масса подвижных частей рабочей клетки (кассета в сборе), т	23
Масса механического оборудования стана, т	660

Рабочая клетка стана

Рабочая клетка является основным узлом рабочей линии стана ХПТ 250 (рис. 21, 22). В состав оборудования рабочей линии входит станина 1 (рис. 22) рабочей клетки с четырьмя колоннами и верхней траверсой. В станине размещается обойма валковая 4 с установленными в ней рабочими валками и калибрами. Кроме рабочей клетки, в рабочую линию входят приводной механизм 2, центрирующая проводка 5, трансмиссия патронов 7, лобовина 3 с установленным на ней передним патроном 6.

На станине рабочей клетки, отлитой из стали 30Л, смонтированы все названные механизмы стана. Станина через ус-

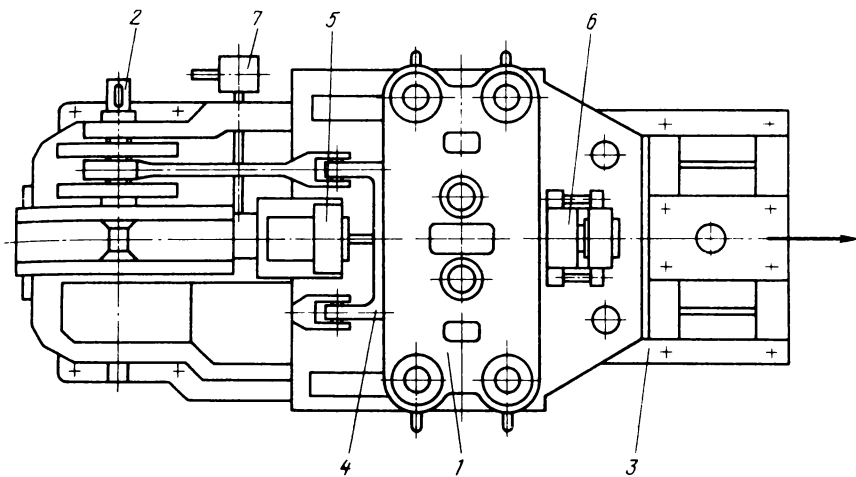


Рис. 21. Рабочая линия стана ХПТ 250

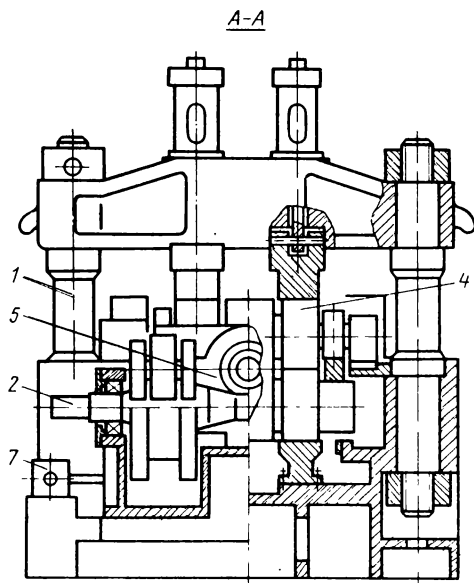


Рис. 22. Клеть стана ХПТ 250 (позиции соответствуют рис. 21)

тановленные на ней опорные рельсы воспринимает вертикальные усилия прокатки. Нижние опорные рельсы установлены неподвижно непосредственно на станине, верхние рельсы установлены на верхней траверсе и прижимаются к ней уравнивателями. Верхние рельсы имеют возможность перемещаться в вертикальной плоскости до 10 мм. Это перемещение осуществляется при помощи системы винта и двух клиньев. Такая система позволяет перемещать верхний рельс вверх или вниз параллельно или только одну его сторону, что бывает иногда необходимо по технологическим соображениям. Верхние рельсы прижимаются заданным усилием к траверсе станины с помощью уравнивателей, каждый рельс — своим уравнивателем. Уравниватель верхних рельсов состоит из следующих основных деталей: корпуса, плунжера, штока, пружины, гайки. Пружина предназначена для предварительного прижатия рельса к траверсе и для удержания рельса при отсутствии давления в гидросистеме. Усилие предварительного прижатия регулируется гайкой и должно обеспечивать надежное прижатие без зазоров рельса к траверсе, что обеспечивается установкой размера 340 мм. При этом усилие регулируется верхний рельс. При работе стана рельс дополнительно прижимается к траверсе с усилием, которое получается от давления жидкости в полости, подключенной к гидросистеме стана. На стане установлены рейки, с которыми сцепляются шестерни рабочих валков, находящихся в кассете. Особенностью установки реек является то, что с правой рейкой соединяется реечная шестерня верхнего валка, а с левой — реечная шестерня нижнего валка. Реечные шестерни закреплены боковыми коническими поверхностями в пазах станины.

Четыре колонны закреплены в станине и траверса закреплена на колоннах при помощи гаек с термической затяжкой. Процесс затяжки осуществляется следующим образом: гайки завертывают до отказа и помечают их положение относительно колонн рисками. После этого электрическими термоэлектронагревателями, вводимыми в отверстие в центре колонны, нагревают участок колонны с резьбой до температуры, превышающей температуру окружающего воздуха на 60 °С, затем гайки довертывают на 10° от отмеченной ранее риски. После установки нижних рельсов с помощью линейки проверяют совпадение верхних плоскостей рельсов в одной горизонтальной

плоскости в поперечном и в продольном направлениях; при этом подкладки под рельсы для выравнивания плоскостей недопустимы. Несовпадения должны устраняться только шлифованием нижней подошвы рельса. Допустимое превышение одного рельса над другим не должно быть более 0,2 мм.

Обойма валковая

В обойме валковой (рис. 23) имеется сварная кассета 1, в которой монтируются все остальные детали обоймы. К проушинам кассеты с помощью пальцев присоединяются шатуны приводного механизма, сообщая ей возвратно-поступательное движение. В пазах кассеты устанавливаются рабочие валки 2 с подшипниковыми опорами, воспринимающими вертикальные усилия прокатки и контактирующими наружными кольцами с опорными рельсами. В пазах валков при помощи клиньев (аналогично креплению калибров в валках станов ХПТ 3 модели) крепятся полдискковые калибры. От опрокиды-

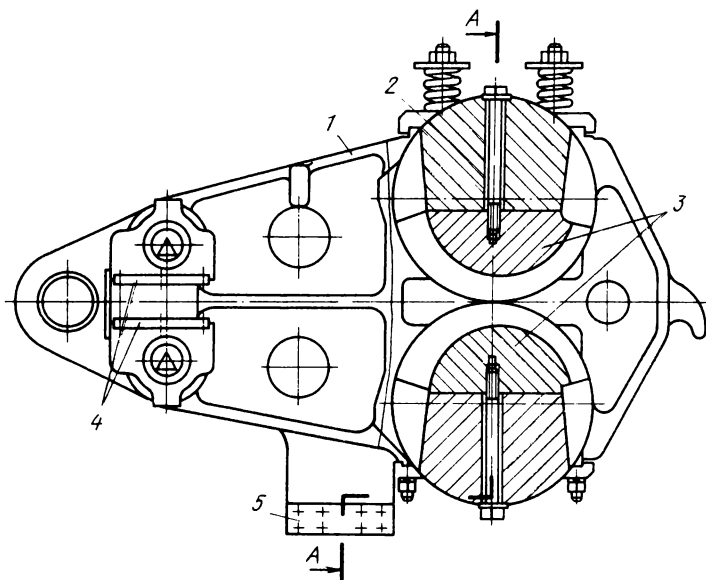


Рис. 23. Валковая обойма клетки:

1 — сварно-литая кассета; 2 — рабочий валок; 3 — сменный калибр; 4 — подзун; 5 — планка

вания обойма валковая удерживается ползунами, которые охватывают неподвижные направляющие рельсы, закрепленные в станине. Ползуны установлены на эксцентричных осях для регулировки зазоров между ними и рельсами. От поперечного смещения кассета обоймы удерживается выступами 5, контактирующими с направляющими плоскостями станины с зазором 0,15–0,25 мм. Для снижения маховых масс зубьев и обод у речных шестерен, не входящие в зацепление при работе, срезаны. Обойму в станину устанавливают в собранном виде со стороны приводного механизма, сняв предварительно промежуточную проводку, которая центрирует заготовку перед валками. Правильность установки обоймы валковой в станине проверяется совпадением опорных поверхностей под калибры на обоих валках по линейке, как это показано на схеме на рис. 23; допустимое неприлегание не более 0,5 мм.

Механизм подачи стана ХПТ 250 служит для подачи заготовок в очаг деформации в процессе прокатки в момент раскрытия зева в калибрах, когда между наружным диаметром заготовки и рабочими поверхностями калибров образуется кольцевой зазор. Подача проводится в заднем крайнем положении валковой обоймы. Механизм подачи осуществляет также ускоренный отвод патрона гильзы в момент перезарядки стана и воспринимает осевое усилие прокатки. Для синхронизации подачи с моментом раскрытия зева калибров вращение вала кулака механизма подачи задается от электродвигателя главного привода через систему конических редукторов и трансмиссию. Таким образом, число оборотов вала кулака механизма подачи равно числу двойных ходов валковой обоймы.

Механизм подачи (рис. 24) состоит из следующих основных узлов и деталей: вала 1 кулака подачи, кулака 2, рычага подачи 3, муфты 4 обгона, муфты 5 кулачковой, вала 6 кулака поворота, вала 7, кулака 8 поворота, рычага 9 поворота, кулисы 10, тяги 11, гаек 12 винтов подачи 14, вала 15, муфты 16 фрикционной, гидроцилиндра 17 управления, упорных подшипников 18.

При вращении вала 1 кулака подачи рычаги 3 подачи совершают качательное вращение по закону, задаваемому профилем кулака 2. Профиль выполнен таким образом, что в сочетании с муфтой 4 обгона обеспечивает подачу заготовки

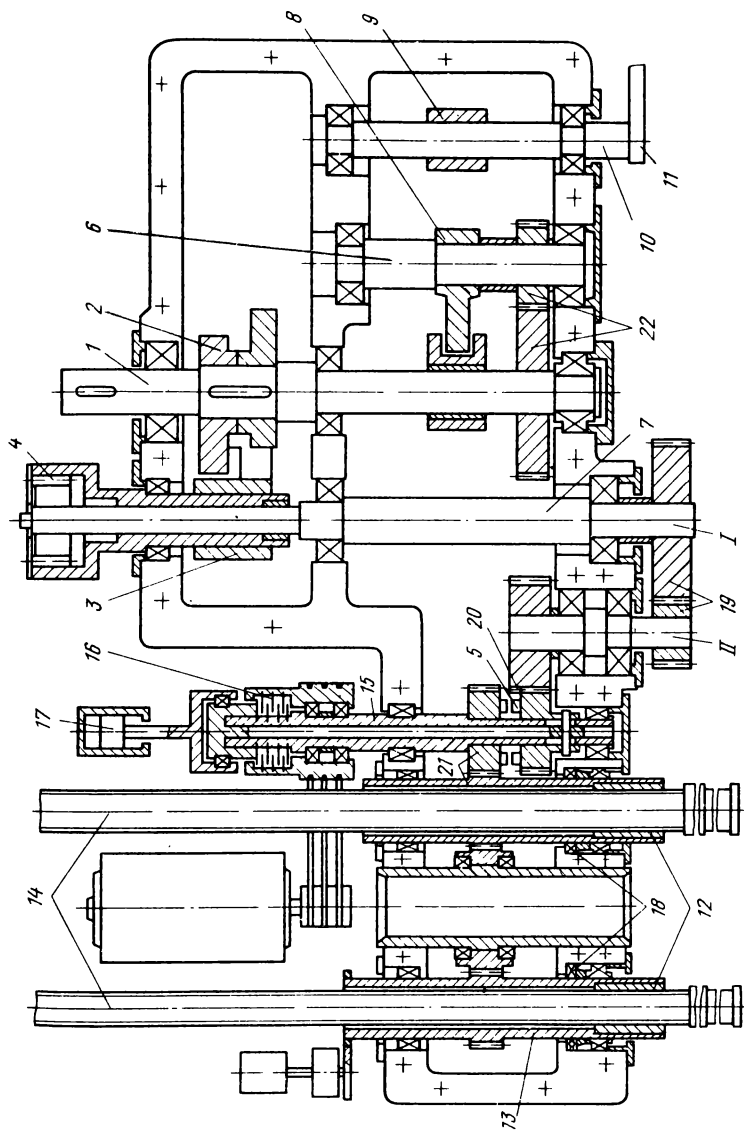


Рис. 24. Механизм подачи кулачково-дифференциального типа:

1 — вал кулака подачи; 2 — кулак; 3 — рычаг подачи; 4 — муфта обгона; 5 — муфта обгона; 6 — вал кулака поворота; 7 — вал; 8 — кулак поворота; 9 — рычаг поворота; 10 — кулиса; 11 — тяга; 12 — гайка; 13 — вал подачи; 14 — винт подачи; 15 — вал; 16 — муфта фрикционная; 17 — гидроцилиндр управления; 18 — подшипники упорные

в крайнем заднем положении валковой обоймы в момент раскрытия зева калибров и высотой во время деформации трубы. Поворот вала 7 через зубчатые пары 19, 20 и 21 передается гайкам 12 валов 13 подачи, при этом винты 14 перемещаются поступательно и, таким образом, толкают (подают) заготовку на определенную величину. Величина подачи регулируется путем смены пары зубчатых шестерен 19.

На вал 15 через двойную клиноременную передачу и фрикционную муфту 16 передается вращение от электродвигателя привода ускоренного отвода (подвода). Через зубчатую пару 21 передается вращение гайкам валов подачи и, таким образом, осуществляется ускоренное перемещение винтов и связанного с ними патрона гильзы.

Для включения рабочей подачи или ускоренного отвода (подвода) установлен гидроцилиндр 17 управления. В переднем крайнем положении поршня кулачковая муфта 5 замыкается, а фрикционная муфта 16 размыкается, включается рабочая подача. В заднем крайнем положении поршня гидроцилиндра замыкается фрикционная муфта и размыкается кулачковая, включается ускоренный подвод или отвод патрона гильзы. Осевое усилие при прокатке воспринимается упорными подшипниками 18. От вала кулака подачи через зубчатую пару 22 вращение передается валу кулака поворота 6, причем число оборотов вала кулака поворота в два раза больше числа двойных ходов валковой обоймы. Кулак 8 поворота профилирован таким образом, что в период раскрытия зева калибров в переднем или заднем крайних положениях валковой обоймы рычаг 9 поворота отклоняется на 30° за время, равное $1/6$ времени двойного хода валковой обоймы, а затем за время прямого (или обратного) хода валковой обоймы возвращается в исходное положение. Через кулису 10 и тягу 11 это качательное движение передается на рычаг механизма поворота.

Механизм поворота стана ХПТ 250 (рис. 25) состоит из следующих основных узлов и деталей: рычага 1, трансмиссии 2, наклонного вала 3, звездочки 4, обоймы 5, трансмиссионного вала 6, механизма 7 ускоренного поворота, гидроцилиндра управления 8, редуктора 9, электродвигателя 10. Механизм поворота соединен с передним патроном трансмиссией 2, а с механизмом установки стержня — трансмиссионным валом 6 через зубчатую пару 12 с наклонным валом 3.

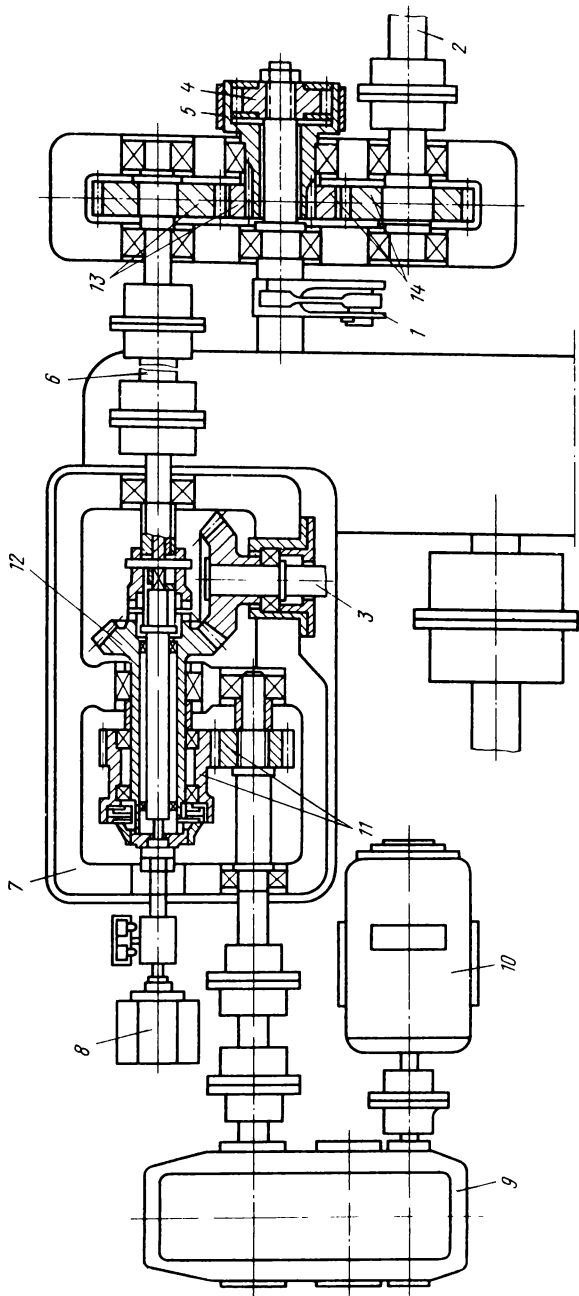


Рис. 25. Механизм поворота станок крупного размера:
 1 — рычаг; 2 — трансмиссия; 3 — наклонный вал; 4 — звездочка; 5 — обойма; 6 — трансмиссионный вал; 7 — ускоренный механизм поворота; 8 — гидроцилиндр управления; 9 — редуктор; 10 — электродвигатель

Качание рычага 1 в момент поворота направлено таким образом, что ролики в муфте обгона заклиниваются, звездочка 4 увлекает за собой наружную обойму 5. Через зубчатые пары 13 и 14 осуществляется поворот трансмиссии и, в конечном итоге, поворот заготовки, готовой трубы и стержня с оправкой. Во время деформации трубы рычаг 1 возвращается в исходное положение. При этом ролики в муфте обгона расклиниваются и наружная обойма 5 остается неподвижной.

Для осуществления механизированной сборки стержня используется механизм 7 ускоренного поворота. Этот механизм при помощи электродвигателя 10 через редуктор 8, зубчатые пары 11 и 12, наклонный вал 3 передает вращение на механизм установки стержня и, таким образом, осуществляется поворот стержня. Для включения ускоренного поворота предусмотрен гидроцилиндр 8 управления с функциями, аналогичными функциям гидроцилиндра управления в механизме подачи. В переднем крайнем положении поршня гидроцилиндра фрикционная муфта замкнута, а кулачковая разомкнута, включен ускоренный поворот. В заднем крайнем положении поршня гидроцилиндра размыкается фрикционная муфта, а кулачковая муфта замыкается. В этом положении включен рабочий поворот.

5. Стан ХПТ 450П

Стан холодной прокатки труб ХПТ 450П предназначен для холодной прокатки труб с постоянной и переменной толщиной стенки, диаметром готовых труб от 150 до 450 мм из горячекатаных, прессованных или сварных заготовок в холодном состоянии углеродистых и легированных сталей, а также из цветных металлов и их сплавов с пределом прочности в исходном состоянии до 1000 МПа.

Стан ХПТ 450П является уникальным агрегатом. Технологический процесс прокатки труб на стане полностью механизирован с полуавтоматическим управлением.

Стан ХПТ 450П имеет следующие основные признаки: одноточный, с боковой загрузкой, с подвижной валковой обоймой и неподвижной силовой станиной без уравновешивания главного привода левого исполнения (рис. 26). От спе-

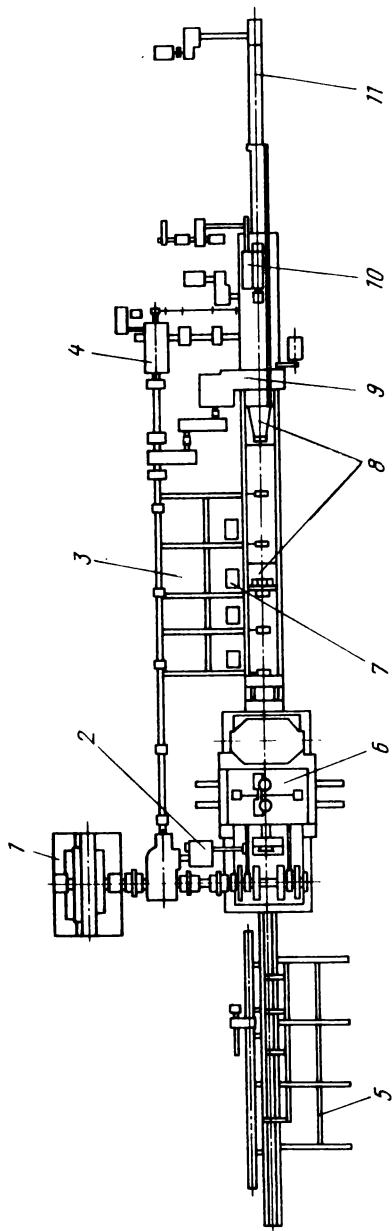


Рис. 26. Стан XIII 450

циального тихоходного электродвигателя 1 постоянного тока мощностью 1300 кВт вращение напрямую через зубчатые муфты передается на колленчатый вал кривошипно-шатунного механизма, двумя шатунами которого сообщается в о з в р а т н о - п о с т у п а т е л ь н о е движение валковой обойме клетки б. На концах рабочих и опорных валков в валковой обойме установлены шестерни, которые, обкатываясь по рейкам, закрепленным в неподвижной станине, сообщают рабочим валкам с калибрами возвратно-поворотное движение, благодаря чему осуществляется процесс прокатки.

От вала, соединенного с электродвигателем 1 коническо-цилиндрической передачей и трансмиссией вращение передается на передний механизм поворота 2, в котором оно преобразуется в прерывисто-поворотное.

От заднего механизма поворота 4 прерывисто-поворотное движение передается к механизму установки стержня 10 и сообщается стержню с оправкой. От трансмиссии через промежуточный редуктор вращение передается на механизм 9 подачи, в котором постоянное вращение, преобразуясь в прерывисто-поворотное, сообщается гайкам, которые в соответ-

ствии со своим движением осуществляют прерывисто-поступательное движение винтов подачи, на конце которых установлен патрон гильзы.

Работа стола 3 загрузки и стола 5 выдачи осуществляется от гидроцилиндров. Отвод и подвод стержня с оправкой при перезарядке осуществляется двумя самостоятельными приводами — передним и задним, которые при помощи цепи перемещают патрон стержня. Привод осуществляется электродвигателями постоянного тока (46 кВт, 610 об/мин).

Перемещение каретки патрона стержня для регулировки положения оправки в очаге деформации при прокатке труб постоянного сечения и для перемещения оправки за каждый ход клетки при прокатке труб переменного сечения осуществляется отдельным приводом от двух электродвигателей (32 кВт, 730 об/мин), работающих на один общий приводной вал.

Стержень в оправку ввертывается при помощи специального привода от электродвигателей (22 кВт, 720 об/мин), приводящего во вращение шестерню патрона стержня. Оправка при этом зажимается от поворота специальными гидроцилиндрами, установленными в раме люнетов около рабочей клетки.

На стане возможна прокатка труб по следующим схемам: труб переменного сечения из заготовки длиной до 12 м; труб переменного сечения из заготовки длиной от 12 м до 24 м (с перехватом); цилиндрических труб из заготовки длиной до 12 м.

Механизм подачи стана ХПТ 450П

Механизм подачи (рис. 27) дифференциального типа предназначен для подачи заготовки в момент раскрытия зева валков, когда клеть находится в заднем крайнем положении, для ускоренного отвода или подвода патронов гильзы в момент перезарядки стана, для восприятия через патроны гильзы и винты подачи осевого усилия прокатки при деформации трубы.

Для синхронизации периода подачи с моментом раскрытия зева валков вращение вала кулака подачи 1 сообщается от главного привода через систему редукторов и трансмиссию главного привода. Таким образом, число оборотов вала ку-

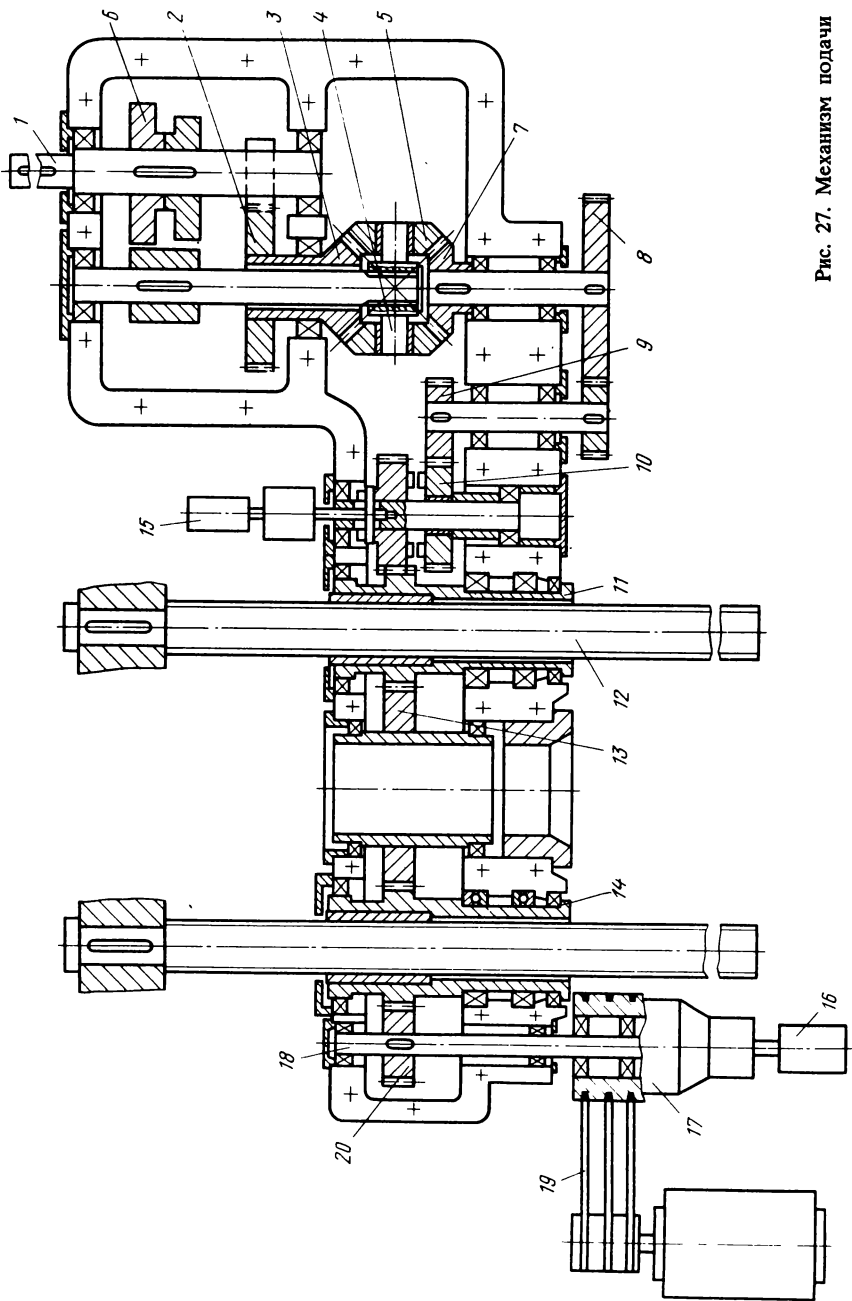


Рис. 27. Механизм подачи

лака 1 равно числу двойных ходов валковой обоймы. Время подачи составляет $1/6$ времени двойного хода обоймы.

Постоянное вращение от вала кулака через зубчатые пары 2 передается солнечному колесу 3. Водило 4 с сателлитом 5 поворачивается от рычага подачи по закону, выдаваемому профилировкой кулака 6. Кулак 6 выполнен таким образом, что в момент рабочего хода обоймы водило 4 поворачивается со скоростью в два раза меньшей по величине и направленной в ту же сторону, что и вектор скорости вращения солнечного колеса 3. В результате второе солнечное колесо 7 остается неподвижным.

В момент раскрытия зева валков (в заднем крайнем положении обоймы) закон движения водила 4 меняется и вследствие рассогласования скоростей по величине и по знаку на солнечном колесе 3 и водиле 4 происходит поворот второго солнечного колеса 7. Это движение через пару сменных шестерен 8, зубчатые пары 9 и кулачковую муфту 10 передается гайкам 11 винтов 12 подачи.

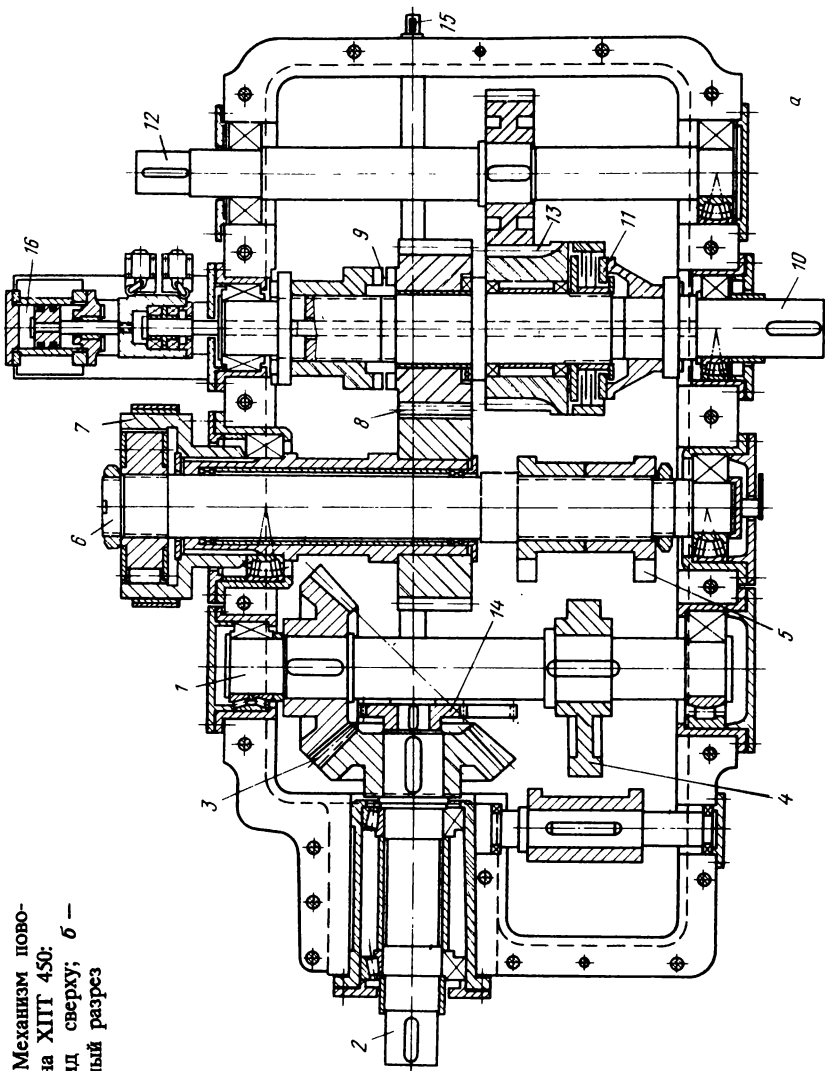
Поворот гаек 11 приводит к смещению винтов в осевом направлении. Гайки обоих винтов связаны промежуточной шестерней 13 с числом зубьев 36. Величина подачи регулируется с помощью сменных шестерен 8.

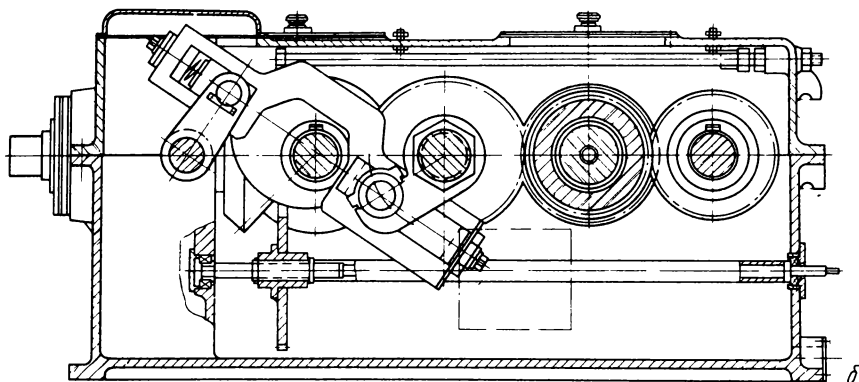
Осевое усилие прокатки воспринимается упорными подшипниками 14. Переключение подачи с рабочей на ускоренное движение осуществляется с помощью двух гидравлических цилиндров 15 и 16. При этом цилиндр 15 выводит из зацепления кулачковую муфту 10 в цепи, идущей от солнечного колеса 7 к гайкам 11 винтов, а цилиндр 16 — фрикционную дисковую муфту 17 вала 18 ускоренного отвода. Вал ускоренного отвода получает вращение через клиноременную передачу 19 и фрикционно-дисковую муфту 17 от электродвигателя постоянного тока ДП-72. Вращение вала ускоренного отвода через зубчатую шестерню 20 передается гайкам 11 винтов 12 подачи.

Механизм поворота стана ХПТ 450П

Механизм поворота стержня (рис. 28) служит для преобразования вращательного движения, получаемого от редуктора главного привода, в прерывистый поворот стержня в момент, когда обойма находится в крайних положениях. Для синхро-

Рис. 28. Механизм поворота стана ХПГ 450:
а — вид сверху; *б* —
 продольный разрез





Продолжение рис. 28

низации моментов поворота стержня с положением валковой обоймы привод механизма осуществлен от электродвигателя главного привода через редуктор с ускоряющей передачей $u = 2$.

Непрерывное вращение, получаемое от редуктора, передается на кулачковый вал 1, через трансмиссию главного привода, промежуточный вал 2 и зубчатую коническую передачу 3 с $u = 1$. Учитывая, что кулак поворота имеет вдвое большее число оборотов, чем коленчатый вал приводного механизма, рабочий профиль кулака 4 отклонит рычаги поворота 5 за один ход рабочей клетки дважды. В момент, когда ролик рычага поворота проходит рабочий профиль кулака, расположенный на участке в 120° , происходит отклонение рычага на угол 26° и поворот вала 6 звездочки роликковой муфты обгона 7. С вала звездочки это движение через корпус роликковой муфты обгона 7 и зубчатую пару 8 с $u = 1$, при условии включенной кулачковой муфты 9, передается на вал 10, соединенный с трансмиссией поворота стержня.

В то время, когда ролик рычага поворота проходит диаметрально противоположный участок профиля кулака, качательное движение, получаемое рычагом, на трансмиссию поворота стержня не передается вследствие проскальзывания в этот момент роликковой муфты. На механизме поворота стержня предусмотрен "ускоренный поворот" (постоянное вращение стержня), необходимый для обеспечения механизированного процесса накрутки (или свертывания) оправки на сте-

ржень или частей стержня между собой. В этом случае гидрорцилиндром 16 выключается кулачковая муфта 9 прерывистого поворота и включается фрикционная муфта 11. Приводом в этом случае является электродвигатель МТВ 412-8. Вращение от электродвигателя через редуктор ЦТ-1100 передается на промежуточный вал 12 механизма поворота. С промежуточного вала 12 вращение через зубчатую пару 13 ($u = 1$) и фрикционную дисковую муфту 11 передается на трансмиссию поворота стержня.

Передний механизм поворота, расположенный в отдельном корпусе, служит для преобразования вращательного движения, получаемого от редуктора главного привода, в прерывистый поворот переднего патрона. Принципиальная схема работы его не отличается от работы механизма поворота стержня за исключением того, что данный механизм не имеет "ускоренного поворота".

Механизм установки стержня стана ХПТ 450П

Механизм установки стержня (рис. 29, 10) предназначен для жесткой фиксации стержня с оправкой во время прокатки труб, перемещения оправки в момент раскрытия зева с целью получения переменного сечения трубы, поворота стержня с оправкой и прокатываемой трубой в крайних положениях рабочей обоймы, вырыва оправки из трубы при перезарядке стана.

Базовой деталью механизма является стальная литая станина, в направляющих которой перемещается каретка, а в направляющих каретки при помощи клина фиксируется патрон стержня, к которому на резьбе крепится стержень с оправкой. Каретка относительно станины перемещается при помощи двух винтов, расположенных в горизонтальной плоскости по оси прокатки. Разрез по винтам и гайкам, осуществляющим перемещение каретки со стержнем и оправкой показан на рис. 29. Разрез показан по одному винту, по второму винту устройство аналогично и работают оба устройства синхронно. Винт 1 при помощи гайки 2 и разрезной конической втулки 3 закреплен в каретке 4, в которой закреплен патрон со стержнем и оправкой (на рис. 29 не показан). Гайка 5, установленная на роликовых подшипниках 6 в станине 7,

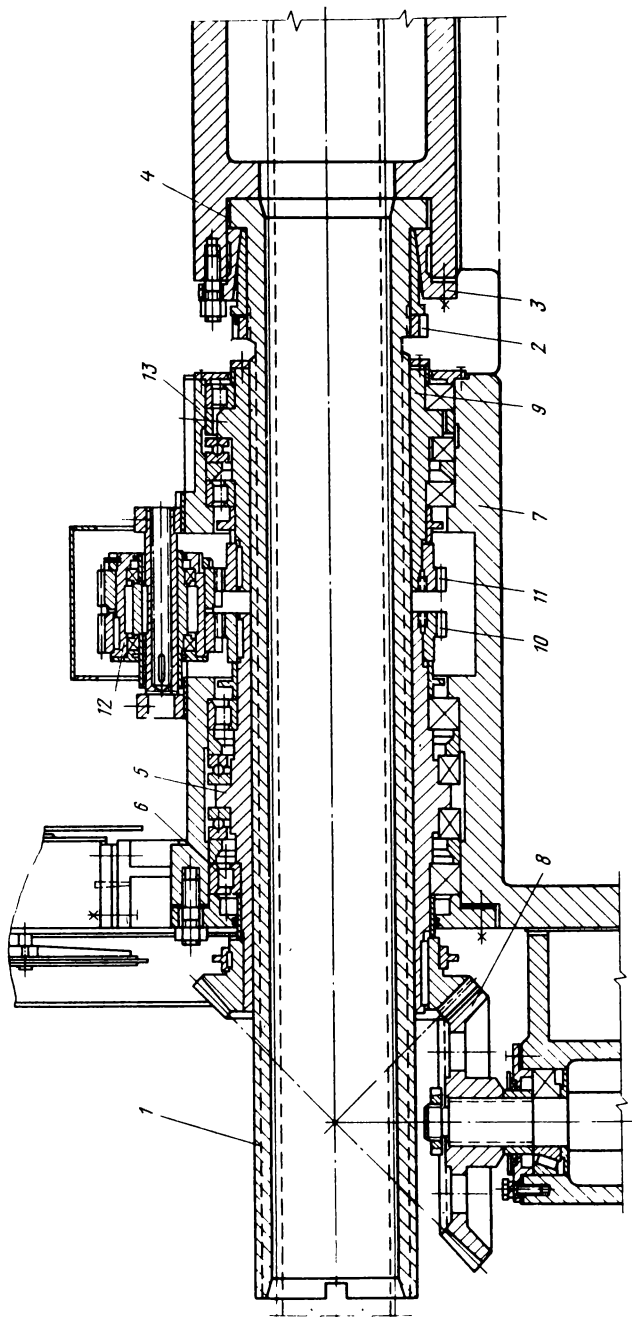


Рис. 29. Механизм установки стержня ХПГ 450

получает вращение от механизма перемещения стержня через конические шестерни 8.

Для исключения перемещения винта 1 в зазорах гайки 5 и уменьшения разбивания резьбы от больших осевых нагрузок зазор в резьбе гайка-винт выбирается при помощи контргайки 9. Это достигается тем, что на конце гайки 5 установлена прямозубая шестерня 10, а рядом с ней на конце контргайки 9 установлена косозубая шестерня 11. Перемещающаяся вдоль оси блок шестерен 12 при помощи гидроцилиндра, контргайку 9 разворачивают относительно гайки 5. При этом контргайка, перемещаясь по винту, выбирает зазор между гайкой и упорным подшипником. Далее контргайка выбирает все зазоры в резьбе и подшипниках в основной гайке 5 и свои зазоры. При обратном движении гидроцилиндра в контргайке 9 вновь образуется зазор между упорным торцом и подшипником, а также освобождается от зажатия гайка 5, становится возможным ее вращение и перемещение винта с кареткой 4. При этом контргайка свободно вращается на винте через шестерни 10, 11 и блок 12. При прокатке на стане труб с переменной толщиной стенки указанные движения по зажатию и освобождению гайки совершаются за каждый ход валковой обоймы на стане.

Рабочая клеть стана ХПТ 450П

Рабочая клеть (рис. 26, б) выполнена с неподвижной силовой станиной с нажимными механизмами и подвижной валковой обоймой с рабочими и опорными валками, расположенными в одной плоскости по трехосной схеме с углами под 120°. Станина предназначена для восприятия радиальных усилий, возникающих в процессе прокатки, и размещения в ней подвижной валковой обоймы. Станина (рис. 30) представляет замкнутую треугольную раму 1, состоящую из двух частей, расположенных вдоль оси прокатки и соединенных между собой специальными замками (кольцами) на горячей посадке и шестью болтами 5 с резьбой М90. Встык между этими частями установлены шесть штифтов диаметром 150 мм, обеспечивающих надежную фиксацию частей от взаимного смещения. Станина устанавливается на плитовине и крепится к ней восемью болтами, клиньями, фиксирующими станину, как в на-

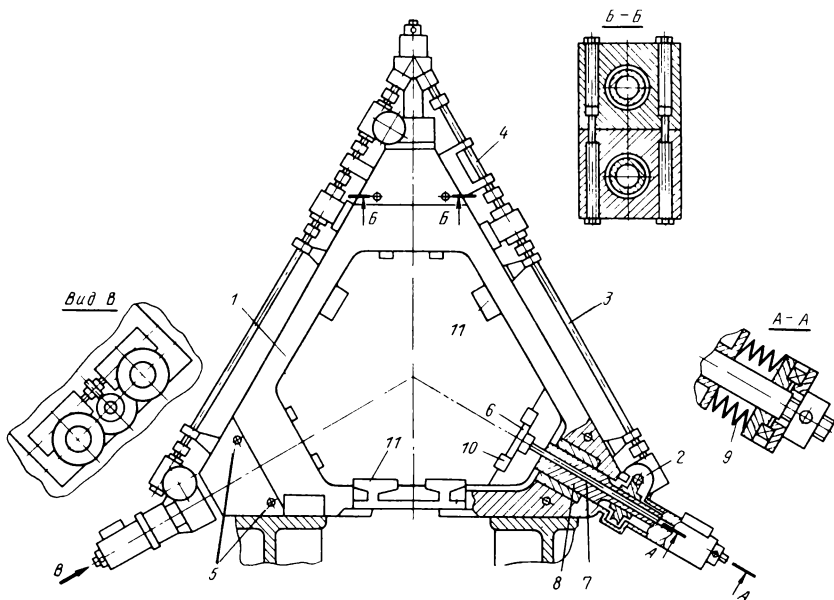


Рис. 30. Станина рабочей клетки стана ХПТ 450

правлении оси прокатки, так и в поперечном направлении и двумя резьбовыми стяжками.

В вершинах треугольника станины установлены рабочие рельсы 6, по которым в процессе прокатки перекатываются опорные валки обоймы. Регулировка их положения относительно оси прокатки обеспечивается специальным нажимным механизмом, состоящим из трех пар ходовых винтов 7 и гаек 8, неподвижно закрепленных в станине. Привод нажимного механизма осуществляется с помощью трех червячно-глобоидных, двух редукторов 4Б210/360, трех глобоидных редукторов ГБ360, конического редуктора К0200 и трансмиссии 3, расположенной на станине.

Муфтами 4, расположенными на трансмиссии, обеспечивается регулировка размещения всех трех рельсов одновременно от двух электродвигателей или каждого рельса отдельно, что достигается включением соответствующих муфт. Радиальное усилие прокатки передается через опорные валки на рельсы и далее через винты и гайки на станину. Рельсы уравновешены с помощью набора тарельчатых пружин 9.

Для обеспечения синхронного поворота всех трех валков на рельсах установлены шесть зубчатых реек 10, которые при работе стана находятся в зацеплении с промежуточными шестернями опорных валков. Кассета валковой обоймы движется в станине на катках по направляющим 11. Валковая обойма (рис. 31) представляет собой сварно-литую кассету 1, в направляющих которой расположены подушки трех пар рабочих и опорных валков 2 и 3, установленных под углом 120° .

На участке рабочего валка, выполненного со смещением центра, устанавливается калибр 4, крепление которого осуществляется с помощью бандажей 5, собранных на прессовой посадке. Противоположная сторона валка является опорой и перекачивается в процессе прокатки по опорному валку. На бандажах 5, крепящих калибр к рабочему валку, выполнены зубчатые сектора, находящиеся в зацеплении с промежуточными шестернями 6 опорных валков. Диаметр начальной окружности зубчатого сектора совпадает с диаметром опорной поверхности рабочего валка, который равен среднему катающему диаметру калибра. Это условие необходимо во избежание проскальзывания рабочих и опорных валков. Зубчатый сектор и находящаяся с ним в зацеплении промежуточная

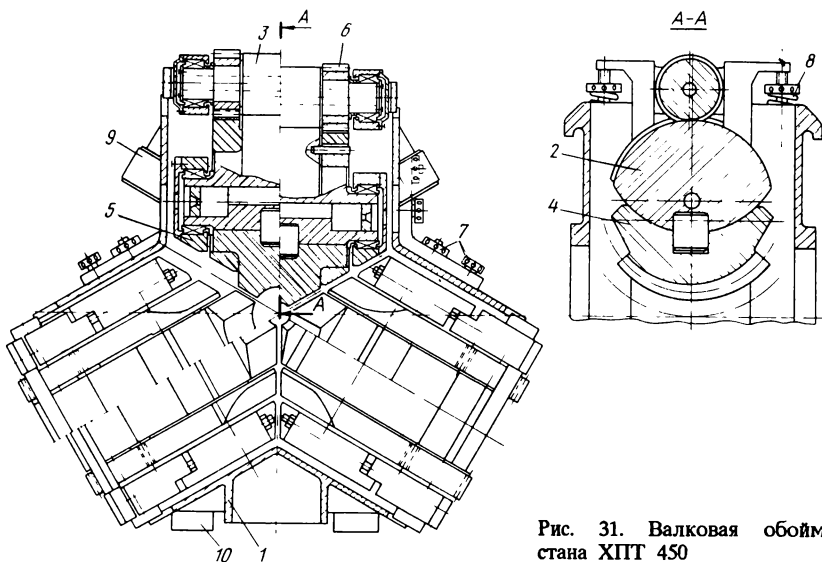


Рис. 31. Валковая обойма стана ХПТ 450

шестерня обеспечивают правильную взаимную ориентацию всех трех рабочих валков.

При возвратно-поступательном движении рабочей обоймы промежуточные шестерни опорных валков, перекатываясь по зубчатым рейкам, сообщают рабочим валкам качательное движение.

Рабочий валок монтируется на конических двухрядных подшипниках качения, установленных в литых подушках. На одной из подушек рабочего валка выполнены приливы для крепления механизма 7 осевой регулировки рабочего валка, позволяющего осуществлять перемещение рабочего валка в пределах ± 10 мм.

Вертикальное усилие прокатки, воспринимаемое рабочим валком, через опорный валок передается на рельс станины. Опорный валок имеет конические двухрядные подшипники качения, установленные в литых подушках. От осевого смещения опорный валок удерживается боковыми фланцами, имеющимися на обеих подушках. На шейках опорного валка крепятся промежуточные шестерни, находящиеся в зацеплении с зубчатыми секторами рабочих валков. Диаметр начальной окружности промежуточной шестерни равен наружному диаметру опорного валка. При установке рабочей обоймы в станину промежуточные шестерни опорного валка входят в зацепление с рейками станины. Комплект, состоящий из рабочего и опорного валков, уравновешен четырьмя винтовыми пружинами 8, установленными между приливами рабочей обоймы и верхними регулировочными гайками траверсы опорного валка.

В рабочем положении обоймы пружины плотно прижимают рабочий и опорный валки к опорным рельсам станины. Между нижними регулировочными гайками траверсы и приливами обоймы в этом случае образуется зазор. При выкатке рабочей обоймы нижние регулировочные гайки удерживают комплект валков от выпадения. Для правильной ориентации валковой обоймы на ней предусмотрены верхние и нижние опорные катки 9 и 10, которые контактируют с направляющими в станине. Положение верхних катков (прилегание к направляющим) может регулироваться с помощью эксцентрических втулок. Для соединения кассеты с шатунами приводного механизма в ней предусмотрены проушины. Перевалка осуществляется заменой валковых обойм, собранных вне стана на специальном стенде.

На стане предусмотрено использование обойм двух размеров: первая – для прокатки труб диаметром от 150 до 350 мм, вторая – для труб диаметром от 350 до 450 мм. Для обоймы 150–350 мм шестерня опорного вала имеет $z=28$, $m=14$; сектор рабочего вала имеет $z=28$, число зубьев эквивалентно шестерне $z=41$. Для обоймы 350–450 мм шестерня опорного вала имеет $z=28$, $m=17$; сектор рабочего вала имеет $z=28$, число зубьев эквивалентно шестерне $z=36$.

Диаметры рабочих и опорных валков соответствуют среднему диаметру шестерен. При перевалках и ремонтах валковая обойма выкатывается следующим образом: обойма ставится в крайнее переднее положение, шатуны отсоединяются от обоймы, для чего снимаются верхние крышки осей, соединяющих шатуны с обоймой. Каждый шатун краном приподнимается и закрепляется на специальной подвеске, закрепленной на приводном механизме. К рабочей обойме прикрепляется канат и через блок с помощью мостового крана обойма перемещается в положение, откуда она свободно может подниматься краном и транспортироваться. Закатка обоймы в стан осуществляется в обратном порядке.

Требования по обслуживанию станины. Не следует допускать: перегрузку станины выше усилия 12000 кН на рельс; появления зазоров в клиновых и болтовых соединениях станины и соединяющихся с ней других узлов; недостаточного стопорения соединений.

Особое внимание должно быть уделено надежному креплению рельсов: не допускается работа механизма перемещения рельсов на упор.

Люнеты стана ХПТ 450П предназначены для загрузки заготовок с приемного стола (рис. 26, 3) на ось прокатки и удержания их в радиальном направлении в процессе деформации на стане. Применяются люнеты рычажного стационарного типа. Вдоль рам направляющих патрона гильзы установлено 7 пар рычагов: со стороны обслуживания – верхние с приводом от индивидуальных гидроцилиндров, с противоположной стороны – нижние рычаги, имеющие привод от двух гидроцилиндров через дифференциальный редуктор. С помощью одного из гидроцилиндров осуществляется одновременный подъем всех нижних рычагов для приема заготовки, а от другого – вы-

полняется опускание одного нижнего рычага для пропуска гильзы. Верхние рычаги центрируют заготовку в процессе прокатки в момент подхода патрона гильзы к любой паре люнетов ее рычаги занимают положение, обеспечивающее пропуск патрона, а остальные рычаги центрируют заготовку. В целях предотвращения поломок, в случае, если не сработает система автоматики и рычаги не займут положения для пропуска патрона гильзы, верхние и нижние рычаги установлены с возможностью поворота на осях. При упоре патрона гильзы в рычаги срезаются удерживающие от поворота на осях болты и рычаги, поворачиваясь на осях, пропускают патрон гильзы.

Прокатка труб переменного сечения из заготовок длиной до 12 м

Заготовки краном подаются на стол загрузки стана и укладываются по одной в пазы шлепера, а затем им подаются в ближайший к оси прокатки желоб, в котором внутренняя поверхность ее смазывается с переднего торца с помощью буфер-форсунки и рычагами опускается на ось прокатки. После загрузки заготовки на ось прокатки осуществляется ускоренный подвод винтами механизма подачи патрона гильзы к заднему торцу предыдущей гильзы и перемещение ее переднего конца в зону деформации к рабочим валкам (ход бм). Одновременно приводом механизма перемещения патрона стержня внутрь заготовки вводится стержень с оправкой, которая, доходя до строго определенного положения в зоне деформации, жестко фиксируется опусканием клина и зажатием патрона стержня в механизме установки. После того, как оператор убедился, что заготовка находится в зоне рабочих валков (визуально — по опусканию клина в механизме установки стержня), он включает главный привод и рабочую подачу.

Валковая обойма, совершающая возвратно-поступательное движение, осуществляет деформацию трубы на конической оправке. При переходе клетки к переднему крайнему положению происходит поворот прокатываемой трубы с оправкой и стержнем на угол до 60° (с учетом выбега роликовых муфт обгона на механизмах поворота), а при подходе к заднему крайнему положению совершается поворот и подача. Процесс

поворота и подачи строго синхронизирован с движением валковой обоймы. После деформации готовая труба входит в передний патрон, кулачки которого раскрыты и закрываются, зажимая трубу после выхода ее за габарит кулачков.

Переменную толщину стенки готовой трубы можно получить за счет перемещения оправки в заднем крайнем положении валковой обоймы рабочей клетки (одновременно с подачей трубы). Для уменьшения толщины стенки трубы оправка подается вперед, для увеличения — назад.

При прокатке труб переменного сечения используется упор-захват, расположенный на столе выдачи. Своими захватами он соединяется с передним торцом выходящей готовой трубы и через реечную передачу и сельсинно-следящую систему (в зависимости от перемещения переднего торца трубы) дает команду на перемещение оправки на определенную величину.

В процессе прокатки люнеты-рычаги приемного стола, удерживающие заготовку на оси прокатки, поочередно раскрываются для пропуска патрона гильзы и заднего конца заготовки, причем после прохода гильзы за габарит люнета-рычага последний вновь поднимается на ось прокатки для поддержания стержня оправки. После прихода патрона гильзы в заданное оператором положение, определяемое длиной недоката, процесс прокатки прекращается. Отключается главный привод, клеть останавливается в крайнем заднем положении, раскрывается передний патрон, переключается подача на ускоренный отвод патрона гильзы, люнеты-рычаги приемного стола раскрываются, клин, зажимающий патрон стержня, поднимается. Затем оправка со стержнем и патрон гильзы отводятся в исходное положение для перезарядки стана. Патрон гильзы и оправка останавливаются за задним торцом очередной заготовки.

В процессе перезарядки упор-захват извлекает прокатанную трубу в желоб стола и выбрасывателем она перекладывается на шлеппер. Подвижная балка шлеппера, совершая ход, передвигает готовые трубы на шаг и возвращается в исходное положение для приема очередной трубы. Выбрасыватель опускается, упор-захват возвращается в исходное положение. Далее с приемного стола заготовка вновь загружается на ось прокатки и цикл повторяется.

Прокатка труб переменного сечения с перехватом из заготовки длиной от 12 до 24 м

Прокатка этих заготовок связана с двумя дополнительными операциями: перехватом заготовки патронами гильзы и переключением оправки с переднего патрона гильзы на задний. Для осуществления этого способа прокатки на стане имеется два патрона гильзы, расположенные последовательно один за другим на расстоянии 12 м и жестко связанные между собой. При прокатке заготовок длиной до 12 м используется только передний патрон, а при прокатке заготовок длиной свыше 12 м подача вначале осуществляется задним патроном, а затем патроны отводятся назад, проводится перехват и далее подается передним патроном. При этом при подаче заготовки задним патроном подвижная упорная головка переднего патрона под действием массы заготовки опускается. При перезарядке (во время извлечения оправки со стержнем из трубы) оправки с переднего патрона гильзы переключаются на задний. Вследствие того, что оправка имеет большую массу (несколько тонн) и перемещаться должна на опоре (либо внутри трубы, либо на патроне гильзы), во время перезарядки она вначале укладывается на передний патрон гильзы и вместе с ним отводится назад. Затем движением патронов гильзы вперед под оправку подводится задний патрон гильзы и подается команда на совместный отвод патронов с оправкой в исходное положение. В целом, кроме перехватов, процесс прокатки аналогичен процессу прокатки труб переменного сечения длиной до 12 м.

Прокатка труб постоянного сечения

Прокатка цилиндрических труб с постоянной толщиной стенки длиной до 12 м осуществляется без перехвата с подачей заготовки только передним патроном гильзы. Прокатка цилиндрических труб постоянного сечения длиной свыше 12 м на стане не предусмотрена. Процесс прокатки аналогичен процессу прокатки на станах ХПТ третьей модели, ХПТ 250 и других станах с боковой загрузкой заготовок. Отличия обусловлены только конструктивным исполнением механизмов и узлов стана.

Техническая характеристика стана

Заготовка:	
наружный диаметр, мм	219—480
толщина стенки, мм	4—40
длина (для труб постоянного сечения), м	3—12
длина (для труб переменного сечения), м	3—24
масса наибольшая, кг	3000
Готовая труба:	
наружный диаметр, мм	150—450
толщина стенки, мм	2,5—35
длина, м	6—30,5
допуск по диаметру (для участков труб постоянного сечения), мм	±0,5
допуск по толщине стенки (для участков труб постоянного сечения), %	±6—10
изменение толщины стенки за проход (для труб переменного сечения), мм	5

Технологические параметры

Число двойных ходов валковой обоймы в минуту	18—40
Число двойных ходов валковой обоймы в минуту (надстрочное)	10
Подача, мм	2—25
Угол поворота трубы, град	До 60
Уменьшение поперечного сечения (углеродистая сталь), %	≤85
Уменьшение поперечного сечения (высоколегированная сталь), %	≤75
Уменьшение толщины стенки (углеродистая сталь), %	≤80
Уменьшение толщины стенки (высоколегированная сталь), %	≤70
Время перезарядки труб постоянного сечения, с	100
Время перезарядки труб переменного сечения, с	200
Перемещение оправки за ход валковой обоймы, мм	≤8
Перемещение оправки за ход валковой обоймы, мм	≤0,5

Конструктивные параметры

Диаметр рабочего вала для труб, мм:	
150—350	1148
350—450	1008
Диаметр опорного вала для труб, мм:	
150—350	392
350—450	476
Число валков:	
рабочих	3
опорных	3
Ход валковой обоймы, мм	
1232	
Угол разворота вала, град:	
диаметром 1148 мм	123
диаметром 1008 мм	140
Длина хода обоймы, соответствующая зеву, мм:	
подачи	90
поворота	90
Радиус кривошипа коленвала, мм	610
Длина шатуна, мм	4000

Максимальный ход патрона гильзы, мм	12700
Максимальный ход патрона стержня, мм	32000
Максимальная величина перемещения оправки при прокатке труб переменного сечения, мм	600

Инструмент технологический

Диаметр оправки, мм	135—468
Диаметр стержня, мм	120—370
Масса рабочего калибра, кг	900—1100

Общие данные

Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1300
Число оборотов электродвигателя главного привода, об/мин	10—40
Переменный трехфазный ток, В	380
Постоянный ток, В	220
Установленная мощность электрооборудования, кВт:	
постоянного тока	1545
переменного тока	424
Давление, МПа:	
в гидросистеме	3,0
в маслосистеме	0,4
в эмульсионной системе	0,4
Масса оборудования собственно стана, т	1600
Масса подвижных частей рабочей клетки, т	50
Габариты стана в плане (ширина×длина), мм	18×120
Наибольшее заглубление, м	2,5
Наибольшая высота над уровнем пола, м	6

Особенности эксплуатации стана

Стан ХПТ 450П является уникальным агрегатом и должен обслуживаться квалифицированным персоналом при строгом соблюдении технологических инструкций, обеспечивающих безопасные методы обслуживания и безаварийную работу всех механизмов и систем стана.

Наружный осмотр всех движущихся частей стана должен проводиться каждую смену. Периодически необходимо осматривать и проверять все соединения неподвижных частей: плит, рам, корпусов, рельсов и т.д. После капитального ремонта стана величина подачи и число двойных ходов обоймы должны быть в первые месяцы работы снижены: величина подачи на 40—50 %, числа ходов обоймы на 20—30 %. Ремонт следует проводить немедленно при обнаружении неисправности. После ремонта особое внимание должно быть обращено на затяжку и законтривание болтов.

Безаварийная непрерывная работа стана возможна лишь

при соблюдении следующих условий: регулярного и тщательного ухода за станом; своевременной и надежной смазки оборудования; своевременной регулировки и подтяжки креплений механизмов, утративших правильное взаимодействие частей вследствие износа или ослабления креплений; регулярных текущих и капитальных ремонтов.

Глава 2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ СТАНОВ ХПТ

1. Состав оборудования и технические характеристики станов

Трехниточный стан ХПТ 12-20 (ВНИИмет.маш)

Стан ХПТ 12-20 предназначен для холодной прокатки труб из цветных металлов и сплавов (рис. 32), имеет торцовую систему загрузки заготовок без остановки клетки для перезарядки и рабочую клетку с подвижной силовой станиной. Приводной механизм с грузовым уравнивающим устройством горизонтального типа расположен за рабочей клетью (переднего типа). Стан снабжен механизмом подачи с некруглыми зубчатыми колесами и отдельно расположенным механизмом поворота редукторного типа с роликовыми муфтами обгона. Поворот осуществляется в обоих крайних положениях клетки, а подача — в крайнем заднем положении. Два механизма зажима стержня оправок имеют принудительный поворот. Стан

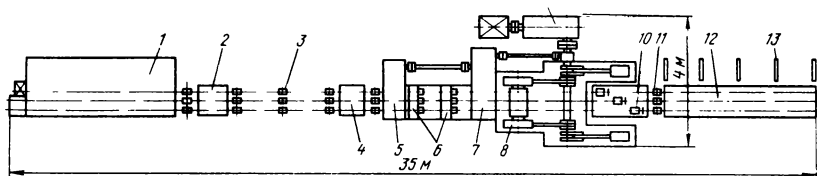


Рис. 32. Трехниточный стан ХПТ 12-20:

1 — стол загрузки; 2 — механизм зажима стержня задний; 3 — ролики подающие; 4 — механизм зажима стержня передний; 5 — механизм поворота; 6 — патроны подачи; 7 — механизм подачи; 8 — клеть рабочая; 9 — приводной механизм; 10 — летучее отрезное устройство; 11 — ролики тянущие; 12 — стол приемный; 13 — карманы готовых труб

оснащен летучим отрезным устройством, выполнен в правом исполнении.

Техническая характеристика

Заготовка:	
наружный диаметр, мм	25—35
толщина стенки, мм	1—3
длина, м	2—5
Готовая труба:	
наружный диаметр, мм	12—20
толщина стенки, мм	0,4—1,0
длина, м	1,5—6,0
Число одновременно прокатываемых труб, шт	3
Диаметр калибра, мм	320
Расстояние между нитками, мм	540
Ход рабочей клетки	120
Число двойных ходов клетки в минуту	80—120
Подача, мм	5—10
Скорость патрона подачи при отводе, м/с	0,18
Окружная скорость роликов, м/с:	
подающих	0,62
тянущих	1,27
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	125
Масса стана, т	52

Периодичность текущего ремонта стана составляет один раз в три месяца, а его продолжительность 120 ч при двух слесарях, занятых этим ремонтом; капитальный ремонт стана — один раз в 8 лет.

Коэффициент использования машинного времени трехниточного стана составляет 0,74. В табл. 10 приведены фактические режимы работы стана ХПТ 12-20.

Т а б л и ц а 10. Режим работы стана ХПТ 12-20*

Маршрут прокатки, мм	Сплав	Производительность, м/смену	Подача, мм	Коэффициент вытяжки
36×3 → 19×1	МНЖ5-1	5500	10	5,5
36×3 → 24×1	МНЖ5-1	4300	10	4,3
36×3 → 25×1	МНЖ5-1	4100	10	4,1
36×3 → 19×1	Л68	2750	5	5,5

* 100 ходов клетки в минуту.

Двухниточный стан 2 ХПТС 8-25

Стан 2 ХПТС 8-25 создан Московским институтом стали и сплавов совместно с Алма-Атинским заводом тяжелого машиностроения и предназначен для холодной прокатки труб. В основу конструкции стана положен способ периодической прокатки труб в стационарной клетке с непрерывно вращающимися валками. При этом прокатываемая труба и стержень с оправкой совершают возвратно-поступательное движение. На таком принципе работают известные пильгерстаны для горячей прокатки труб.

Процесс прокатки трубы на стане 2 ХПТС 8-25 заключается в следующем: трубную заготовку с оправкой перемещают вперед в направлении прокатки на величину, соответствующую части обжимаемой рабочими валками. Одновременно осуществляют поворот заготовки с оправкой относительно продольной оси и смещение заготовки относительно оправки вперед на величину подачи. В процессе перемещения заготовки с оправкой назад порцию заготовки обжимают на оправке вращающимися рабочими валками. После окончания движения назад заготовку с оправкой вновь перемещают вперед и повторяют эти циклы прокатки до получения готовой трубы.

Стан имеет торцовую систему загрузки заготовок

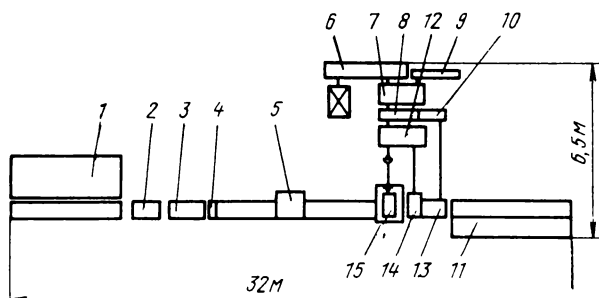


Рис. 33. Двухниточный стан 2 ХПТС 8-25:

1 — стол загрузки; 2 — редуктор подачи; 3 — каретка; 4 — механизм ускоренного отвода; 5 — патрон заготовки; 6 — электродвигатель главного привода с клиноременной передачей; 7 — редуктор; 8 — механизм неравномерного вращения валков; 9 — уравнивающее устройство; 10 — кривошипно-шатунный механизм планетарного типа; 11 — стол выходной; 12 — шестеренная клеть; 13 — патрон передний; 14 — механизм поворота; 15 — клеть рабочая

(рис. 33) с остановкой стана для перезарядки, поскольку зажим заготовок в патроне осуществляют вручную. Приводной механизм состоит из электродвигателя, клиноременной передачи, редуктора и механизма неравномерного вращения рабочих валков. Последний необходим для синхронизации окружной скорости валков с неравномерной скоростью возвратно-поступательного движения заготовки с оправкой. Привод имеет уравнивающее грузое устройство. Для осуществления возвратно-поступательного движения заготовки с оправкой предусмотрен кривошипно-шатунный механизм планетарного типа, вал которого соединен рычажной системой с механизмами, совершающими возвратно-поступательное движение. К этим механизмам относятся: передний патрон, патрон заготовки, каретка с тягами и винт подачи. Суммарная масса перемещаемых механизмов без учета массы заготовки и стержня с оправкой составляет 870 кг. Подачу заготовки осуществляют от редуктора подач через винт и патрон заготовок. Механизмом ускоренного отвода возвращают патрон заготовок в исходное положение. Величину подачи меняют сменными шестернями редуктора подач. Механизм поворота состоит из редуктора с постоянно вращающимся шпинделем, в обойме которого смонтирован блок роликов, передающий вращение движущейся возвратно-поступательно штанге. Участок штанги, контактирующий с блоком роликов, выполнен в виде дрели, имеющей винтовую поверхность.

При поступательном движении штанги вперед собственное вращение ее складывается с вращением, полученным от блока роликов, а при движении назад вычитается: при равенстве углов поворота сложение дает удвоенный угол, а вычитание — угол поворота, равный нулю. От механизма поворота вращение получают патрон заготовки, передний патрон и каретка с зажимом стержня оправки. Выходной стол стана имеет стационарную пилу для резки труб на мерные длины.

Техническая характеристика стана правого исполнения

Заготовка:

наружный диаметр, наиб., мм	30
толщина стенки, наиб., мм	8
длина, м	1,9—5

Готовая труба:

наружный диаметр, мм	8—25
--------------------------------	------

толщина стенки, наим., мм	0,5
Число одновременно прокатываемых труб, шт.	2
Диаметр калибра, мм	200
Расстояние между нитками, мм	225
Ход каретки, мм	320
Число двойных ходов каретки в минуту	20—150
Подача, мм	2—6
Мощность двигателя главного привода, кВт	100
Масса стана, т	50

Стан специализирован на прокатке циркониевых труб с коэффициентом вытяжки 2,7; работает с подачей 3—5 мм и с числом двойных ходов каретки 80 в минуту, производительность 595 м/смену.

Двухниточный стан ХПТ 2-32

На Куйбышевском металлургическом заводе модернизирован стан КПВ 1/2^П для холодной прокатки труб из алюминиевых сплавов (рис. 34). Заготовки без остановки клетки для перезарядки загружают с торца стана. Две пары рабочих валков в клетке, смещенные по ходу прокатки, позволяют осуществлять раздельную регулировку калибров каждой нитки и применять более легкие подшипники. Для упрощения перевалки клеть вставляется в раму коробчатой формы, которая соединена с шатунами кривошипного механизма, необходимость отсоединения которых от клетки отпадает.

Механизм подачи тракового типа снабжен преобразователем непрерывного вращения в прерывистое дифференциально-кулачковое типа. Промежуточный и передний патроны представляют собой ряд последовательно установленных,

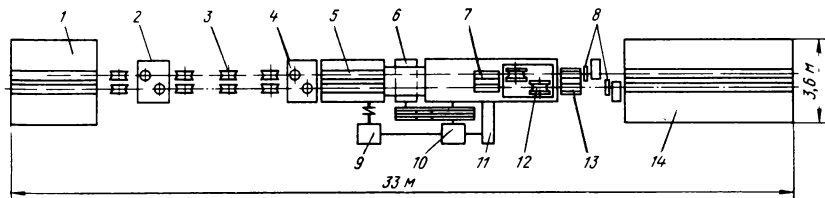


Рис. 34. Двухниточный стан ХПТ 2-32:

1 — стол загрузки; 2 — зажим стержня задний; 3 — ролики подающие; 4 — зажим стержня передний; 5 — механизм подачи; 6 — приводной механизм; 7 — патрон промежуточный; 8 — шилы; 9 — преобразователь вращения; 10 — редуктор; 11 — трансмиссия поворота; 12 — клеть рабочая; 13 — патрон передний; 14 — стол выходной

подпружиненных, скалиброванных под размер заготовки и трубы роликов, которые получают прерывистый поворот от преобразователя дифференциально-кулачкового типа через цепную передачу. Ввиду того, что траковый механизм подачи не поворачивает заготовку, он расположен от промежуточного патрона на расстоянии большем длины заготовки. Это исключает возможность одновременного зажима одной заготовки этими механизмами.

В процессе прокатки задний торец, поворачиваемый промежуточным патроном заготовки, стыкуется с передним торцом невращающейся заготовки, подаваемой механизмом подачи. Однако повреждения стыков не наблюдается, поскольку подача и поворот происходят в разных положениях клетки.

Механизмы зажима стержня оправки неприводные, грузочный и приемный столы имеют двухстороннее расположение, являются индивидуальными для каждой из ниток стана. На каждой из ниток установлены также индивидуальные летучие пилы. Техническая характеристика стана приведена ниже:

Заготовка:

наружный диаметр, мм 22—42
длина, м 3,5—5,5

Готовая труба:

наружный диаметр, мм 18—32
длина, м 8

Число одновременно прокатываемых труб, шт. 2
Диаметр калибра, мм 240
Расстояние между нитками, мм 160
Ход рабочей клетки, мм 450
Число двойных ходов клетки в минуту 60—130
Подача, мм 2—40
Мощность электродвигателя главного привода, кВт 75

Средний ремонт стана занимает 30 смен и проводится раз в год тремя или пятью слесарями. Капитальный — раз в 4 года, продолжительностью 60 смен, проводят его десять слесарей. Ниже приведены режимы работы стана ХПТ 2-32 при прокатке сплава Д1.

Маршрут прокатки, мм	38×3	→ 14×0,7	38×3	→ 14×1,0
Производительность, м/смену	3300		2400	
Число ходов клетки в минуту	110		110	
Подача, мм	8		8	
Коэффициент вытяжки	11		8	

Стан ХПТ 2-55 предназначен для холодной прокатки труб круглого и профильного поперечного сечения из цветных металлов и сплавов (рис. 35). Стан имеет торцовую систему загрузки заготовок без остановки клетки для перезарядки и снабжен двумя типами рабочих клеток с подвижными силовыми станинами. Одна клеть с кольцевыми калибрами предназначена для прокатки массовых партий круглых труб с повышенной производительностью и с меньшим числом перевалок. Масса этой клетки 3,6 т имеет увеличенную длину хода до 803 мм. Вторая клеть с калибрами полудисками применяется для прокатки профильных труб, а также труб, идущих мелкими партиями и требующих частой перевалки; масса клетки 4,9 т и длина хода 632 мм. Обе клетки имеют возможность отдельной регулировки валков каждой нитки благодаря отдельным двум парам рабочих валков в клетке, смещенных по ходу прокатки.

Приводной механизм снабжен грузовым горизонтально расположенным уравнивающим устройством переднего типа. Для изменения длины хода, при переходе с одной клетки на другую, меняют кривошипные шестерни приводного механизма, которые имеют разные радиусы кривошипа.

В стане предусмотрено два механизма поворота. Один из них кулачково-червячного типа осуществляет поворот труб на угол 53° и применяется при прокатке круглых труб, а второй — с мальтийским крестом для поворота труб на угол 60° (при прокатке шестигранных труб) и на угол 90° (при

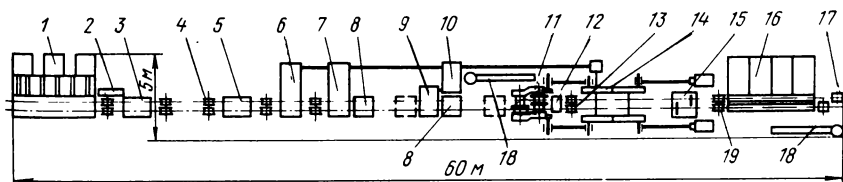


Рис. 35. Двухниточный стан ХПТ 2-55:

1 — стол загрузки; 2 — устройство для смазки труб; 3 — зажим стержня задний; 4 — ролики подающие; 5 — зажим стержня передний; 6 — механизм поворота с мальтийским крестом; 7 — механизм поворота кулачково-червячный; 8 — патроны подачи; 9 — коробка переключения; 10 — механизм подачи; 11 — клеть рабочая; 12 — патрон передний; 13 — ролики выбрасывающие; 14 — механизм приводной; 15 — отрезное устройство; 16 — стол приемный; 17 — волочильно-смазывающие барабаны; 18 — краны консольно-поворотные; 19 — ролики тянущие

прокатке квадратных труб). Прокатка прямоугольных труб происходит без поворота, при этом механизмы поворота отключаются (переключают рукоятками). Подают и поворачивают трубы одновременно в крайнем заднем положении клетки.

В состав стана входят два волочильно-сматывающих барабана (по одному на каждую нитку), предназначенные для сматывания длинномерных труб в бухты. Предусмотрена возможность сматывания труб с одновременной их прокаткой, для чего приемный стол оборудован опускающимися желобами для образования петли и устройством для удаления заусенцев, образующихся на боковых поверхностях профильных труб при их прокатке без поворота. Получение труб мерной длины обеспечивается летучим отрезным устройством, расположенным перед приемным столом.

В стане установлены два консольно-поворотных крана грузоподъемностью 10 кН. Один расположен в районе рабочей линии и предназначен для механизации перевалки, а второй — у волочильно-сматывающих барабанов для съема и укладки бухт.

Техническая характеристика стана правого исполнения приведена ниже:

Заготовка:

наружный диаметр, мм	45—75
толщина стенки, мм	2—12
длина, м	2,5—6

Готовая труба:

наружный диаметр, мм	25—55
толщина стенки, мм	0,8—6
длина после порезки, м	26—9
длина со свертыванием в бухту, м	До 6

Число одновременно прокатываемых труб, шт. 2

Диаметр калибра, мм 308(364)*

Расстояние между нитками, мм 250

Ход рабочей клетки, мм 803(632)*

Число двойных ходов клетки в минуту 60—120

Подача, мм 6, 8, 11,
15, 20, 25

Скорость патрона подачи при отводе, м/с 0,18

Окружная скорость, м/с:

подающих роликов 0,63

тянущих роликов 1

Мощность электродвигателя главного привода, кВт 185

* В скобках приведены данные для рабочей клетки с полудисковыми калибрами.

Т а б л и ц а 11. Режим работы стана ХПТ 2-55

Маршрут прокатки, мм	Сплав	Производительность, м в смену	Число ходов клетки в минуту	Подача, мм	Коэффициент
70×5 → 40×2,5	МХ25	2400	120	8	3,5
52×6 → 19×2	ЛО70-1	3400	100	6	8,0
57×6 → 25×2	ЛОМШ70	2800	100	6	6,5
54×4,5 → 25×1	МНЖ5-1	400	100	6	9,3

Периодичность текущего ремонта стана составляет один раз в три месяца, а его продолжительность 120 часов при двух, занятых этим ремонтом слесарях. Капитальный ремонт стана — один раз в 8 лет, продолжительность — 216 ч.

Коэффициент использования машинного времени двухниточного стана составляет 0,8. В табл.11 приведены фактические режимы работы стана ХПТ 2-55 на одном из заводов страны.

Трубы диаметром 25×2 мм, длиной 25 м профилируют в квадрат 20×20 мм и сматывают в бухты на волоочильно-сматывающих барабанах в линии стана, масса стана 100 т.

2. Новые конструкции приводных механизмов

Приводной механизм трехниточного стана ХПТ 12-20 (ВНИИмет. маш). Кривошипно-шатунный дезаксиальный приводной механизм переднего типа (рис. 36) состоит из электродвигателя 1 постоянного тока П112, мощностью 125 кВт с числом оборотов 1000 в минуту; коническо-цилиндрического редуктора 2 типа КЦ-1-500 с передаточным отношением 6,29; коленчатого вала 4, соединенного с редуктором муфтой 3; двух шатунов 7, передающих возвратно-поступательное движение рабочей клетки и горизонтально-расположенного грузового уравновешивающего устройства.

Грузовое уравновешивающее устройство представляет собой два груза 6, суммарная масса которых равна массе рабочей клетки и составляет 2700 кг. Грузы перемещаются по горизонтальным направляющим станины приводного механизма от двух шатунов 5, соединенных с коленчатым валом.

Коленчатый вал (рис. 37) имеет четыре колена, из которых два внутренних 3 соединены с шатунами рабочей клетки,

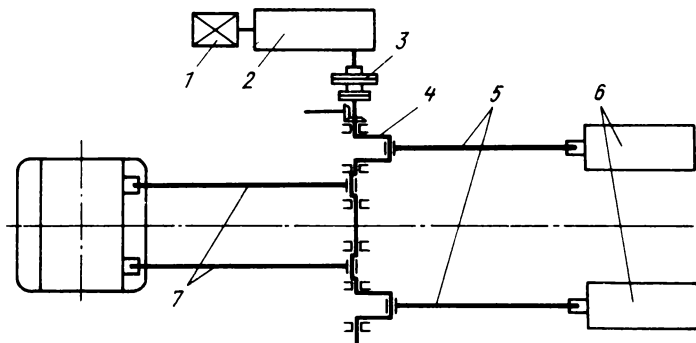
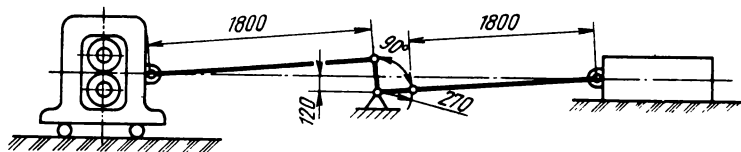


Рис. 36. Схема приводного механизма трехкранкового стана ХПТ 12-20

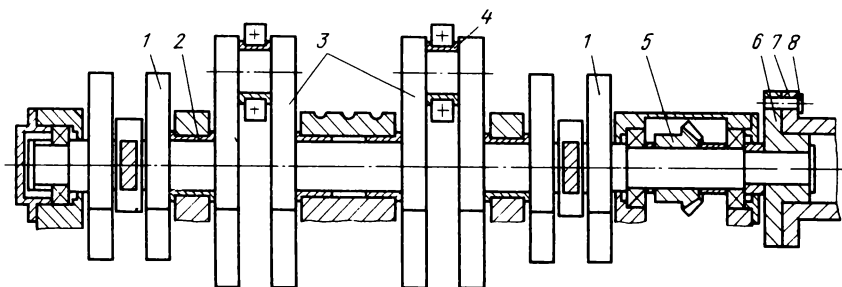


Рис. 37. Приводной механизм стана ХПТ 12-20 (разрез по коленчатому валу)

а два наружных 1 с шатунами уравнивающими грузов: последние развернуты относительно внутренних колен на 90° . Коленчатый вал установлен на четырех подшипниках скольжения 2, представляющих собой разрезные втулки, выполненные из никелево-железистой бронзы марки БЖН. Эти подшипники и аналогичные подшипники 4 шатунов смазывают жидкой циркуляционной смазкой, поступающей к ним через каналы, выполненные в теле коленчатого вала. Вращение к механизмам подачи и поворота передает коническая шестерня 5. Коленчатый вал соединен с редуктором упругой втулочно-

пальцевой муфтой типа МУВП, которая совмещена с двумя плумуфтами 6 и 7, имеющих два срезных предохранительных пальца 8.

Наличие горизонтального грузового уравнивающего устройства уменьшило максимальное значение крутящего момента на валу электродвигателя в 1,6–2 раза, а также снизило наибольшие усилия в шатунах в 1,2–1,3 раза [7]. Снижение наибольшего усилия в шатунах объясняется следующим. Угловая скорость вращения коленчатого вала за один его оборот при установившемся движении переменна. Степень неравномерности вращения обычно определяется коэффициентом неравномерности, который характеризуется следующим соотношением значений угловых скоростей $K_H = (\omega_{\max} - \omega_{\min}) / \omega_{\text{ср}}$.

Из теории регулирования хода машины известно, что коэффициент неравномерности вращения вала прямо пропорционален избыточному моменту на приводном валу и обратно пропорционален приведенному моменту инерции машины. Присоединение к приводному валу дополнительных шатунов с грузовым уравнивающим устройством приводит к снижению избыточного момента на приводном валу и увеличивает величину приведенного момента инерции приводного механизма. Кроме того, присоединение уравнивающего устройства уменьшает крутильные колебания приводного вала. Все это и объясняет снижение коэффициента неравномерности вращения вала, а следовательно, и снижение наибольшего значения угловой скорости. Последнее приводит к уменьшению коэффициента динамичности и соответственно к снижению максимального усилия в шатунах. Результаты исследования Н.Т.Богданова показали, что при одинаковых числах оборотов коленчатого вала коэффициент K_H при работе стана с уравниванием в 1,34 раза меньше, чем без него. Соответственно максимальное значение угловой скорости и коэффициента динамичности меньше в 1,06 раза. Подставляя эти значения в формулы, определяющие величину усилия, действующего на шатуны, получаем уменьшение этих усилий на 17%. Как уже указывалось выше, при экспериментальном определении максимальных усилий, действующих на шатуны, установлено, что они меньше при работе стана с уравни-

ванием на 16–23 %, чем без него. Следует отметить, что применение уравнивания уменьшило также износ зубьев реек в крайних положениях клетки.

Коленчатый вал выполнен из стали марки 35ХМА (28–32 HRC₃). Срок службы вала более 20 лет.

Приводной механизм стана 2 ХПТС 8-25 (МИСиС, АЗТМ) предназначен для вращения рабочих валков и для сообщения возвратно-поступательного движения патрону заготовки, патрону стержня оправки и переднему патрону. Механизм работает следующим образом (рис. 38). Вращение от электродвигателя 1 постоянного тока, мощностью 100 кВт передается клиноременной передачей 2 входному валу 4 редуктора. На входном валу установлен кривошип 5, который через тягу 6 поворачивает кривошип 7, смонтированный на валу 8 шестеренной клетки 9. Ось вращения кривошипа 7 эксцентрично смещена относительно оси входного вала 4. Поэтому при равномерном вращении входного вала кривошип 7 и вал 8 шестеренной клетки вращаются неравномерно. Это происходит благодаря непрерывно меняющемуся в течение одного оборота передаточному отношению между этими эксцентрично расположенными кривошипами. От шестеренной клетки вращение кар-

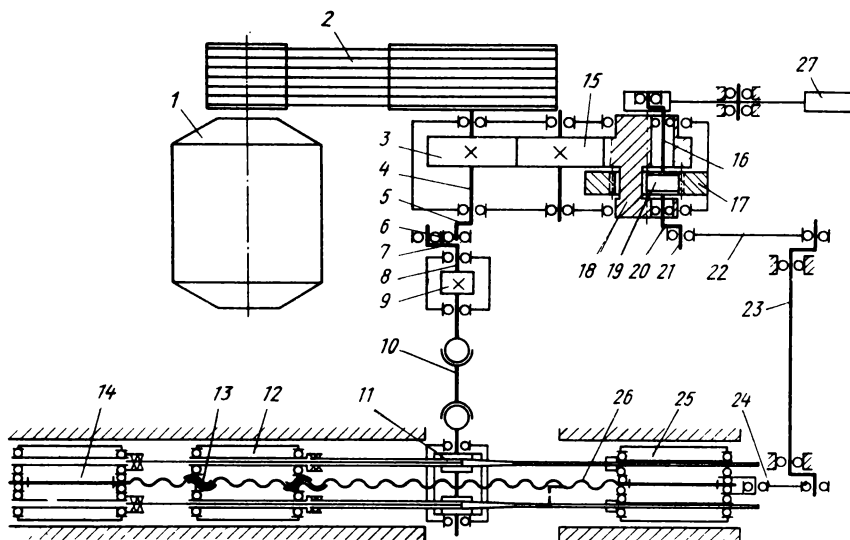


Рис. 38. Схема приводного механизма стана 2 ХПТС 8-25

данными валами 10 передается рабочим валкам 11. Неравномерное вращение валков необходимо для синхронизации окружной скорости валков с поступательной скоростью прокатываемой трубы.

Вращение от входного вала 4 через шестерни 3 и 15 передается водилу 18 с кривошипным валом 16, на котором установлена шестерня-сателлит 19. Последняя, взаимодействуя с неподвижным зубчатым солнечным колесом 17, имеющим внутреннее зацепление, получает равномерное вращение относительно собственной оси. При передаточном отношении между сателлитом 19 и солнечным колесом 17, равным двум и при длине кривошипа 20, равным радиусу делительной окружности шестерни-сателлита 19, шатунная шейка 21 этого кривошипа будет перемещаться по прямой со скоростью, изменяющейся по закону синуса.

Возвратно-поступательное движение передается шатуном 22 через рычажную систему 23 и тягу 24 переднему патрону 25, винту 26, патрону заготовки 12 и патрону стержня оправки 14. Для уравнивания инерционных усилий, возникающих при возвратно-поступательном движении механизмов, предусмотрено грузовое уравнивающее устройство 27. Винт 26, кроме возвратно-поступательного движения, получает прерывистое вращение от механизма подачи и с помощью гаек 13 патрон заготовок перемещается на величину подачи.

Приводной механизм стана ХПТ 2-55 (ВНИИметмаш) представляет собой сдвоенный кривошипно-шатунный механизм (рис. 39), состоящий из приводного вала 9 с шестернями 10, приводимого от электродвигателя постоянного тока Д818 мощностью 185 кВт с числом оборотов 440 в минуту через

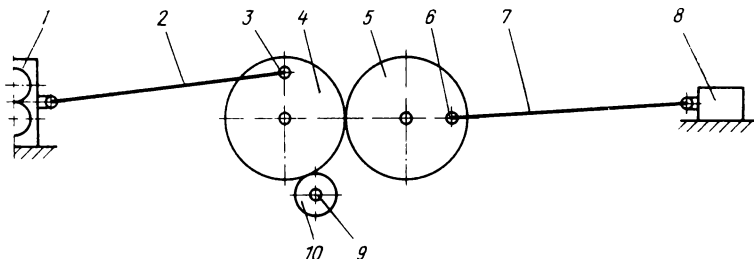


Рис. 39. Приводной механизм стана ХПТ2-55

клиноременную передачу (наа рисунке не показаны). Шестерня 10 находится в зацеплении с кривошипными зубчатыми колесами 4, на пальцах 3 которых установлены шатуны 2, соединенные с рабочей клетью 1. Кривошипные колеса 4 находятся в зацеплении с другими аналогичными кривошипными зубчатыми колесами 5, на пальцах 6 которых установлены шатуны 7, соединенные с горизонтально перемещающимися уравнивающими рабочую клеть грузами 8. Особенностью данного приводного механизма является возможность установки шатунов уравнивающих грузов под любым углом по отношению к шатунам рабочей клетки. Исследования [9] показывают, что в зависимости от параметров сдвоенного кривошипно-шатунного механизма наиболее высокая степень уравнивания момента на приводном валу достигается при взаимном расположении кривошипных пальцев 3 и 6 под углом от 82 до 96°. Таким образом, в каждом конкретном приводном механизме изменением угла взаимного расположения кривошипных пальцев можно достичь наилучшей степени уравнивания момента на приводном валу.

Необходимость в таком приводном механизме, применительно к стану ХПТ 2-55, обусловлена тем, что этот стан снабжен двумя типами рабочих клеток (с кольцевыми калибрами и с калибрами полудисками), которые имеют различные массы и предусмотрены для работы с разной длиной хода.

Для изменения длины хода клетки кривошипные зубчатые колеса с одним радиусом кривошипа заменяют на колеса с другим радиусом кривошипа. За время десятилетней эксплуатации такого приводного механизма все элементы его не менялись.

3. Рабочие клетки

Рабочая клеть трехниточного стана ХПТ 12-20 (ВНИИметлаш) представляет собой клеть дуо с верхним 2 и нижним 1 рабочими валками (рис. 40). В вырезе каждого рабочего валка установлены три отдельных полудисковых калибра 11. Применение отдельных калибров, вместо одного общего с тремя ручьями, позволяет использовать для их обработки существующие специальные станки, а также резко сократить расход инструмента, поскольку при выходе из строя одного ручья, в случае общего калибра, приходится выбрасывать весь ка-

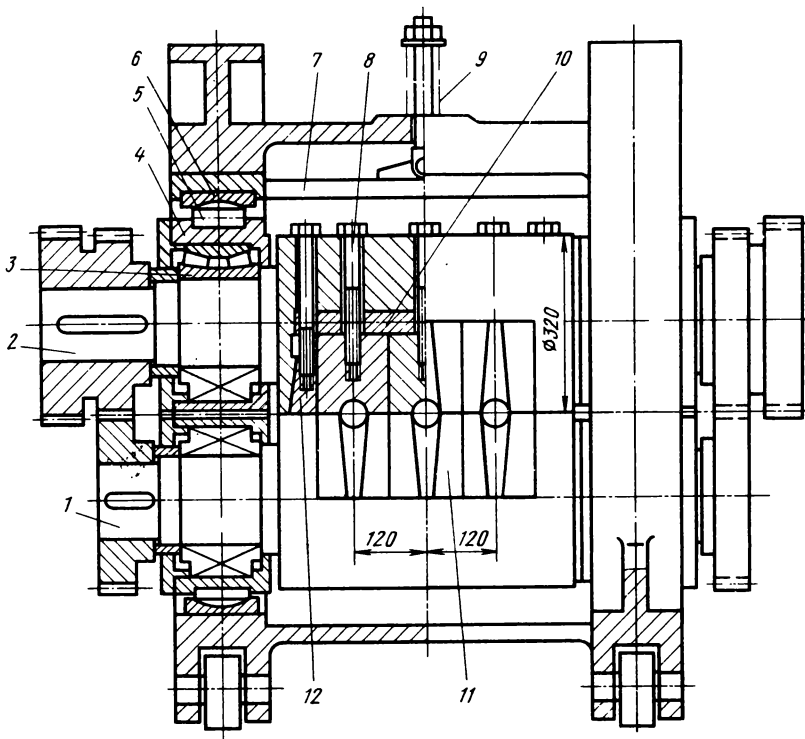
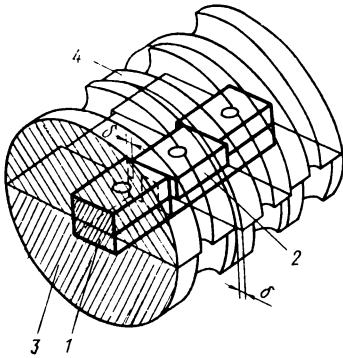


Рис. 40. Рабочая клеть стана ХПТ 12-20

либр с тремя ручьями. Крепление калибров к валкам осуществляется тремя болтами 8, двумя клиньями 12 и общей шпонкой 10. Для того чтобы выдержать одинаковое расстояние между двумя соседними ручьями, базовые торцы калибров обрабатывают совместно и все калибры маркируют.

При прокатке готовых труб, с целью компенсации дополнительного прогиба середины валка относительно его краев и сохранения наружного диаметра средней трубы в определенных допусках, продольная шпонка, соединяющая калибры с валком, выполнена составной (рис. 41). Шпонка 1 имеет в месте установки среднего калибра вырез, в который вставлен вкладыш 2, охватывающий своим пазом шпонку. Нижняя часть вкладыша установлена в шпоночном пазу рабочего валка 3, а верхняя, на которую ставят средний калибр 4, смещена в направлении, перпендикулярном к оси валка на вели-

Рис. 41. Составная шпонка для крепления калибров стана ХПТ 12-20



чину δ . Благодаря такому смещению, при подходе клетки к крайнему переднему положению, т.е. в зоне калибровки трубы, средний калибр оказывается сдвинутым относительно крайних калибров в направлении противоположном изгибу валка при его работе. Величина δ зависит от материала и размеров заготовки и готовой трубы, степени обжатия, величины подачи и жесткости рабочей клетки. Например, при прокатке труб из сплава МНЖ5-1 по маршруту $36 \times 3 \rightarrow 25 \times 0,9$ мм; $v = 0,1$ мм.

Рабочие валки (рис. 40) смонтированы на подшипниках качения 3 (конические двухрядные роликоподшипники № 2087732), установленных в подушках 4. Для самоустановки рабочих валков в подушках предусмотрена установка пяты и подпятника 6, имеющих сферическую поверхность контакта. В пяте размещено предохранительное срезное кольцо. Верхний валок уравновешен пружиной 9, расположенной на верхней перемычке станины и соединенной с подушками валка траверсой 7, имеющей Т-образный паз и тягу. Ведущие и синхронизирующие шестерни имеют модуль равный 10 мм и число зубьев 31 и 32 соответственно. Масса рабочей клетки 2700 кг, а станины клетки 750 кг. Рабочие валки выполнены из стали марки 30ХГСА с улучшением. Срок службы основных деталей клетки: рабочие валки — 3 года, подшипники — 6 мес, ведущие шестерни — 6 мес, рейки — 12 мес, текстолитовые направляющие планки — 12 мес. Направляющие рельсы перешлифовывают один раз в год.

Рабочая клетка двухниточного стана 2 ХПТС 8-25 (МИСиС, АЗТМ). Клеть кварто (рис. 42) состоит из стационарной станины открытого типа 1, в вертикальном проеме которой

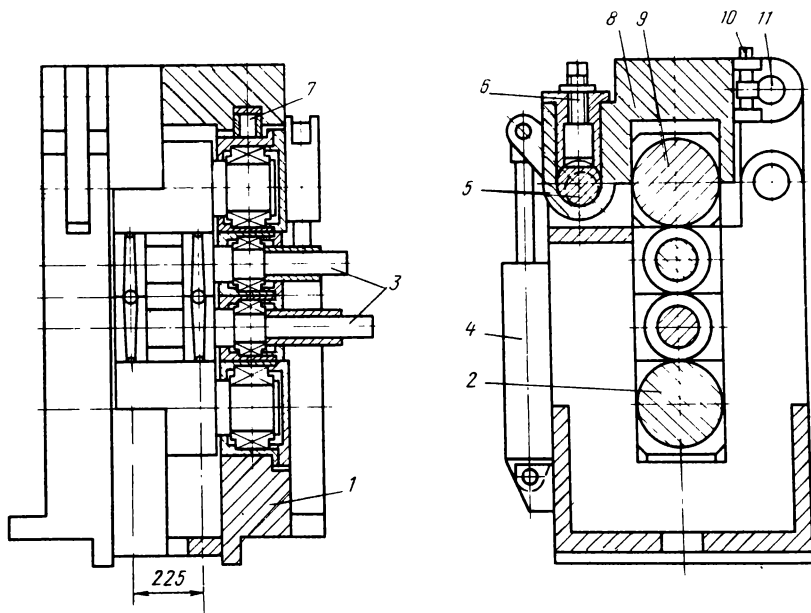


Рис. 42. Рабочая клеть стана 2 ХПТС 8-25

размещены два рабочих валка 3 и нижний опорный валок 2. Верхний опорный валок 9 установлен в крышке 8. Приводными являются рабочие валки, получающие неравномерное вращение от главного приводного механизма, через карданные валы.

Каждый рабочий валок имеет два калибра с наружными диаметрами 200 мм и шириной 120 мм. На одной половине каждого калибра нарезан рабочий ручей переменного сечения, а на второй половине холостой ручей постоянного сечения.

Рабочие валки установлены на двухрядных конических роликоподшипниках № 97520, которые не передают вертикальное усилие прокатки. Опорные валки диаметром 300 мм имеют двухрядные конические роликоподшипники № 2097730, через которые вертикальное усилие прокатки передается на крышку и станину. В крышке установлены предохранительные срезные кольца 7.

Крышка соединена со станиной эксцентриковым валом 5 и осями 11. Поворотом эксцентрикового вала от гидроцилиндра 4 систему, включающую станину, опорные валки, рабочие калибры и крышку, предварительно "напрягают" (усилием

1000 кН). Поскольку возникающие при прокатке вертикальное усилие не превышает усилия предварительного напряжения, прокатка происходит при работе валков в "обкат", т.е. без зазора между калибрами. Это повышает точность прокатанных труб, но одновременно увеличивает нагрузку на поверхности контакта рабочих валков и опорных валков и на подшипники последних. Кроме того, работа валков в "обкат" исключает возможность их радиальной регулировки.

При перевалке оси *11* выводят реечным механизмом *10* из отверстий в крышке, а эксцентриковый вал фиксируют винтом *6* относительно крышки. Поворотом эксцентрикового вала от гидроцилиндра крышка откидывается вместе с установленным в ней опорным валком и рабочие валки извлекают вверх. Новый комплект рабочих валков устанавливают в обратном порядке.

Рабочая клеть двухноточного стана ХПТ 2-32 представляет собой две пары последовательно установленных в общей станине *1* рабочих валков *2* (рис. 43). При этом кольцевые калибры *6* одной пары валков расположены на расстоянии 80 мм от центральной ведущей шестерни *7* в одну сторону, а калибры второй пары валков на 80 мм смещены в другую сторону. Таким образом, расстояние между двумя одновременно прокатываемыми трубами равно 160 мм. Две рейки размещены в нижней части станины, в которой перемещается клеть, и входят в зацепление с ведущими шестернями *8*, между которыми размещена промежуточная шестерня *5*, соединенная с синхронизирующими шестернями *7*, установленными на рабочих валках.

Отличительной особенностью конструкции клетки является то, что шатуны приводного механизма соединены непосредственно с рамой *4*, в которую вставляется станина с двумя парами рабочих валков. Станину крепят к раме с помощью клина *3*. Применение рамы несколько увеличивает массу подвижных частей, но зато упрощает перевалку и настройку клетки. Рабочие валки установлены на двухрядных сферических роликоподшипниках № 3524. Кольцевые калибры смонтированы на валках по скользящей посадке. Момент прокатки передается от калибра на ведущую шестерню торцевыми выступами на калибре, входящими в торцевые пазы на ведущей шестерне. Для удобства и быстроты съема калибра подшипни-

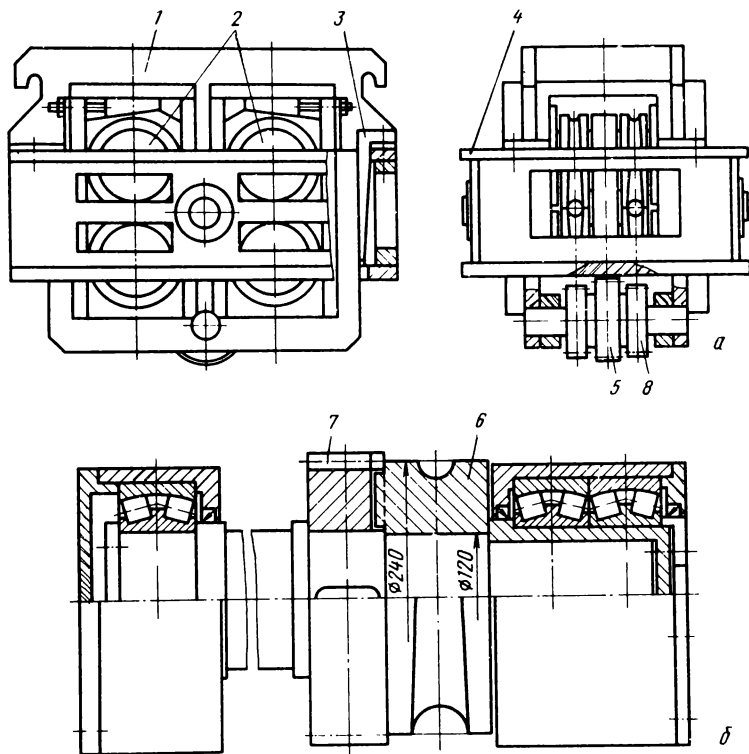


Рис. 43. Рабочая клетка стана ХПТ 2-32:
 а — общий вид клетки; б — разрез по валку

ки одной из шеек вала установлены на промежуточной втулке, которая смонтирована на этой шейке вала по скользящей посадке. Масса клетки с рамой составляет 1840 кг.

Рабочая клетка двухниточного стана ХПТ 2-55 с полудисковыми калибрами (ВНИИметмаш) имеет две пары последовательно установленных в общей станине 1 (рис. 44) рабочих валков 4. Особенностью клетки является станина, боковые рамы которой выполнены с изгибом, который позволяет сократить расстояние между опорами рабочих валков и тем самым повысить их жесткость. Кроме того, сокращается ширина клетки благодаря размещению синхронизирующих шестерен 7 в зонах, образованных изгибом боковых рам станины. Применение двух пар, отдельных для каждой нитки валков, позволяет осуществлять раздельную регулировку каждой па-

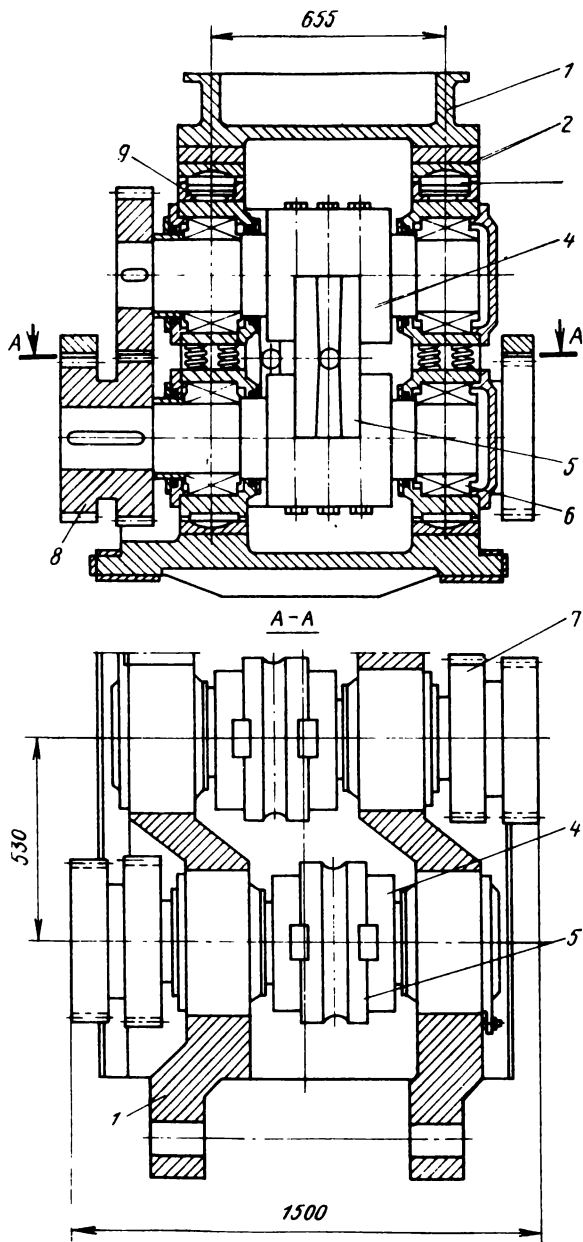


Рис. 44. Рабочая клетка стана ХПТ 2-55 с полудисковыми калибрами

ры валков и устаноовить подшипники 6 более легкой серии по сравнению с установкой двух калибров на общем валке.

В данной клетки использованы конические двухрядные роликподшипники № 2097736. Диаметр куалибров 5 равен 364 мм, а диаметр рабочего валка 325 мм, расстояние между нитками 250 мм. С целью создания более благоприятных условий работы подшипников предусмотрена установка пят 2 и подпятников 3, имеющих сферическую поверхность контакта, что способствует самоустановке рабочих валков. В качестве предохранительных устройств используются срезные чугунные кольца 9. Модуль ведущих 8 и синхронизирующих шестерен равен 14 мм, число зубьев 24 и 26 соответственно, масса клетки 4,5 т, масса двух пар верхних и нижних валков 2,8 т, рабочие валки выполнены из стали марки 30ХГСА с улучшением. Стойкость рабочих валков 10 лет, подшипников 12 месяцев. Ведущие шестерни изготовлены тоже из стали марки 30ХГСА с поверхностной закалкой зубьев до твердости 35—40 HRC₃ и их стойкость составляет 18 месяцев. Рейки, изготовленные из стали 40Х с улучшением до твердости 28—32 HRC₃, стоят 7 мес. Направляющие рельсы под клетью перешлифовывают один раз в год.

Рабочая клеть двухнижнего стана ХПТ 2-55 с кольцевыми калибрами (ВНИИмет. маш) представляет собой сварно-литую станину 1 (рис. 45), состоящую из трех, соединенных между собой рам. Боковые рамы станины выполнены прямыми и в них размещены подушки 5 с двумя коническими двухрядными роликподшипниками № 2097936. Средняя рама, если смотреть на клеть сверху, имеет изгиб, который сокращает ширину клетки и в ней установлены подушки 11 с коническими двухрядными роликподшипниками № 2097730.

Две пары рабочих валков размещены со смещением на 430 мм вдоль оси прокатки, что позволяет осуществлять раздельную регулировку каждой пары. Кольцевые калибры 10 с наружным диаметром 308 мм закрепляют на валке с помощью конической втулки 8, обеспечивающей соединение валка с калибром с натягом, эквивалентным натягу горячей посадки. Для фиксирования положения калиба относительно валка применена шпонка 9, установленная на валке и входящая в торцевой паз калибра. Монтаж и демонтаж калибров проводят на специальном стенде. Стенд состоит из стойки с

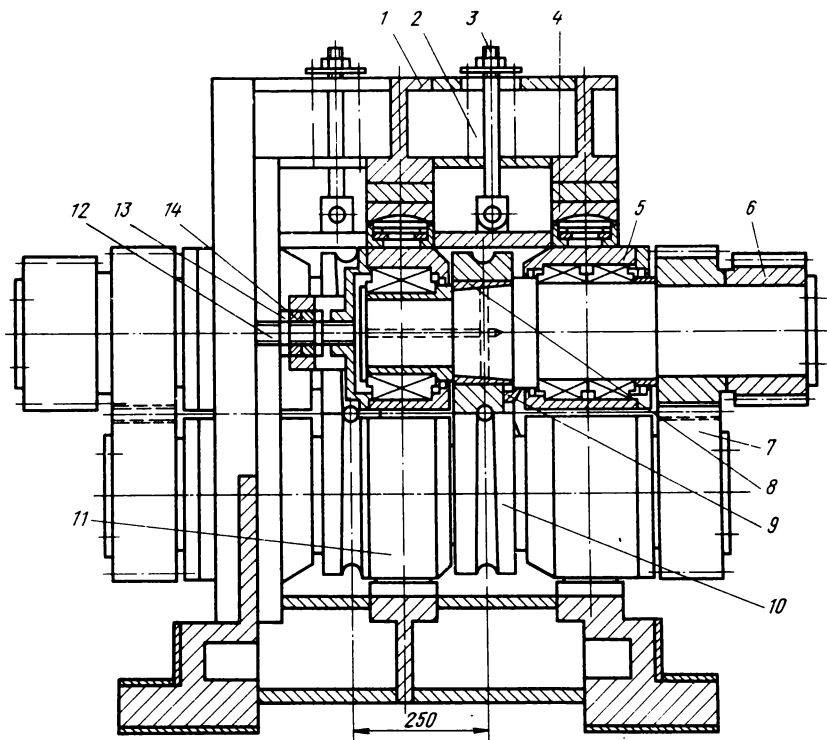


Рис. 45. Рабочая клеть стана ХПТ 2-55 с кольцевыми калибрами

захватами для прижима валка, гидроцилиндра для установки калибра на валок, затяжки конусной втулки и ручного насоса для подачи масла (10000 МПа) под конусную втулку через отверстия, выполненные в валке. Гидроцилиндр приводится в действие от насосной станции, подающей масло под давлением 2000 МПа.

Осевая регулировка верхнего валка односторонняя с помощью болта 12, соединенного с подушкой. Осевое перемещение болта проводят вращением гаек 13, которые опираются на подушки 14, размещенные в скобе, закрепленной на станине. Для самоустановки рабочих валков предусмотрены сферические опоры 4, под которыми в регулировочных клиньях помещены предохранительные кольца. Уравновешивание верхнего валка осуществляет пружина 2, соединенная с подушками валка траверсой, имеющей Т-образные пазы и тягу 3. Ве-

дущие 6 и синхронизирующие 7 шестерни имеют модуль равным 14 мм и число зубьев 20 и 22 соответственно.

Поскольку клеть с кольцевыми калибрами устанавливают в ту же станину, что и клеть с полудисковыми калибрами, имеющими диаметр ведущих шестерен больше, то для сохранения отметки оси прокатки постоянной под рейками предусмотрены клиновые регулировочные механизмы, которыми рейки устанавливают на необходимую высоту. Масса рабочей клетки составляет 3600 кг, длина хода рабочей клетки 800 мм, при этом полный угол разворота вала равен 328° , а рабочая часть рудья калибра размещена на угле 252° .

4. Конструкции механизмов подачи и поворота заготовки

Стационарный механизм подачи разработан Днепропетровским металлургическим институтом, установлен и работает в составе реконструированных на двухниточную прокатку станов ХПТ 32, прокатывающих трубы из алюминиевых сплавов. Стационарный механизм подачи (рис. 46) состоит из двух основных групп элементов механизма. Первая группа служит для подачи заготовки, т.е. для ее прерывистого перемещения в сторону рабочей клетки, а вторая для зажима заготовки в момент подачи.

Подача осуществляется следующим образом. Вращение от

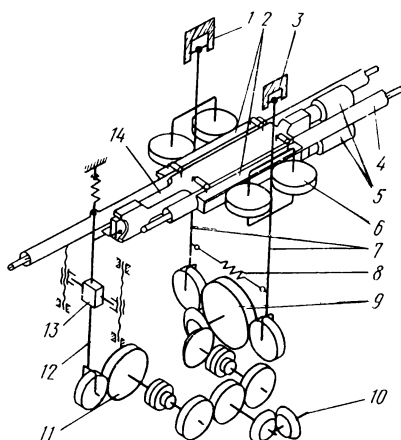


Рис. 46. Механизм подачи стационарный

главного привода стана получает приводной вал 10, который через систему зубчатых передач вращает кулак 11. При этом кулак своей профилированной поверхностью толкает рычаг 12 и соответственно корпус 14, в котором плашками 2 зажаты заготовки 4. Величину подачи изменяют регулированием положения оси качания 13 рычага 12; диапазон изменения подач 2,5–30 мм. Обратное движение корпус 14 и рычаг 12 получают от пружины 5. Неравномерность величин подач не превышала 5% [10].

Одновременно с вращением кулака подачи 11 от приводного вала 10 через систему шестерен получает вращение кулак зажима 9. Этот кулак отклоняет рычаги зажима 7, которые установлены в опорах 1 и 3 и через ролики 6 зажимают плашками 2 заготовки 4. Ролики, контактирующие с профилем кулака зажима и установленные на концах рычагов зажима, постоянно прижимаются к кулаку пружиной 8. Усилие зажима заготовок при подаче до 50 кН.

Дифференциально-кулачковый механизм подачи тракового типа (КМЗ) установлен на двухниточном стане ХПТ 2-32 и включает в себя преобразователь непрерывного вращения в прерывистое и подающий механизм тракового типа.

Рассмотрим работу дифференциально-кулачкового преобразователя (рис. 47). При постоянном вращении приводного

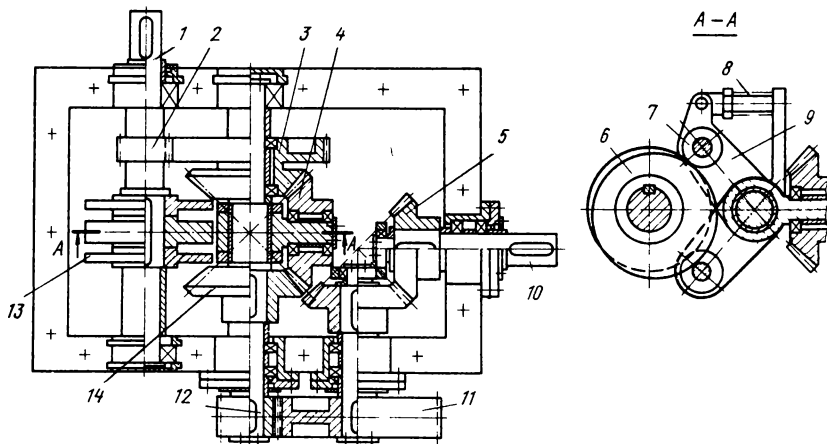


Рис. 47. Дифференциально-кулачковый преобразователь механизма подачи стана ХПТ 2-32

вала 1 рычагу 9 сообщается от кулака 6 качательное движение. Одновременно через зубчатую передачу 2 постоянное вращение получают солнечная шестерня 3 и шестерня-сателлит 4. Профиль кулака выбран таким образом, что в течение $5/6$ времени оборота приводного вала (времени двойного хода клетки) угловая скорость отклонения рычага 9 с сидящей на его оси конической шестерней-сателлитом 4 такова, что вторая солнечная шестерня 14 и вал 12, на котором она жестко установлена, остаются неподвижными. В этот момент подачи нет и производится прокатка трубы. В период подачи ($1/6$ времени двойного хода клетки) из-за изменения радиуса кулака скорость отклонения рычага 9 с шестерней 4 изменяется как по величине, так и по направлению, поэтому вторая солнечная шестерня 14 конического дифференциала поворачивается за этот период на определенный угол. В результате прерывистого поворота солнечной шестерни 14, вала 12 через сменные шестерни 11 и коническую передачу 5 получает прерывистое вращение вал 10, соединенный с валом приводной звездочки тракового подающего механизма. Сменные шестерни необходимы для изменения величины подачи. Практически подача меняется в интервале 8–15 мм; возможно подбором шестерен получить подачу от 2 до 40 мм.

Для замыкания опорных роликов 7 на профиле кулака и сохранения постоянным расстояния между центрами этих роликов на приводной вал 1 рядом с основным кулаком 6 установлены контркулаки 13, контактирующие с одним из опорных роликов. Второй опорный ролик находится в контакте с основным кулаком. С целью компенсации неточности изготовления профилей кулачков применена пружина 8, способствующая постоянному прижатию роликов к поверхности кулаков.

Траковый подающий механизм (рис. 48) состоит из корпуса 1, в котором установлены приводные 2 и холостые 5 звездочки с бесконечными цепями 4, на осях которых расположены траки 3, имеющие ручки, радиус которых соответствует радиусу подаваемой в клеть заготовки. Цепи своими втулками 6 опираются на направляющие планки 8 и 11. При этом нижние направляющие планки 11 закреплены на траверсе 12, которая может перемещаться вверх или вниз установочными болтами 13, выставляя нижние траки на оси прокатки. Верхние траки постоянно прижимаются к заготовке с помощью

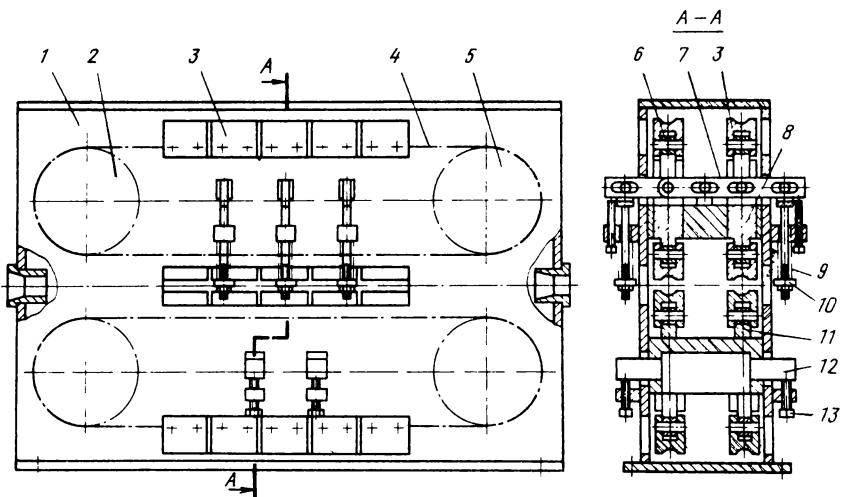


Рис. 48. Трактовый подающий механизм стана ХПТ 2-32

пружин 9 через рычажную систему 7 и верхние направляющие планки 8. Усилие зажима заготовок регулируют сжатием или ослаблением пружин с помощью гаек 10. Как уже указывалось выше, прерывистый поворот от дифференциально-кулачкового преобразователя получают приводные звездочки, которые сообщают цепям и зажатými траками заготовкам прерывистое поступательное перемещение. Неравномерность подачи составляет $\pm 7\%$ от среднего значения и в значительной степени зависит от степени зажатия заготовки траками. Наиболее слабым звеном являются подшипники сателлитной шестерни, их стойкость не более 10 мес.

Эциклический механизм подачи и поворота разработан НИИАчермет совместно с НЮТЗ и установлен на нескольких станах ХПТ на НЮТЗ и ПНТЗ взамен устаревших подающе-поворотных механизмов рычажного типа (рис. 49). Вращение от электродвигателя 8 получает солнечная шестерня 2, которая передает вращение блоку сателлитов 1, находящихся в зацеплении с внутренними зубьями зубчатого колеса 4. Блоки сателлитов установлены на водиле 3, жестко соединенном с тормозным шкивом 13.

Скорости вращения солнечной шестерни 2, сателлитов 1 и водила 3 подобраны таким образом, что при деформации

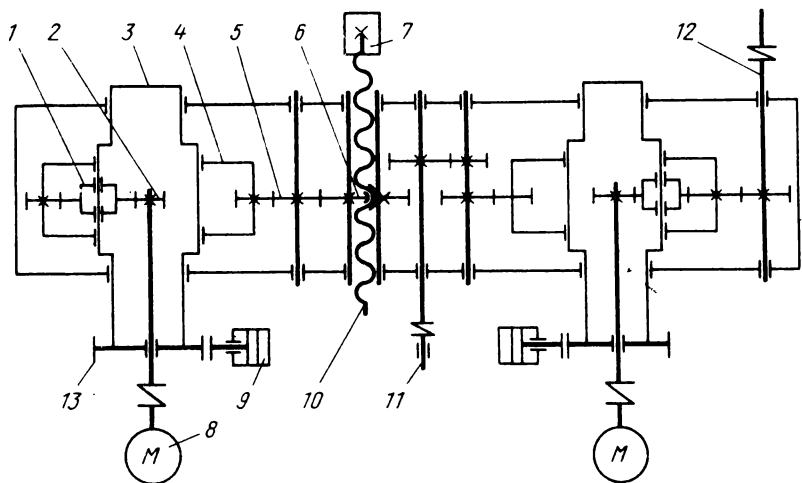


Рис. 49. Схема эпициклического механизма подачи и поворота

трубы зубчатое колесо 4 остается неподвижным и подача трубы не происходит. В момент подачи пневмораспределитель, кинематически связанный с главным приводом стана и вращающийся с числом оборотов, равным числу оборотов кривошипного вала, подает сжатый воздух в полость мембранного пневмоцилиндра 9, который зажимает тормозными колодками шкив 13. Водило 3 останавливается, а колесо 4 проворачивается, вращая промежуточную шестерню 5 и соединенную с ней шестерню-гайку 6. Шестерня-гайка, вращаясь, перемещает винт 10 с патроном заготовки 7 в зону рабочей клетки.

Второй дифференциальный механизм с пневмоцилиндром и двигателем предназначены для сообщения прерывистого поворота валу (11 и 12), соединены с передним и промежуточным патронами и с механизмом зажима стержня.

Эпициклический механизм подачи и поворота бесшумен в работе и дает возможность плавного бесступенчатого изменения величины подачи и угла поворота в результате регулирования скорости двигателей с пульта управления. Это особенно важно при прокатке труб из малопластичных сплавов и тонкостенных труб, когда имеется возможность снизить подачу, при прохождении стыка предыдущей и последующей труб через конус деформации без остановки процесса прокатки.

Плавное бесступенчатое изменение величины подачи возможно в пределах от 2 до 50 мм, а угол поворота трубы от 20 до 300°. Разброс значений подач и углов поворота от их средних величин составляет $\pm 10\%$. Мощность электродвигателей постоянного тока 55 кВт, что составляет 50% мощности главного привода стана; срок службы солнечной шестерни один год. Число замыканий тормозных колодок 60–90 в минуту объясняет их интенсивный износ. Восстановление тормозного устройства, например на стане ХПТ 75, выполняют в среднем два раза в месяц.

Планетарно-гипоциклоидный механизм подачи и поворота создан Уральским политехническим институтом и применен на станах ХПТ 2-25-40, ХПТ 160 и на ряде модернизированных станов ХПТ и ХПТР. Особенностью этого механизма является конструкция преобразователя непрерывного вращения, получаемого от главного привода стана, в прерывистое, циклическое вращение валов, соединенных с винтом подачи и с валом поворота.

Конструкция преобразователя приведена на рис. 50. Вращение от главного привода стана получает вал 9, установленный в корпусе 1, и передает его через зубчатую передачу

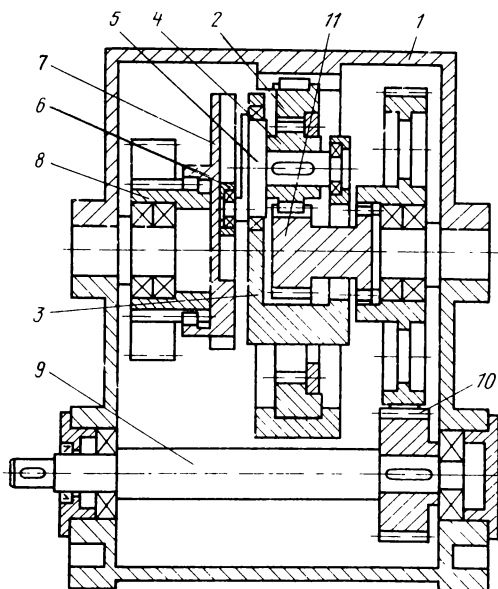


Рис. 50. Планетарно-гипоциклоидный механизм

10 солнечной шестерне 11. Последняя соединена с тремя сателлитными шестернями 4, расположенными на кривошипных валах 5, установленных на водиле 3. На пальцах кривошипных валов 5 размещены ползуны 6, входящие в пазы кулисы 7. При вращении шестерни сателлиты, находящиеся также в зацеплении с неподвижным зубчатым венцом 2, имеющим внутреннее зацепление, обегают шестерню, поворачивая водило 3 и одновременно вращаются вокруг собственной оси. В результате этих движений палец кривошипного вала с ползуном перемещаются по гипоциклоидной траектории, обеспечивая прерывистый, циклический поворот кулисы 7 с минимальными ускорениями. Прерывистый поворот кулисы передается через промежуточную шестерню 8 сменным шестерням и далее к винту подачи. Одновременно от этой же промежуточной шестерни вращение передается валу поворота через ускоряющую зубчатую передачу с передаточным отношением, равным двум, что обеспечивает вращение вала поворота в обоих крайних положениях клетки. Как показала практика работы этих механизмов, значение наибольших усилий снижается в них в 1,8–2,5 раза по сравнению с другими известными типами преобразователей, что уменьшает динамические нагрузки и увеличивает долговечность работы подающе-поворотного механизма в целом.

Механизм подачи дифференциального типа с некруглыми зубчатыми колесами (ВНИИметлаш). Механизм установлен на трехниточном стане ХПТ 12-20 и состоит (рис. 51) из ведущего вала 1 с размещенным на нем ведущим некруглым зубчатым колесом 2, начальная окружность которого на дуге 300° имеет постоянный радиус 145 мм. В момент подачи заготовки в зону деформации радиус начальной окружности сначала увеличивается до 170 мм на дуге в 30° , а затем на оставшихся 30° снова уменьшается до 145 мм. Соответственно изменяется и радиус окружности сопряженного ведомого некруглого зубчатого колеса 3, которое установлено на валу водила 4. Это изменение радиусов начальных окружностей колес приводит к рассогласованию поворота водила с поворотом солнечного колеса 5, движение которому передается через шестерни 6 и в свою очередь к повороту шестерен 7, 8 винта подачи 9.

Во время рабочего хода, когда нет подачи, некруглые

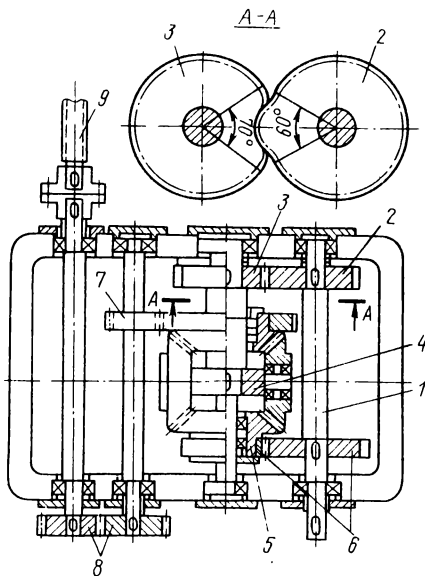


Рис. 51. Механизм подачи с некруглыми зубчатыми колесами трехниточного стана ХПТ 12-20

зубчатые колеса на дуге 300° передают равномерное вращение водилу 4 дифференциала, вращающемуся в два раза медленнее солнечного конического колеса 5, движению которому передается от вала через синхронизирующие шестерни 6. В этот момент второе солнечное колесо дифференциала неподвижно. Длительная эксплуатация механизма показала надежность работы и обеспечение стабильной величины подачи при 100–120 двойных ходах рабочей клетки в минуту. Неравномерность подачи составила $\pm 6\%$ от среднего значения. Стойкость одной пары некруглых зубчатых колес при трехменной работе стана колеблется от трех до пяти лет. Шестерни изготовлены из стали 40X с улучшением до 28–32 HRC₃.

5. Зарубежные станы ХПТ, работающие на отечественных заводах

Стан КПВ 25 ВМР (KPW 25 VMR)

Длинноходовой, быстроходный, однопиточный стан КПВ 25 ВМР (рис. 52) поставляется западно-германской фирмой "Маннесманн-Демаг" и предназначен для холодной прокатки труб. Имеет торцевую систему загрузки заготовок с остановкой

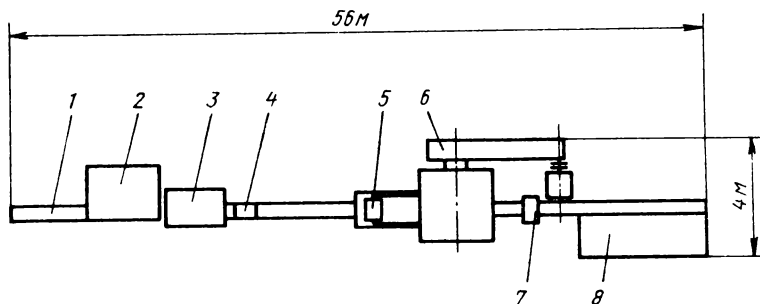


Рис. 52. Стан КПВ 25 ВМР:

1 — толкатель заготовок; 2 — стол загрузки; 3 — механизм распределительно-подающий; 4 — патрон подачи; 5 — клеть рабочая; 6 — приводной механизм; 7 — ролики тянущие; 8 — стол приемный

клетки для перезарядки, рабочую клеть с подвижной силовой станиной и кольцевые калибры. Приводной механизм с коленчатым валом и с грузовым вертикально-расположенным уравновешивающим устройством переднего типа. Стан снабжен механизмом подачи кулачково-рычажного типа с перемещающимся винтом. При подаче рычаг толкает винт вперед, а возвращает винт назад вращающаяся гайка. Механизм поворота кулачково-червячного типа. Подачу и поворот трубы осуществляют в крайнем заднем положении клетки. Механизм подачи, поворота и зажима стержня оправки объединены в одном корпусе, образуя распределительно-подающий механизм. Эти станы специализируются для прокатки труб из нержавеющей стали. Для лучшего соответствия диаметра ведущей шестерни истинному катающему диаметру при прокатке труб различных диаметров стан укомплектован ведущими шестернями с диаметрами делительных окружностей, равным 106 мм ($z = 28$, модуль 7 мм) и 203 мм ($z = 29$, модуль 7 мм), а калибры имеют диаметры от 205 до 214 мм. Перевалка валков занимает 1,5 ч, а полностью переход на новый маршрут 3 ч.

Техническая характеристика

Заготовка:

наружный диаметр, мм 18—38
длина, м 1,5—6

Готовая труба:

наружный диаметр, мм 10—25
длина, наиб, м 25
диаметр калибра, мм 205—214

ход рабочей клетки, мм	506
число двойных ходов клетки в минуту	100—260
подача, мм	1—20
мощность двигателя главного привода, кВт	45

В табл. 12 приведены режимы работы станов, применяемые на заводах нашей страны.

Т а б л и ц а 12. Режим работы станов КРВ 25 VMR при прокатке труб диаметром 20 мм

Заготовка, мм	Толщина стенки готовой трубы, мм	Линейное смещение металла за ход клетки, мм
32×2,1	До 0,8	11,0—12,0
32×2,1	0,8—0,99	11,5—12,5
32×2,5	0,99—1,2	10,5—11,5
32×2,5	1,2—1,5	9,0—10,0
32×2,5	1,5—1,99	8,0—9,0
32×4,1*	1,99	7,0—8,0
28×2,1*	2,0	5,0—9,0

* Диаметр готовой трубы до 20 мм.

Значения подач составляют от 1,5 до 4 мм, а производительность от 500 до 1000 м/смену. Для повышения долговечности механизмов стан практически работает с числом двойных ходов рабочей клетки (130—150 в мин).

Приводной механизм стана КРВ 25 VMR (Маннесманн—Демаг) представляет собой дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм переднего типа с вертикальным грузовым уравновешивающим устройством (рис. 53). Состоит из электродвигателя 7 постоянного тока мощностью 45 кВт, плоскоременной передачи 6, муфты-тормоза 12, коленчатого вала 8, двух горизонтальных шатунов 1, связанных с качающимся на рычаге 5 контргрузом 3. Коленчатый вал (рис. 54) имеет два колена и установлен на четырех подшипниках качения. При этом подшипник 9, установленный на коренной шейке вала между коленами, и подшипники 10 на шатунных шейках представляют собой специальные разъемные роликовые подшипники. Разъемными являются и наружные и внутренние кольца подшипников, стык двух половин колец выполнен в виде неравностороннего треугольника: внутренний диаметр подшипников 120 мм, наружный 260 мм, ширина 60 мм. Подшипники качения, установ-

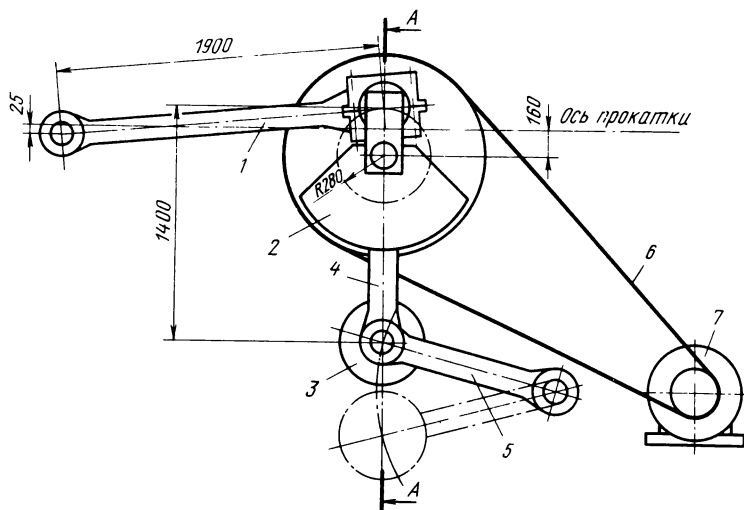


Рис. 53. Приводной механизм стана КПВ 25 ВМР

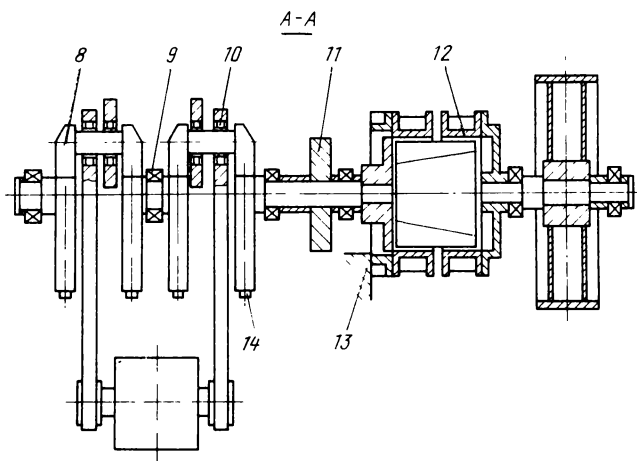


Рис. 54. Приводной механизм стана КПВ 25 ВМР (разрез по коленчатому валу)

ленные на наружных коренных шейках вала, обычной конструкции и имеют внутренний диаметр 140 мм, наружный 250 мм и ширину 65 мм. Применение подшипников качения позволило отказаться от системы централизованной жидкой смазки, применяемой при наличии подшипников скольжения, смазка

подшипников пластическая, автоматическая. В этом случае отпадает необходимость защиты от смешивания жидкого масла с эмульсией, применяемой для охлаждения рабочих валков при прокатке труб.

Плоскоременная передача представляет собой два шкива, соединенных бесстыковым плоским специальным ремнем шириной 300 мм, диаметр ведущего шкива 300 мм, а ведомого 1250 мм. Муфта-тормоз 12 состоит из четырех конусных фрикционных дисков с пневматическим управлением. Два конусных диска связаны с коленчатым валом 8, один со шкивом и один с неподвижной стойкой 13. Муфта имеет переключатель, в одном крайнем положении она работает как соединительная муфта, соединяя ведомый шкив с коленчатым валом, а в другом крайнем положении как тормоз, останавливающий коленчатый вал и рабочую клеть.

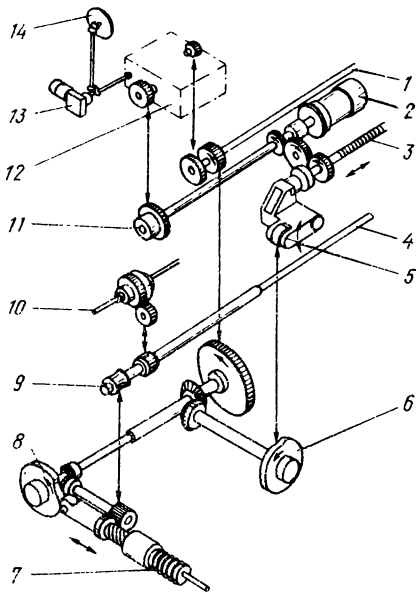
В последнем случае в муфте зажимают конусный диск, жестко соединенный с неподвижной стойкой. При остановке клетки, например при перезарядке, электродвигатель и плоскоременная передача продолжают вращаться. При включении муфты и освобождении тормозного конусного диска, вращающийся ведомый шкив помогает электродвигателю преодолеть инерцию покоя и привести в движение коленчатый вал и рабочую клеть. Вращение к механизму подачи и поворота передается установленная на коленчатом валу шестерня 11.

Вертикальная система грузового уравнивания с применением качающегося контргруза в сочетании с действием противовесов 2, установленных на коленчатом валу с помощью клиновых шпонок и болтов 14, позволяет достичь такой степени уравнивания, при которой суммарный крутящий момент на валу электродвигателя при прокатке снижается, что создает благоприятные динамические условия работы привода и возможность увеличить быстроходность стана. Кроме того, такая система уравнивания снижает на 80 % горизонтальные и вертикальные составляющие сил инерции, действующие на фундамент стана при его работе.

Механизм подачи и поворота стана КПВ 25 ВМР (Маннесманн—Деллаг). Механизм подачи и поворота (рис. 55) работает следующим образом. От приводного вала 1 через цилиндрическую и коническую зубчатые передачи вращается кулак подачи с числом оборотов в единицу времени, равным

Рис. 55. Механизм подачи и поворота стана КПВ 25 ВМР

числу оборотов коленчатого вала приводного механизма стана. В момент подачи, т.е. когда клеть находится в крайнем заднем положении, кулак 6 отклоняет рычаг 5, который в свою очередь перемещает винт 3 с патроном заготовки вперед на величину подачи. Патрон заготовки соединен с винтом через закрепленную в корпусе патрона гайку. Во время прокатки рычаг 5 отводится назад на ту же величину подачи при помощи цепного



вариатора 12, приводимого в движение от приводного вала 1 через зубчатую передачу. При этом от цепного вариатора вращение через зубчатую передачу получает винт 3, который вывинчивается из гайки, закрепленной в корпусе патрона заготовки и перемещается назад, отклоняя рычаг 5 в обратном направлении. Далее цикл подачи повторяется. Таким образом, во время прокатки за каждый двойной ход клетки винт подачи совершает поступательное движение с патроном заготовки в направлении рабочей клетки и возвратное поступательно-винтовое движение на то же расстояние. Изменение величины подачи производят с помощью сменных кулаков подачи и цепного вариатора. Стан укомплектован шестью кулаками, обеспечивающими следующие диапазоны величин подач, мм: 0–5, 2–8, 5–11, 8–14, 11–17, 14–20. В пределах каждого диапазона подача регулируется бесступенчато с помощью цепного вариатора, снабженного регулятором 13. Значение установленной подачи показывает указатель 14. Ускоренный отвод патрона заготовки перед перезарядкой стана очередной заготовкой происходит включением электродвигателя 2, от которого через систему шестерен приводится во вращение винт подачи, перемещающий

патрон заготовки в исходное заднее положение. При этом цепной вариатор при помощи сцепной муфты 11 отключается.

Механизм поворота работает следующим образом. От приводного вала 1 через систему шестерен приводится во вращение кулак поворота 8 с числом оборотов в единицу времени, равным числу оборотов коленчатого вала приводного механизма стана. Кулак поворота спрофилирован так, что в момент поворота (рабочая клеть подходит к крайнему заднему положению) толкатель с закрепленным на нем многозаходным червяком перемещается в осевом направлении и поворачивает червячное колесо 9 и вал поворота 4 на угол 57° . Далее через шестерни этот поворот передается механизму зажима стержня 10 и на передний патрон и патрон заготовки.

В остальное время цикла червячное колесо и вал поворота остаются неподвижными, так как червяк, двигаясь поступательно вместе с толкателем в обратном направлении под действием пружины 7 и непрерывно вращаясь от приводного вала через систему шестерен, как бы "вывертывается" из червячного колеса вследствие соответствующего согласования его поступательной и окружной скоростей. Согласование достигается в том случае, если поступательная скорость червяка равна по величине и противоположна по направлению окружной скорости, умноженной на тангенс угла подъема винтовой линии червяка. В связи с тем, что поступательное и вращательное движения червяк получает от одного вала, соотношение между окружной и поступательной скоростями червяка не зависит от скорости этого вала, а определяется только профилем кулака и передаточным числом системы шестерен, передающих вращение от вала к червяку.

Наименее стойким элементом механизма подачи является гайка винта подачи. Ее стойкость не более трех месяцев. Стойкость бронзового венца червячного колеса механизма поворота три года. Наиболее слабое звено механизма поворота, это трансмиссия поворота (быстро разбиваются шпонные соединения).

Рабочая клеть стана КРВ 25 ВМР (Маннесманн—Делмаг, ФРГ). Двухвалковая клеть (рис. 56) включает в себя станину, состоящую из двух литых рам 1 открытого типа, стянутых между собой четырьмя болтами 6 и рабочие валки 5,

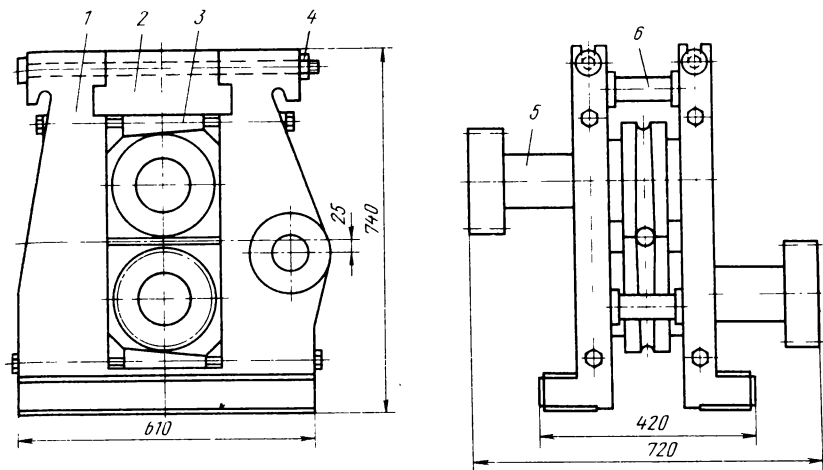


Рис. 56. Клеть рабочая стана КПВ 25 ВМР

имеющие односторонний привод. Верхние части рам имеют Т-образные пазы, в которых устанавливают траверсы 2. Траверсы закреплены на станине закладными болтами и гайками 4. Радиальную регулировку валков осуществляют верхним клиновым механизмом 3. Для установки нижнего валка по оси прокатки предусмотрен аналогичный клиновой механизм под подушками нижнего валка. Направляющие лапы станины облицованы текстолитовыми планками и, имея отношение длины к ширине 1,5:1, обеспечивают устойчивое направление клетки при движении. Соединение клетки с шатунами приводного механизма расположено на 25 мм ниже оси прокатки с целью уменьшения опрокидывающего момента при возвратно-поступательном перемещении клетки. На рабочий валок 5 (рис. 57) насажен по горячей посадке кольцевой калибр 10,

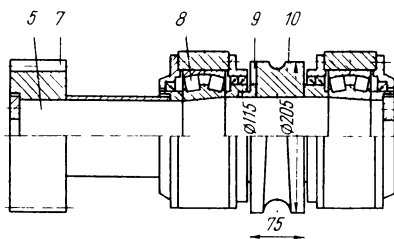


Рис. 57. Разрез по валку стана КПВ 25 ВМР

положение которого фиксируется на валке кольцом 9, имеющим торцевой выступ, входящий в аналогичный паз на боковой поверхности калибра. Кольцо соединено с валком болтами. Съем калибра с валка осуществляют с помощью нагрева его в индукционном нагревателе. Роликовые двухрядные подшипники 8 имеют внутреннее кольцо с отверстием, выполненным с конусностью 1:12. Наружный диаметр подшипников 180 мм, а минимальный диаметр конусного отверстия внутреннего кольца 105 мм. Ширина подшипника 60 мм. Привод каждого валка осуществляется от ведущей шестерни 7, имеющей модуль 7 мм и 28 зубьев.

Особенностью клетки является то, что она закрыта при работе крышкой, а смазочно-охлаждающая жидкость подается сильными струями через отверстия в направляющих станины под рабочую клетку и через сопло со стороны входа заготовки, образуя в пространстве, где движется клетка, масляный туман.

Клетка не имеет предохранительного срезного кольца, что повышает ее жесткость. Для предохранения от перегрузки клетки, путем контроля обрыва оправки, между клеткой и передним патроном размещено специальное устройство с использованием изотопов. Масса клетки 570 кг. Масса верхнего и нижнего валка в сборе 183 кг.

Трехниточный стан холодной прокатки труб ЗЛФ2 поставлен в нашу страну французской фирмой Монбар (societe de constructions de Montbard) и предназначен для холодной прокатки труб из цветных металлов и сплавов. Система загрузки заготовок торцевая без остановки клетки для перезарядки, рабочая клетка со стационарно силовой станиной. Стан состоит из стола загрузки 1 (рис. 58), подающих роликов 12, двух зажимов стержней 11 и 10, патронов подачи 9. Рабочая кассета 2 получает перемещение от приводного механизма 7, от которого непрерывное вращение получает и вал механизма подачи и поворота 8, преобразующей это непрерывное вращение в прерывистое. Для перевалки валков предусмотрена перевалочная тележка 3, приводимая цепным приводом от электродвигателя с числом оборотов 1000 в минуту. Тележка подводится под кассету и выдвигается вместе с ней из стационарной станины перпендикулярно оси прокатки.

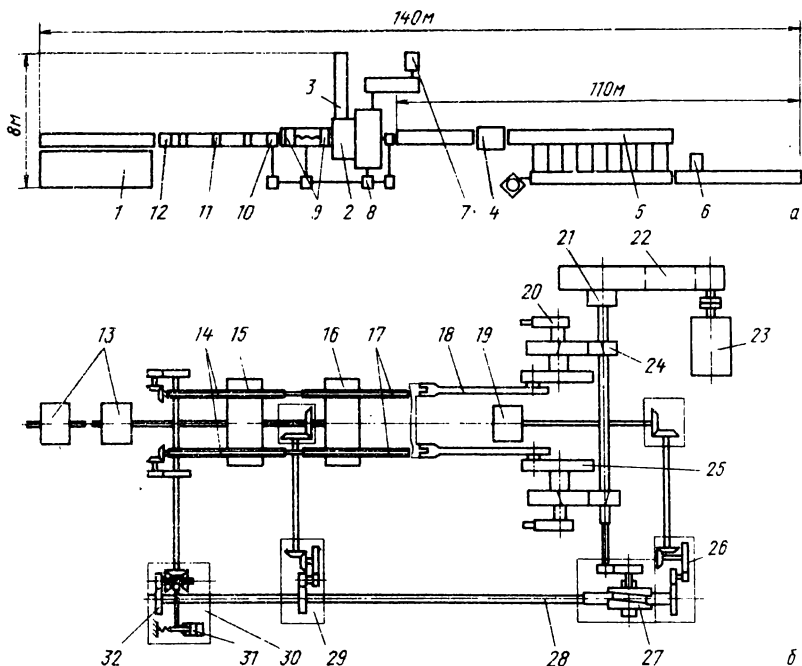


Рис. 58. Трехниточный стан ЗЛФ:
 а — общий вид; б — схема приводного механизма

Станы поставляются комплектно с установленными на столах выдачи 5 печами для отжига готовых труб 4, со стационарными пилами для резки труб на мерные длины б, с механизмами для поперечной передачи готовых труб и с моталками. Печь для стжига — индукционная, высокочастотная (частота тока 1000 Гц), мощность 2500 кВт. Печь может работать с применением защитной атмосферы (азот или водород).

Техническая характеристика стана

Заготовка:

наружный диаметр, мм	40—75
толщина стенки, мм	1—8
длина, м	3—10

Готовая труба:

наружный диаметр, мм	20—55
толщина стенки, мм	0,5—3
длина, наиб., м	100

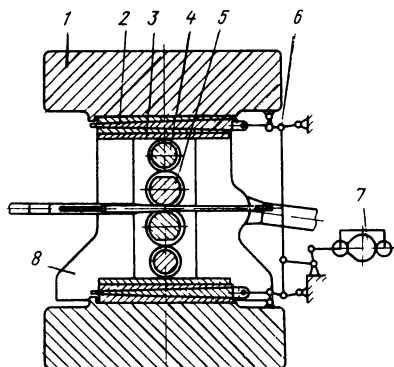
Число одновременно прокатываемых труб, шт.	3
Диаметр калибра, мм	285—295
Расстояние между нитками, мм	290
Ход кассеты, мм	760
Число двойных ходов кассеты в минуту	60—120
Подача, мм	5—20
Мощность электродвигателя главного привода, л.с.	500

На одном из заводов страны на таком стане прокатывают трубы из сплава Л68 по маршруту 55×6 → 28×1,6 мм с числом двойных ходов кассеты в минуту 68. Производительность стана составляет 4250—4800 м/смену.

Приводной механизм трехниточного стана ЗЛФ2 (фирма Монбар) состоит (см. рис. 58) из электродвигателя 23 постоянного тока с числом оборотов 1440 в минуту, плоскоремной передачи 22, связанной с приводным валом сцепной муфтой 21 и цилиндрических зубчатых передач 24 с косым зубом, которые приводят во вращение кривошип 25, соединенные с шатунами 18 рабочей клетки. На концах кривошипных валов установлены кулачковые механизмы 20, предназначенные для разведения валков рабочей клетки при обратном ходе. Особенностью механизма является отсутствие центральной части кривошипного вала, соединяющего два кривошипа. Такое конструктивное решение кривошипно-шатунного приводного механизма позволяет выполнить его аксиальным, что благоприятно сказывается на устойчивости кассеты с рабочими валками при ее возвратно-поступательном движении. Кроме того, в этом случае имеется возможность обеспечить более равномерную работу обеих шатунов. Преимуществом такой схемы является также возможность разместить зубчатые передачи 24 в отдельных закрытых, изолированных корпусах, подавая в них жидкую смазку. Кривошипы с шатунами размещены снаружи, поэтому нет смешивания жидкого смазочного масла с охлаждающей валки и трубы эмульсией. Механизм не имеет специального уравновешивающего устройства.

Рабочая клетка трехниточного стана ЗЛФ2 (фирма Монбар) представляет собой массивную литую неподвижную станину 1 (рис. 59), в которой перемещают кассету 8, содержащую два рабочих 5 и два опорных 4 валка. Вертикальное усилие прокатки передается от рабочих валков на опорные и далее через опорные рельсы 3 и клинья 2 на неподвижную станину. Для повышения жесткости клетки неподвижная станина выполнена предварительно напряженной. Усилие предварительного

Рис. 59. Схема рабочей клетки трехнечного стана ЗЛФ2



напряжения, равное 3500 кН, создается гидравлической системой. Клеть рассчитана на суммарное вертикальное усилие прокатки трех труб, равное 1900 кН. Гидравлическая система предварительного напряжения играет также роль предохранительной системы, предупреждающей поломку валков при перегрузках.

На каждом рабочем валке установлено на прессовой посадке три кольцевых калибра, наружный диаметр которых находится в пределах 285–295 мм, а внутренний равен 154 мм. Ширина калибра 120 мм. Между калибрами расположены промежуточные кольца, через которые рабочие валки контактируют с опорными. Расстояние между нитками 290 мм. На шейках опорных и рабочих валков размещены шестерни, входящие в зацепление друг с другом и с рейками, закрепленными в верхней и нижней частях станины. Здесь же расположены опорные рельсы и клинья.

Особенностью конструкции клетки является то, что в ней предусмотрено разведение валков при обратном ходе кассеты и за этот период времени происходит подача и поворот трубы. Разведение и сведение валков осуществляют перемещением клиньев, которые приводятся в движение через систему рычагов 6 от кулачковых механизмов 7, спрофилированные кулачки которых установлены на кривошипном валу приводного механизма.

При этой схеме прокатки (обжатие происходит только при прямом ходе клетки):

намного увеличивается время, необходимое для осуществления подачи и поворота заготовки, тем самым уменьшаются

динамические нагрузки в механизме подачи и поворота и деталях трансмиссий;

разгружаются патроны подачи и механизмы зажима стержней справок от осевых усилий, которые при деформирующем обратном ходе достигают значительных величин;

отсутствует пропрессовка металла при обратном ходе клетки, снижается неравномерность деформации, уменьшаются осевые усилия на заготовку, что особенно важно при докатке концов труб, когда подачу производят через торцы предыдущих и последующих труб.

Схема рабочей клетки с неподвижной силовой станиной и подвижной кассетой с опорными и рабочими валками позволяет уменьшить диаметр рабочих валков и их прогиб, а также несколько снизить массу подвижных частей.

К недостаткам этого типа клетки следует отнести повышенные габариты и соответственно большую массу клетки в целом. Кроме того, как показал опыт эксплуатации клеток с опорными валками на станах ХПТ 2-40, а также сравнительные данные по стойкости опор станов ХПТ 32-3 и клетки с опорными валками реконструированного стана ХПТ 55 при прокатке одинаковых труб из углеродистых сталей, стойкость опорных валков составила всего 480—600 ч, в то время как стойкость подшипников рабочих валков клетки стана ХПТ 32-3 находилась в пределах 3000—3500 ч. Исследования ВНИИметмаш и ЭЗТМ жесткости рабочих клеток с опорными валками и без них показали, что жесткость клетки без опорных валков в 2,2—2,5 раза выше, чем клетки с опорными валками. При этом деформация сжатия рабочих и опорных валков в месте контакта составила около 50 % суммарной деформации всей клетки с опорными валками. Таким образом, станы ХПТ со стационарной станиной и с опорными валками не имеют преимуществ перед клетями с подвижной силовой станиной и без опорных валков. Последние менее металлоемки и более просты, чем клетки с опорными валками.

Механизм подачи и поворота трехниточного стана ЗЛФ2 (фирма Монбар) снабжен преобразователем непрерывного вращения в прерывистое, выполненным в виде постоянно вращающегося барабана 27 (рис. 58) с кулачковым пазом, в который периодически заходят пальцы, установленные на валу 28. В период, когда палец вала находится в контакте с кулачковым пазом барабана 27 благодаря наклону этого паза,

палец поворачивает вал. Поворот вала происходит только при обратном ходе кассеты, т.е. когда труба не прокатывается. При прямом ходе кассеты этот вал остается неподвижным. От вала 28 прерывистый поворот получают коробка подачи 30 и две коробки поворота 26 и 29. От коробки подачи движение передается через цилиндрические и конические зубчатые передачи винтам подачи 14 и 17. Винты 14 имеют правую резьбу, а винты 17 левую, поэтому патроны заготовок 15 и 16, соединенные с винтами гайками, имеют встречное движение. Например, когда к рабочим валкам подает заготовки патрон 15, то патрон 16 возвращается в исходное, заднее положение и наоборот.

Реверсирование винтов осуществляют цилиндром 31, переключающим конические шестерни коробки подачи 30. Для изменения величины подачи применены сменные шестерни 32. Предусмотрено шесть подач, а именно: 4,66; 8,35; 10; 12; 15,3 и 21,4 мм, неравномерность подачи не превышает 5%. Коробка поворота 26 передает прерывистый поворот переднему патрону 19, а коробка 29 патронам заготовок 15 и 16 и двум механизмам зажима стержней оправок 13. Коробки поворота имеют сменные шестерни для изменения угла поворота прокатываемой трубы. Предусмотрен поворот труб на углы 59, 66, 74 и 88°.

Г л а в а 3. СМАЗКА, ГИДРОПРИВОД И ГИДРОАППАРАТУРА

В комплект стана холодной прокатки труб входит оборудование маслоподвала с разводкой трубопроводов жидкой смазки и охлаждающей жидкости по оборудованию и гидравлического привода.

1. Оборудование системы централизованной жидкой смазки

Принципиальная схема автоматической централизованной системы жидкой смазки приведена на рис. 60 [14]. Масло подается к смазываемым точкам по нагнетательному трубопроводу 2 и стекает обратно к станции 1 по сливному трубопроводу 3, контроль поступления масла осуществляется: к зубчатому

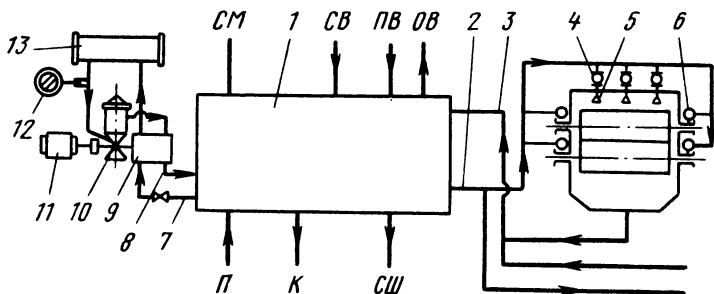


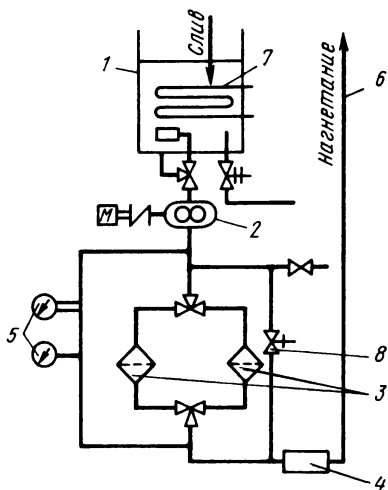
Рис. 60. Принципиальная схема автоматической централизованной жидкой смазки редуктора

зацеплению через сопло 5, их подшипниковым узлам при помощи указателей подачи масла 4 и 6. Нагнетательный и сливной трубопроводы смонтированы в проходной траншее и имеют уклон в сторону станции 2,5%. Трубопровод СМ предназначен для скачивания отработанного масла из станции и подачи свежего масла. Подвод сжатого воздуха к прессбаку осуществляется через трубопровод СВ. К станции подведены трубопроводы подачи воды ПВ и пара П; отвода воды ОВ и конденсата К, спуска шлама СШ.

Периодическая тонкая очистка масла от воды и механических примесей производится с помощью сепаратора 10. Масло всасывается сдвоенным шестеренным насосом 9 через трубопровод 7 проходит через электроподогреватель 13, подогревается до температуры 70 °С, очищается в сепараторе 10. Подается обратно в бак по линии 8 с помощью насоса сепаратора. Электродвигатель 11 служит для вращения сепаратора и его насоса. Температура масла контролируется с помощью электроконтактного термометра 12.

Станция централизованной циркуляционной системы жидкой смазки стана холодной прокатки труб (рис. 61) состоит из следующих основных узлов: резервуара-отстойника емкостью 3 м³ 1, двух насосов типа Ш8-25-5,8 производительностью 96 л/мин (наибольшее рабочее давление 0,4 МПа) 2, двух фильтров дисковых типа ФДЖ-50 с шириной фильтрующей щели 0,18 мм 3, кожухотрубчатого маслоохладителя поверхностью охлаждения 6 м² 4, контрольно-измерительной аппаратуры 5 и обвязочных трубопроводов 6. Для подогрева масла со скоростью 8 град/ч в резервуаре-отстойнике смонтирован

Рис. 61. Станция централизованной системы жидкой смазки



электроподогреватель 7. В отстойнике и трубопроводах предусмотрены гнезда для установки термомпар, обеспечивающих контроль и поддержание заданной температуры масла; масса станции 1054 кг.

На нагнетательном трубопроводе между насосами и фильтрами устанавливается перепускной клапан 8, который настраивается на давление, превышающее рабочее на 0,1 МПа. При засорении фильтров масло, минуя их, подается к маслоохладителю через перепускной клапан. На нагнетательных трубопроводах между насосами и фильтрами устанавливаются обратные клапаны для исключения слива масла из системы в резервуар. Маслоохладитель подключается к системе оборотного водоснабжения.

Оборудование монтируется в маслоэмульсионном подвале, который может быть индивидуальным для каждого стана или групповым. Маслоподвал располагается под оборудованием выходной стороны стана, оборудуется приточной и вытяжной вентиляцией и системой автоматического пожаротушения. Предусматривается установка для сбора и выкачивания из подвала дренажных вод, освещение, телефонизация. Имеются два отдельных входа в маслоподвал и монтажный люк. Наружные поверхности трубопроводов окрашиваются эмалями в цвета: жидкой смазки — коричневый, эмульсии и воды — зе-

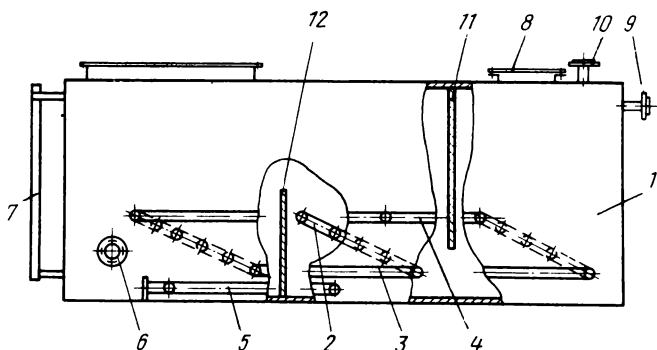


Рис. 62. Резервуар-отстойник

ленный с черными кольцами, сжатого воздуха — синий, дренажа — коричневый с белыми кольцами.

Резервуар-отстойник изображен на рис. 62. Масло всасывается насосами для подачи к смазываемым точкам через патрубок 6. Обратное в резервуар отработанное масло сливается через штуцер 9, соединенный со сливным трубопроводом. Из правого отсека 1 через промежуток между днищем и перегородкой 11 масло поступает в средний отсек 2 и переливается через перегородку 12 в левый отсек. Благодаря такой конструкции в правом отсеке остаются те примеси, которые всплывают на поверхности, а в среднем отсеке отделяются примеси, которые тяжелее масла и оседают на дно. На передней стенке резервуара смонтированы коллекторы для подвода пара 4, отвода конденсата 3 и забора масла при очистке бака 5. Монтажные люки 8, сигнализатор уровня и патрубок 10 для возврата масла из сепаратора на крышке резервуара. Для визуального определения уровня масла имеется указатель 7. Емкость резервуара равна 20–40-кратному объему масла, подаваемому насосом в одну минуту.

Для подачи масла используют шестеренные, винтовые и ротационно-плунжерные (поршневые) насосы. Шестеренные насосы наиболее просты, компактны и надежны. Схема работы насоса показана на рис. 63, а. Насос состоит из шестерен одинакового диаметра, зацепляющихся одна с другой. Всасывающая полость 3 расположена со стороны выхода зубьев из зацепления, нагнетающая со стороны входа их в зацепление. При давлении, превышающем заданное, срабатывает предохра-

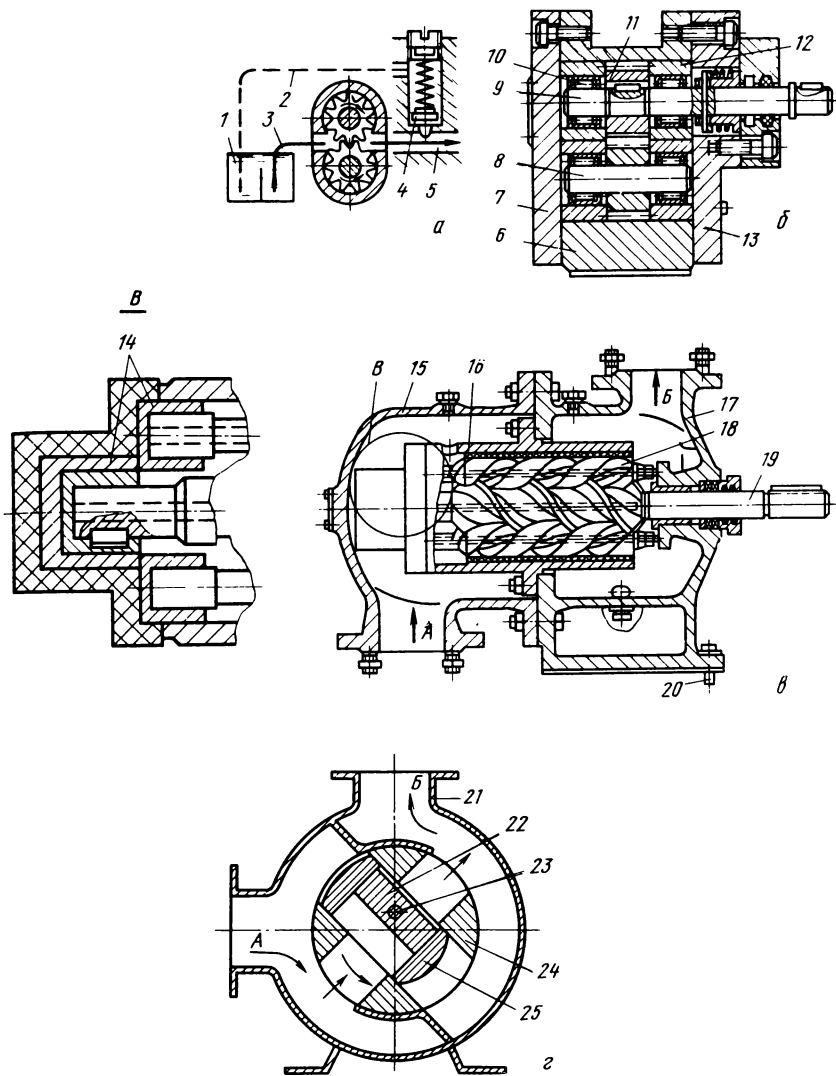


Рис. 63. Схема насосных установок:

a — схема работы насоса; *б* — устройство шестеренного насоса; *в* — винтового насоса; *г* — ротационно-поршневой насос

нительный клапан 4, и избыток масла по трубопроводу 2 поступает обратно в резервуар 1.

В индивидуальных системах смазки применяются шестерен-

ные насосы типов Г11-1 и Г11-2, при температуре масла от 10 до 50 °С. Типы насосов и их производительность приведены ниже:

Обозначение	1А	1	2А	2	3А	3	4А	4	5А
Производительность, л/мин	5	8	12	18	25	35	50	70	100

Например, насос Г11-2 с подачей 18 л/мин обозначается Г11-22. Насосы типа Г11-1 развивают давление до 0,5 МПа, а Г11-2 — до 2,5 МПа. Высота всасывания 0,5 м. Шестеренный насос (рис. 63, б) состоит из корпуса 6, закрытого крышками 7 и 13, валов 8 и 9, установленных на игольчатых подшипниках 10, шестерен 11, закрепленных на валах шпонками.

Винтовые насосы типа МВН (рис. 63, в) применяются в централизованных системах жидкой смазки группы станов холодной прокатки труб (7–9 ед.). Перекачивают масло вращающимися винтами (ведущим 19 и ведомыми 18). Масло захватывается из зоны А и вытесняется в зону Б. Винты опираются на подшипники 14, которые размещены в обойме 16, закрепленной в корпусе 17 и закрытой крышкой 15.

Конструкция гидравлической части насоса предусматривает разгрузку винтов от осевых усилий путем подвода рабочего давления через сверления в винтах под их торцы. На выходе ведущего винта 19 в полости корпуса 17 установлен торцевой сальник из бронзового подпятника с резиновым уплотнительным кольцом, стальной пяты, резинового уплотнительного кольца и пружины. Винтовые насосы компактны, надежны, долговечны и бесшумны. Допустимая высота всасывания 5 м. Насос развивает давление 0,5 МПа. Выпускаются насосы производительностью 0,8; 1,5; 6; 11 и 25 дм³/с.

Техническая характеристика насоса МВН-10:

Подача масла при вязкости 45 сСт, дм ³ /с	11
Максимальное давление нагнетания, МПа	2,5
Частота вращения ведущего винта, об/мин	1460
Мощность на валу насоса, кВт	37,5
Полный КПД, %	72
Диаметр начальной окружности вала, мм	51
Длина рабочей части винта, мм	255
Масса насоса (без муфт), кг	202,3

Ротационно-поршневые насосы типа НУЖ применяют в системах смазки, когда объем подаваемого масла необходим

изменять, что связано с режимом работы станов. Регулятор давления при этом автоматически поддерживает постоянное давление в магистрали. Насос (рис. 63, з) состоит из корпуса 21 с камерой всасывания А и камерой нагнетания Б, в которой вращается ротор 24. В теле ротора перемещается внешний поршень 25, внутри которого движется внутренний поршень 22. Центры обоих поршней смещены относительно центра ротора. Внутренний поршень вращается относительно пальца 23, внешний поршень при вращении смещается относительно этого пальца вдоль поперечной оси. При вращении ротора происходит возвратно-поступательное движение внешнего поршня в пазу ротора, а внутреннего — в пазу внешнего поршня. С пальцем 23 соединен поршень регулятора давления. Поскольку одна полость его цилиндра соединена с нагнетательной стороной насоса, другая — со стороной всасывания, то при возрастании давления в нагнетательной линии выше настроенного поршень отжимает рычаг, закручивая пружину и уменьшая производительность насоса. Величина давления регулируется при помощи специального ключа и шайбы в зависимости от необходимого давления в системе. Винтом регулятора подачи может быть установлена величина эксцентриситета, соответствующая расчетному расходу масла.

Для создания равномерного потока в корпус насоса встроен гаситель пульсации, состоящий из двух пружин и поршня, разделяющего напорную и всасывающую полости насоса. При наладке системы необходимо винтом отрегулировать производительность насоса и с помощью специального ключа (имеющегося в комплекте насоса) отрегулировать величину закручивания пружины согласно рабочему давлению в табл. 13.

Пластинчатые фильтры ФДЖ-50 и ДПЖ-М [15] предназначены для непрерывной очистки масла от механических примесей. ФДЖ-50 — фильтр пластинчатый жидкой смазки, 50 — диаметр условного прохода соединительного патрубка.

Дисковый фильтр жидкой смазки (рис. 64) состоит из корпуса 2, резервуара 4, фильтрующего патрона 3, на валик которого насажен маховичок 1 для проворачивания патрона. Патрон фильтра состоит из дисков 6 (похожих на колесо со спицами), прокладок 7, находящихся между дисками и имеющих вид звездочек, набора неподвижных ножей 8, насаженных

Т а б л и ц а 13. Насосные установки

Параметр	НРЖ-150	НРЖ-300	НРЖ-600
Мощность двигателя, кВт	2,8	4,5	7,0
Число оборотов, об/мин	950	950	960
Максимальное рабочее давление, МПа	0,5	0,5	0,5
Производительность номинальная, л/мин	150	300	600
Диапазон регулирования производительности, л/мин	150—50	300—100	600—250
Повышение давления при изменении подачи от 0 до 0,3 N, МПа	0,05—0,06	0,04—0,05	0,03—0,04
Масса установки, кг	165	250	380

на стержень 9 и служащих для очистки патрона. Между ножами установлены прокладки 10.

Масло поступает от насоса через входной патрубок и заполняет резервуар фильтра, откуда через зазоры между дисками проходит внутрь патрона и по нагнетательному патрубку в магистраль, механические частицы задерживаются на внешней поверхности патрона и в зазорах между дисками. Зазор между дисками равен толщине прокладки 7 и определяет наибольший размер частиц, которые могут пройти фильтр. Для очистки фильтрующий патрон необходимо повернуть за маховичок 1. При этом неподвижные ножи снимают шлам с дисков, который попадает в отстойник. У фильтров ФПЖ-М, ФПЖ-150М патроны проворачиваются от привода мощностью 1,1 кВт. Пропускная способность фильтра соответствует маслу вязкостью 20 сСт. В табл. 14 приведена техническая характеристика пластинчатых фильтров.

Т а б л и ц а 14. Пластинчатый фильтр жидкой смазки ФПЖ-М

Параметр	ФПЖ-80М	ФПЖ-100М	ФПЖ-150М
Номинальная пропускная способность, л/мин	160	320	1600
Номинальное давление, МПа	0,5	0,5	0,5
Номинальный перепад давлений на фильтре, МПа	0,1	0,1	0,1
Допустимый перепад давления, МПа	0,25	0,25	0,25
Номинальная тонкость фильтрации, мкм	250	200	200
Масса фильтра, кг	90	191	333
Фильтрующий патрон:			
число, шт	1	2	4
фильтрующая поверхность, см ²	300	660	1320
число оборотов патрона, об/мин	6,2	5,2	5,2

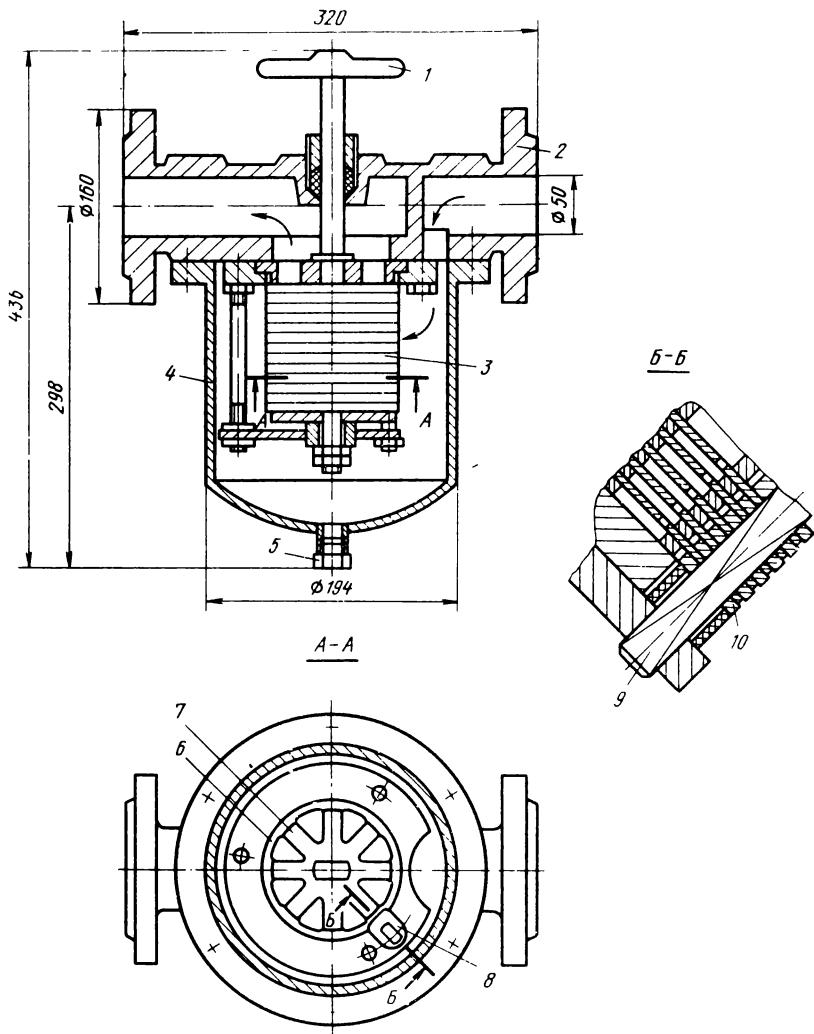


Рис. 64. Дискный фильтр жидкой смазки ФДЖ-50

Маслоохладители. В системе смазки главного привода и распределительно-подающего механизма стана холодной прокатки труб под действием больших нагрузок происходит нагрев зубчатых передач и подшипников, тепло которых отнимается жидкой смазкой. Температура масла, возвращающегося в резервуар, выше, чем температура масла, подаваемого к

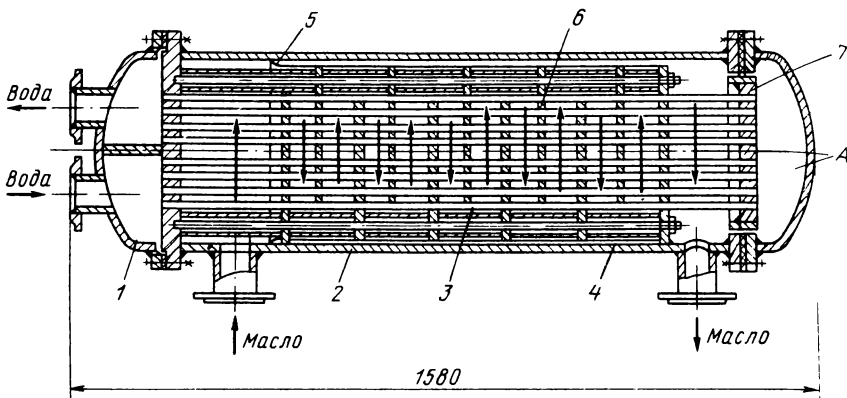


Рис. 65. Горизонтальный трубчатый маслоохладитель с поверхностью охлаждения 6 м²

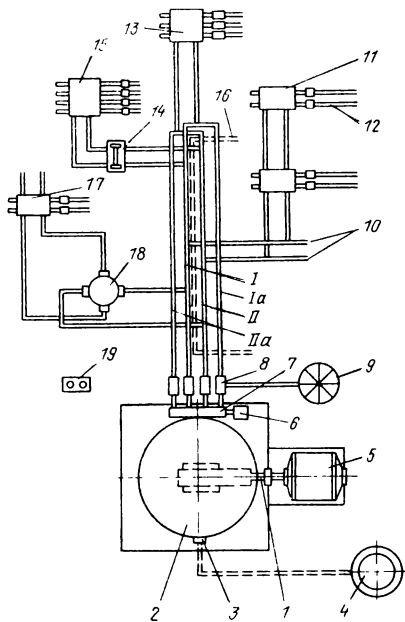
смазываемым узлам. Поэтому для охлаждения масла применяют маслоохладители — трубчатые и пластинчатые. Трубчатый маслоохладитель (рис. 65) представляет собой теплообменник. Охлаждающая вода поступает через нижний горизонтальный штуцер в водяную камеру 1 и по части трубок радиатора 3 направляется в камеру 4. Радиатор представляет собой пучок трубок, развальцованных в трубных решетках 7, помещенных в кожухе 4, между кожухом и корпусом 2 имеется уплотнение 5. Вода из камеры 4 возвращается по другой части трубок в камеру 1, разделенную на две части, и вытекает через выходной штуцер. Масло входит в аппарат по левому вертикальному штуцеру, омывает трубки с охлаждающей водой и благодаря перегородкам 6 совершает зигзагообразное движение. Охлажденное масло вытекает из охладителя через другой штуцер. Кожухотрубчатые маслоохладители рассчитаны на рабочее давление 0,6 МПа и температуру охлаждения масла на 5–10 °С [14]. При этом температура масла 50 °С, а температура охлаждающей воды 20 °С. Поверхность теплообменника составляет 3–200 м².

2. Оборудование централизованной автоматической системы густой смазки

Подача густой смазки к узлам трения станов холодной прокатки труб осуществляется с помощью централизованной ав-

Рис. 66. Схема автоматической централизованной системы густой смазки петлевого типа (I, II — магистрали)

томатической системы петлевого типа (СП). Система СП (рис. 66) работает следующим образом [14]. Перекачной насос 4 подает смазку из контейнера в резервуар 2 через заправочный клапан 3. Через заданное время прибор КЭП-129 включает электродвигатель 5 и плунжерный насос 1 нагнетает смазку из резервуара 2 через золотниковый распределитель 7 и фильтр 8 к питателям по магистрали I. Нагнетание происходит до тех пор, пока не сработают все питатели и подадут порцию смазки ко всем трущимся поверхностям. После этого давление в обратной магистрали II быстро начинает возрастать. При увеличении давления смазки в распределителе 7 до заданной величины срабатывает конечный выключатель и переключает его на другую, т.е. магистраль II. Одновременно срабатывает выключатель 6 и отключает электродвигатель 5. Следующий цикл смазки нагнетается через период времени, на который настроен прибор 19 (КЭП-12У). Давление подается в магистраль II. Наличие смазки в резервуаре контролируется конечным выключателем, расположенным на нем. От его сигнала включается сирена и насос 4, заполняющий резервуар смазкой. Регистрация времени работы и паузы производится самопишущим манометром 9 типа МСТМ-410. Сетчатые фильтры 8 (ФСГ) устанавливаются на магистральных трубопроводах для очистки смазки. Питатели 11, 13, 15, 17 монтируются в непосредственной близости от узлов трения. Трубопровод 12 от питателя до места подачи смазки диаметром 10–14 мм должен быть не длиннее 3 м, диаметром от 25 мм до 50 м. В зависимости от числа смазываемых точек выбирается габарит станции: СП-150 для



После этого давление в обратной магистрали II быстро начинает возрастать. При увеличении давления смазки в распределителе 7 до заданной величины срабатывает конечный выключатель и переключает его на другую, т.е. магистраль II. Одновременно срабатывает выключатель 6 и отключает электродвигатель 5. Следующий цикл смазки нагнетается через период времени, на который настроен прибор 19 (КЭП-12У). Давление подается в магистраль II. Наличие смазки в резервуаре контролируется конечным выключателем, расположенным на нем. От его сигнала включается сирена и насос 4, заполняющий резервуар смазкой. Регистрация времени работы и паузы производится самопишущим манометром 9 типа МСТМ-410. Сетчатые фильтры 8 (ФСГ) устанавливаются на магистральных трубопроводах для очистки смазки. Питатели 11, 13, 15, 17 монтируются в непосредственной близости от узлов трения. Трубопровод 12 от питателя до места подачи смазки диаметром 10–14 мм должен быть не длиннее 3 м, диаметром от 25 мм до 50 м. В зависимости от числа смазываемых точек выбирается габарит станции: СП-150 для

100–150 точек; СП-300 для 200–250 точек; СП-500 – для 300–400 точек. Удаление крайней точки от станции не должно превышать 60–150 м (в зависимости от габарита станции).

Для обогрева траншей, по которым прокладываются трубопроводы, в них монтируется паропровод 16. Если для части смазываемых поверхностей трения интервал между циклами смазки необходимо увеличить, то устанавливают четырехходовые золотники 18 с ручным (электромагнитным) управлением совместно с обратными клапанами КОГ-15. Система конечного типа отличается от системы петлевого типа отсутствием возвратных магистральных трубопроводов, что дает экономию труб. Электродвигатель включается прибором КЭП-12У через выбранный интервал времени. Срабатывание всех питателей и своевременное отключение двигателя насоса обеспечивается клапаном КДГ, который настроен на превышение давления срабатывания питателей на 0,5–1,0 МПа. Контрольный клапан КДГ устанавливается в конце наиболее длинного ответвления главной магистрали. При срабатывании клапана электромагнитный реверсивный клапан изменяет подачу смазки на другую магистраль и останавливает привод насоса до поступления импульса на его включение от КЭП-12У.

Техническая характеристика станции петлевого типа СП-75 – производительность 75 см³/мин, рабочее давление 10 МПа, емкость резервуара 8,5 дм³, масса станции 125 кг, электродвигатель типа АОЛ2-11-1; станция СП-500 – производительность 500 см³/мин, рабочее давление 15 МПа, емкость резервуара 140 дм³, масса станции 265 кг, двигатель типа АОЛ2-21-4. Резервуары станции заряжают густой смазкой с помощью заправочных агрегатов ЗАП-4000, СЦЗ-5000 или перекачных насосов НПШГ-200, НПС-550. Дозирование подачи смазки к трущимся поверхностям осуществляют двухлинейные питатели с рабочим давлением до 15 МПа.

На рис. 67 представлена схема работы питателя [14]. При попадании смазки из магистрального трубопровода *A* распределительный золотник 4, расположенный в корпусе 1, перемещается вниз. Смазка по каналу *a* попадает в пространство над поршнем 2 (положение *I*). Поршень перемещается вниз и выдавливает находящуюся под ним порцию смазки через каналы *a* и *b* в трубопровод (положение *II*), а по

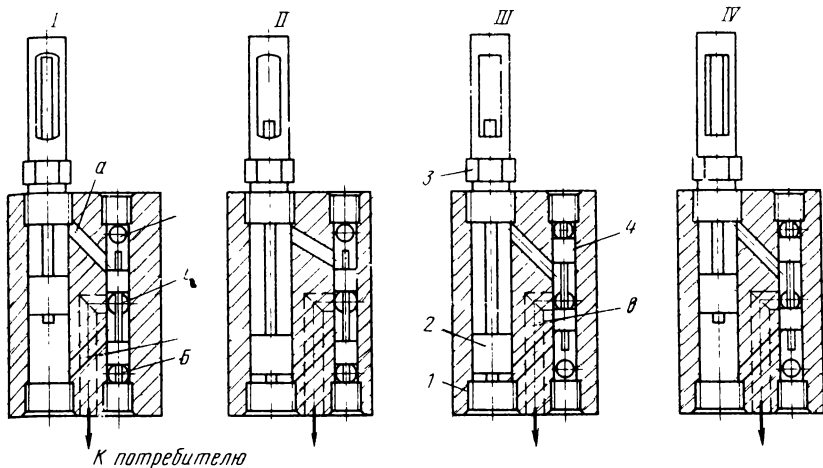


Рис. 67. Схема работы двухлинейного питателя типа ПД

нему — к смазываемой точке. Затем смазка нагнетается по магистрали *Б*, поднимает распределительный золотник (положение *III*), по каналу *а* попадает под поршень и поднимает его (положение *IV*). Регулировочный винт *3* ограничивает ход поршня, т.е. дозирует подачу смазки за один цикл. Смазка, находившаяся под поршнем, через каналы *б* и *в* подается к смазываемой поверхности.

Питатели бывают одно-, двух-, трех-, четырехточечные. Питатель ПД32 означает: питатель двухлинейный, трехточечный второго размера. Объем подаваемой за один цикл смазки равен: 0,5–2,0 г (размер 1); 1,5–5,0 г (размер 2); 10 г (размер 3); 12–25 г (размер 4).

3. Оборудование эмульсионной системы

Для удаления тепла из очага деформации применяют смазывающе-охлаждающие жидкости (СОЖ). Чаще всего это эмульсии, реже масла. Для придания специальных свойств СОЖ добавляют твердые смазывающие вещества (графит, парафин, сернистый молибден и др.). Смазывающе-охлаждающая жидкость наряду с высокими охлаждающими свойствами должна обладать хорошей маслянистостью и вымывающей способностью, быть безвредной для рабочих и оборудования. СОЖ

подводится в очаг деформации под давлением струей, направленной в зону контакта с металлом. При этом возникает проблема исключения разбрызгивания. Системы охлаждения, применяемые на станах холодной прокатки труб, включают в себя следующие элементы (рис. 68):

насос 1 для подачи жидкости под давлением. Обычно применяют центробежный насос, предусмотрен стандартный узел, когда насос соединен с электродвигателем в одном агрегате; расчетная производительность насоса на один стан 90 л/мин;

трубопроводы и арматура 2 для подачи жидкости, форма наконечника, который формирует и направляет струю жидкости в очаг деформации, имеет существенное значение;

фильтры 3 применяются для очистки жидкости от окалины, стружки, отработанной технологической и консистентной смазки;

резервуар 4 для охлаждающей жидкости должен быть достаточно емким, иметь отстойники для частичной ее очистки. При малой скорости протекания жидкости из нее успевают выпасть примеси, которые осаждаются в отстойнике. Ход жидкости таков, что всплывающие примеси также задерживаются в отстойнике. Предусматривается устройство для охлаждения и подогрева эмульсии.

Срок службы эмульсии невелик (200–300 ч), поэтому предусматриваются устройства для приготовления свежей эмульсии и утилизации отработанной. Очистка и промывка системы

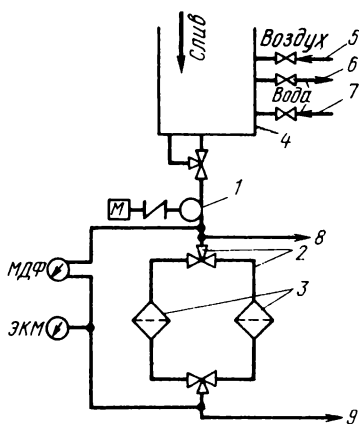


Рис. 68. Система охлаждения валков стана холодной прокатки труб:
1 — насос; 2 — трубопроводы; 3 — фильтры; 4 — резервуар

охлаждения валков стана холодной прокатки труб проводится 2–3 раза в месяц.

4. Гидравлический привод

Гидравлический привод широко применяется во вспомогательных механизмах станов холодной прокатки труб. Это объясняется прежде всего тем, что гидравлические системы сравнительно простыми средствами приводятся к автоматическому цикловому действию. Гидравлический привод по сравнению с механическим обладает следующими преимуществами [16]:

большая компактность и меньшая металлоемкость (порядка 1 кг/кВт);

бесступенчатое регулирование скорости движения, обеспечение реверсирования;

обеспечение механизмов смазкой и защитой от перегрузки;

легкая перестройка на различные структуры цикла.

Гидравлический привод должен содержать следующие элементы: источник гидравлического потенциала; аппаратуру, регулирующую давление, расход циркулирующей жидкости и направления движения; гидродвигатель; соединительные магистрали, аппаратуру для поддержания рабочей жидкости в заданных параметрах.

В станах холодной прокатки труб нашли широкое применение насосы шестеренные (типа Г 11), шиберные (типа Г 12), радиально-поршневые (типа Г 13), аксиально-поршневые (типа Г 15). Выбор типа насоса определяется номинальным давлением (P_H) в системе: при $P_H = 2,0$ МПа — применяют

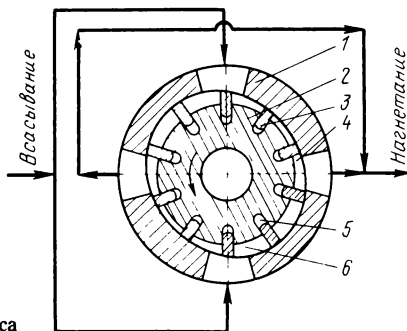


Рис. 69. Схема действия шиберного насоса

шестеренные насосы; при $P_H = 5,5$ МПа — шиберные насосы; при $P_H = 20$ МПа — поршневые насосы.

На рис. 69 изображена схема действия шиберного насоса. В корпусе 1 вращается ротор 2 с радиальными пазами, в которых установлены пластины 3. Пластины 3 центробежными силами прижаты к внутренней поверхности корпуса, имеющей концентрические участки 4, овальные выборки 6 (всасывание) и уменьшающиеся сечения 5 (нагнетание). На рис. 70 приведена схема работы аксиально-поршневого насоса. В корпусе 1 на подшипниках качения смонтирован вал 2. Плунжеры 3 перемещаются в гнездах смонтированной на валу 2 втулки 4, опираются через шаровые подпятники 5 на упорное кольцо 6, плоскость которого расположена наклонно валу 2. С помощью втулок 7, расположенных в гнездах плунжеров, уплотнительное кольцо 8 крепится к втулке 4 и опирается на кольцо 9, закрепленное в корпусе 1. За счет наклонного положения упорного кольца 6 плунжеры 3 перемещаются в своих гильзах и поочередно всасывают и нагнетают масло.

На рис. 71 изображен плунжерный насос с регулируемой производительностью. Упорное кольцо 1 может перемещаться и изменять угол наклона относительно ведущего вала от прямого (нулевая производительность) до наибольшего для данной конструкции. С помощью плунжера 2 через стопор 3 упорное кольцо 1 может быть повернуто до упора 4.

Силовые цилиндры по конструкции [16] различают

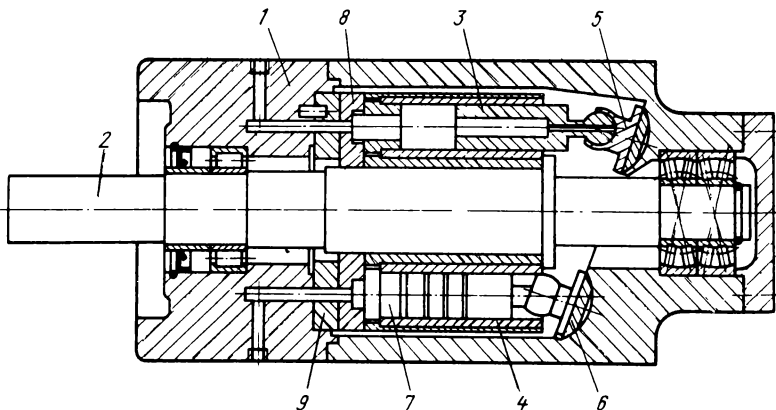


Рис. 70. Схема работы аксиально-поршневого насоса

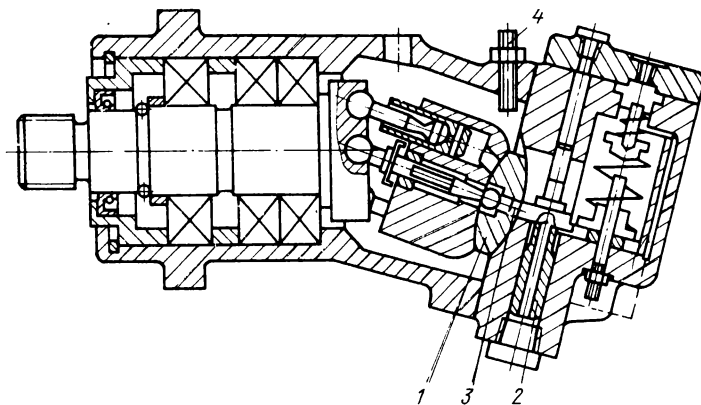


Рис. 71. Схема работы плунжерного насоса с регулируемой производительностью

(рис. 72) простые (а), уравновешенные (б), с утолщенным штоком (в), плунжерные (г), одностороннего действия (д), с неподвижным штоком (е), мембранные (ж), поворотнлопастные (з). Простым силовым цилиндром (рис. 72, а) является гидродвигатель двухстороннего действия с односторонним штоком. Этот гидродвигатель широко применяется в конструкциях вспомогательных механизмов. Наличие штока с одной стороны создает неравенство объемов в противоположных полостях цилиндров. Это приводит к различным скоростям движения поршня в прямом и обратном направлениях ($F_1 > F_2$; $v_1 < v_2$). Для сохранения равенства скоростей при прямом и обратном ходе выводят шток с двух сторон (рис. 72, б). Применением штока увеличенного размера (рис. 72, в) можно регулировать соотношение скоростей в

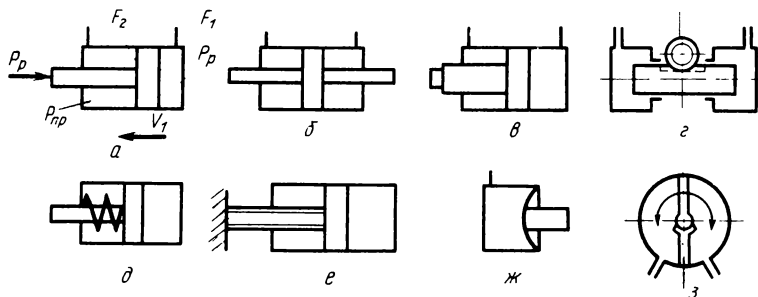


Рис. 72. Схема силовых цилиндров

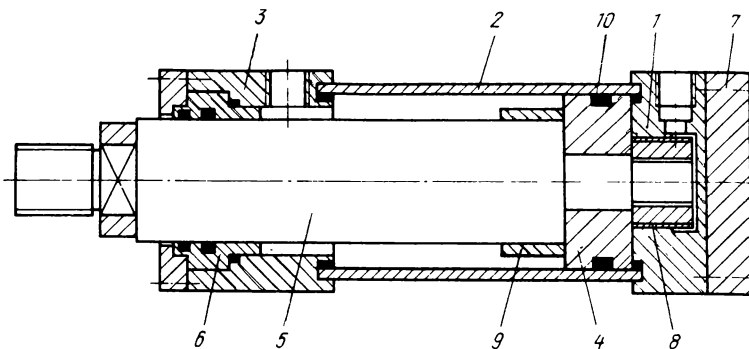


Рис. 73. Конструкция гидравлического цилиндра

прямом и обратном направлении. На рис. 72, *г* изображена схема плунжерного гидродвигателя двойного действия. Обеспечивается одинаковая скорость и предельная сила в обоих направлениях. В гидродвигателе одностороннего действия (рис. 72, *д*) перемещение поршня в обратном направлении проводится под действием пружины. Перемещаться может гидроцилиндр при неподвижном штоке (рис. 72, *е*); вместо поршня может быть выполнена мембрана (рис. 72, *ж*). Гидродвигатель поворотного действия (рис. 72, *з*) весьма компактен.

На рис. 73 приведена конструкция гидравлического цилиндра с утолщенным штоком. Он состоит из нижнего корпуса 1, гильзы цилиндра 2, верхнего корпуса 3, поршня 4, штока 5, сальниковой втулки с манжетами 6, стойки для крепления

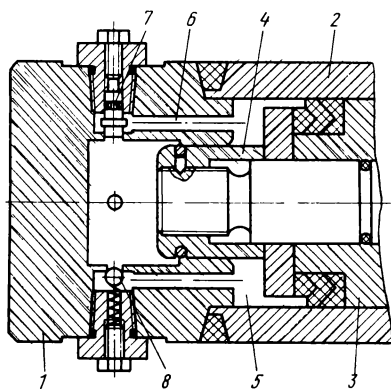


Рис. 74. Узел демпфирования в поршневой полости гидравлического цилиндра

ления 7, круглой демпферной части крепления поршня 8, втулки верхнего демпфера 9, уплотнительной манжеты поршня 10. На рис. 74 приведена конструкция узла демпфирования в поршневой полости. К нижнему корпусу 1 крепится гильза цилиндра 2. Поршень 3 на штоке крепится шайбой 4, которая, заходя в корпус 1, препятствует вытеканию масла. Порция масла 5 выходит через сверления 6 и дроссель 7. При обратном ходе масло подается через обратный клапан 8.

Распределительные устройства

На рис. 75 представлен трехпозиционный распределитель с ручным управлением. В корпусе 1 имеется канал 3 (P), соединенный с насосной установкой, каналы 2 (A, B) — с магистральями гидравлического двигателя. Золотник 4 перемещается с помощью ручного привода (рукоятки). При перемещении золотника влево напорный канал соединяется с магистралью. При этом сливная магистраль B соединена со сливом (T). На рис. 76 изображен трехпозиционный распределитель с электромагнитным переключением, канал P соединен с насосной установкой, каналы A и B — с потребителем, канал T со сливом в бак, золотник 1 удерживается в среднем положении (отключение потребителя от насосной установки и слив) с помощью пружин 2. При включении катушки 3 стержень 4 толкает золотник влево. При этом канал P соединяется с каналом A, а канал B с каналом T. При обесто-

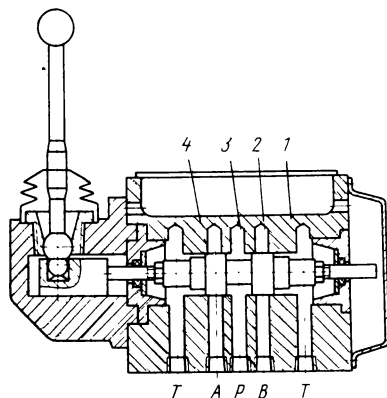


Рис. 75. Трехпозиционный распределитель с ручным управлением

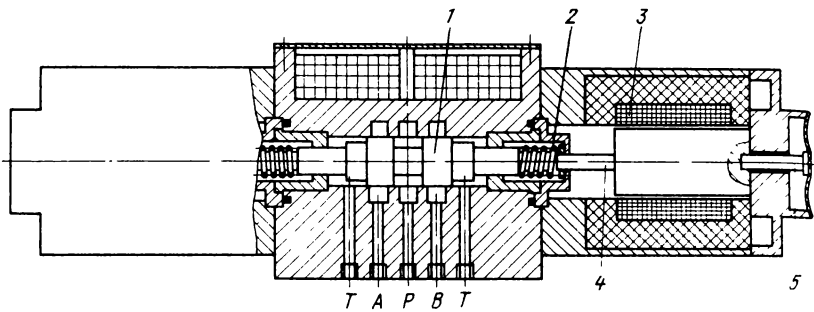


Рис. 76. Трехпозиционный распределитель с электромагнитным переключением

чивании магнитов под действием пружины 2 золотник 1 возвращается в среднее положение, фиксируя неподвижное состояние гидропривода (исполнительного механизма). Для опробования гидравлической схемы имеется толкатель 5, с помощью которого можно переместить золотник вручную.

Гидравлический усилитель — это двигатель с золотником, следящим за движением шагового двигателя (движение шупа) и оказывающим управляющее воздействие по принципу жесткой обратной связи [16]. Различают силовые усилители с линейным перемещением и усилители крутящих моментов. Схема силового усилителя с четырехкромочным золотником представлена на рис. 77. В нейтральном положении четыре кромки *K* следящего золотника 1 совпадают с кромками выточек корпуса (зазор 0,016–0,020 мм). Пружина 3 прижимает золотник

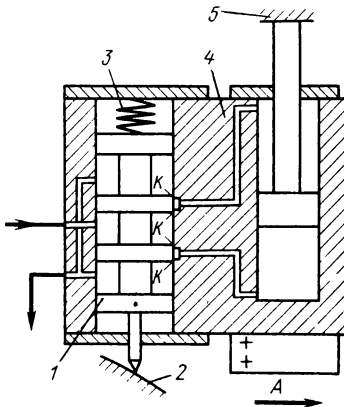


Рис. 77. Схема гидроусилителя

к кулачку 2 и удерживает его в заданном положении. Силовой цилиндр жестко связан с перемещаемой деталью. Если переместить золотник вверх, то масло через образованную кольцевую щель поступит в верхнюю полость цилиндра и сообщит ему движение в том же направлении. Вместе с цилиндром начнет перемещаться и корпус золотника до тех пор, пока золотник не окажется в нейтральном положении. Таким образом, исполнительный цилиндр повторяет движение золотника 1. Задающим устройством является кулачок, точность срабатывания цилиндра 0,025 мм. Усилитель крутящих моментов (рис. 78) имеет в качестве силового органа гидромотор 4, выходной вал 5 которого соединен с исполнительным механизмом. Крановый золотник через втулку 2 соединен с левым концом вала 3, а пробка 1 с задающим устройством. Масло от насоса через отверстия 6 и 10 попадает в золотник. При нейтральном положении пробки 1 относительно втулки 2 указанные отверстия перекрыты. Перекрытие выполняется минимальным (0,05–0,08 мм). Положение пробки 1 определяет поворот вала гидромотора. Масло из золотника через отверстия 13 и 9 поступает в гидроцилиндр, а по отводящей трассе через отверстия 7 и 8, 11 и 12 — на слив. Вместе с валом вращается и втулка 2. Вращение происходит до тех пор, пока втулка не окажется в нейтральном положении относительно пробки. Коэффициент усиления гидродвигателей может достигать $3 \cdot 10^5$ [16].

Гидрораспределители с пропорциональным управлением используются для дистанционного управления параметрами гидропривода [17]. В отличие от обычных гидрораспределителей они позволяют не только менять направление движения гидравлической жидкости в гидродвигателе (гидроцилиндре), но

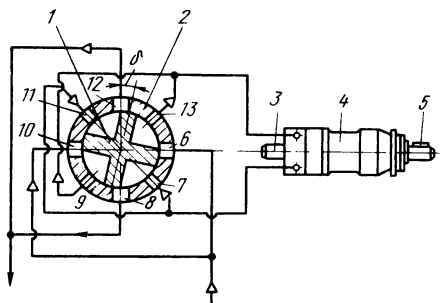


Рис. 78. Схема усилителя крутящих моментов

и регулировать ее количество по любому заданному режиму, они снабжаются специальными электромагнитами, имеющими множество промежуточных положений, и датчиком перемещения золотника. Функционально они приближаются к дросселирующим гидрораспределителям, но конструктивно значительно проще и дешевле их. Они имеют электронный блок (например, БУ 2110), обеспечивающий пропорциональную зависимость тока управления от входного сигнала малой мощности (ЧПУ).

Гидрораспределители с пропорциональным управлением типа РП (рис. 79, а) унифицированы с распределителями типа В. Двухступенчатый распределитель РП16 состоит из блока управления 7, смонтированного на корпусе 3, в котором имеется золотник 4, поджатый пружиной 5. На корпусе смонтирована крышка 2, в которой установлен датчик 1 обратной

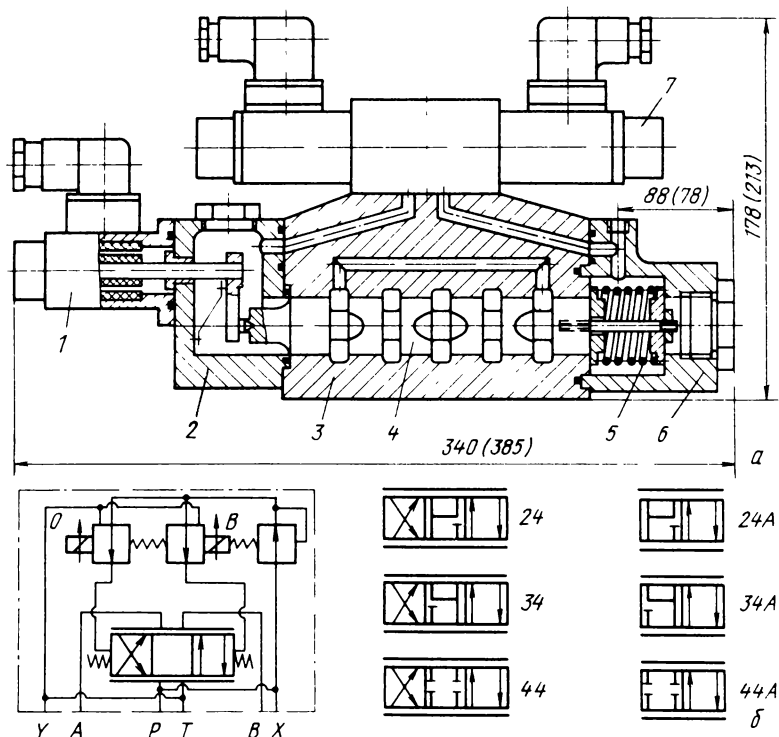


Рис. 79. Конструкция, размеры (а) и гидравлические схемы (б) гидрораспределителей с пропорциональным управлением РП16 и РП20 (размеры в скобках)

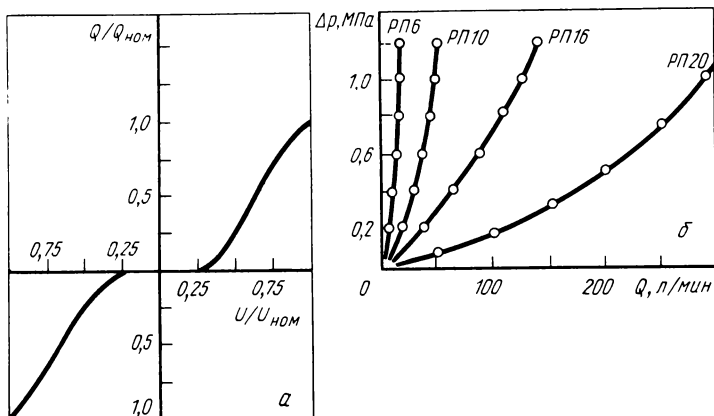


Рис. 80. Зависимости расхода масла (Q) от направления входного сигнала (a) и потерь давления (ΔP) от расхода жидкости Q (b) для гидрораспределителей с пропорциональным управлением типа РП

связи. Корпусные детали унифицированы с деталями распределителя В16. Блок управления состоит из редукционного клапана и двух элементов соплозаслонок 24, 34, 44, управляемых от пропорциональных электромагнитов (рис. 79, б). На графике (рис. 80, а) приведены кривые, по которым определяют расход масла в зависимости от величины напряжения сигнала 4. Обе величины даны в относительных единицах (к номиналу). На рис. 80, б приведены графические зависимости для определения потерь давления с изменением расхода жидкости для гидрораспределителей различных типов по пропускной способности. Из графиков видно, что чувствительность гидрораспределителей достаточно высока, а потери давления приемлемы. Ниже приведена техническая характеристика гидрораспределителей типа РП [17]:

Тип распределителя	РП6	РП10	РП16	РП20
Диаметр каналов, мм	6	10	16	20
Расход масла номинальный, л/мин	12,5	50	125	300
Внутренние утечки по каждой линии, не более, см ³ /мин	150	150	250	800
Время срабатывания, с	0,04	0,04	0,06	0,1
Номинальный ресурс, тыс.ч	6,0	6,0	6,0	4,5
Масса, кг	1,7	5,7	12,5	23,5

Давление на входе номинальное 32 МПа, давление на выходе номинальное 32 МПа. Давление на выходе, не более: из основной ступени 16 МПа, из управляющей ступени 0,05 МПа. Давление управления 2,5–32 МПа. Расход масла в управляющей ступени не более 3,5 л/мин (для РП16 и РП20). Продолжительность включения при давлении на входе 32 МПа не более 10 мин; при давлении до 20 МПа не ограничена. Гистерезис не более 2 %.

Параметры пропорционального магнита ПЭМ6-1: ток постоянный; номинальное напряжение $U_{\text{ном}} = 24$ В; ток управления не более 0,85 А; мощность 18 Вт; тяговое усилие 50 Н; гистерезис не более 3,5 %; линейность не более $\pm 2,5$ %; продолжительность включения 100 %; ход 2 мм (рекомендуется, чтобы на входной электрический сигнал накладывался осциллирующий сигнал 150–200 Гц с амплитудой 50–100 мА). На рис. 81 приведен шифр обозначения гидрораспределителей с пропорциональным управлением и его расшифровка.

Контрольно-регулирующая аппаратура включает в себя приборы для регулирования давления и производительности [16]. По выполняемым функциям это клапаны предохранительный, сливной, отсекающий, подпорный, редукционный и др. Если в гидросистеме применен нерегулируемый насос, то для поддержания постоянного давления используется предохранительный клапан типа Г52, Г54. Он сливает из системы излишки рабочей жидкости и одновременно является предохра-

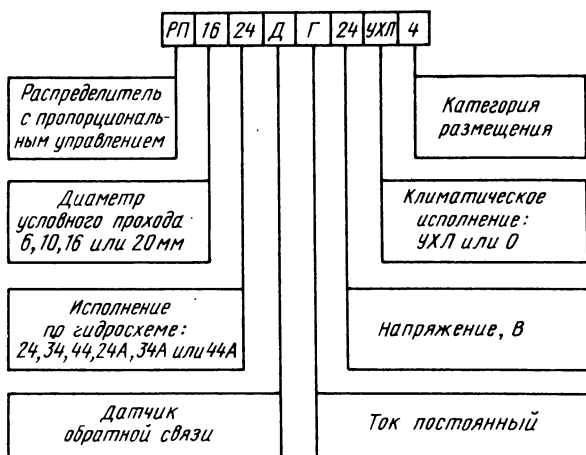
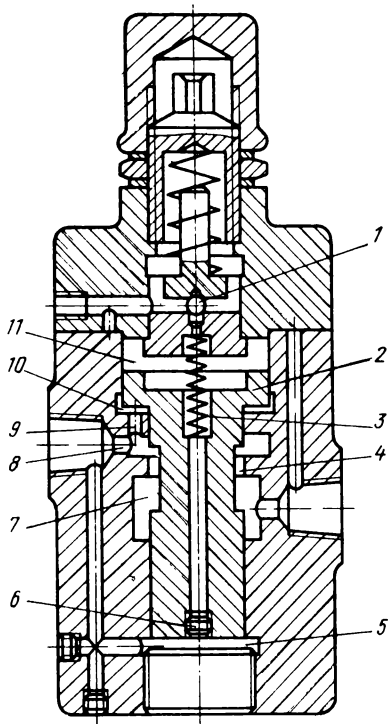


Рис. 81. Шифр обозначения гидрораспределителей с пропорциональным управлением

Рис. 82. Редукционный клапан

нительным устройством. На рис. 82 приведена конструктивная схема редукционного клапана Г57. Он предназначен для стабилизации давления рабочей жидкости на контролируемом участке магистрали или отвода определенного объема рабочей жидкости пониженного давления. Когда рабочая жидкость переходит из камеры 7 в камеру 8 через шейку клапана 2, то в зависимости от его положения будет изменяться кольцевое сечение переходного отверстия 4 и перепад давления жидкости в камерах 7 и 8. На клапан 2, с одной стороны, действует давление жидкости, а с другой — давление в камере 11 и усилие пружины 3. Клапан становится в крайнее нижнее положение.



Если давление рабочей жидкости превысит усилие пружины шарикового клапана 1, то жидкость начнет вытекать из камеры 11 и давление в ней понизится, так как из-за наличия канала 6 оно не сможет восстановиться мгновенно. Давление в камерах 5 и 10 будет выше, клапан 2, преодолевая сопротивление пружины 3, переместится вверх и перекроет отверстие 4. Давление в камере 10 снизится и сравняется с давлением в камере 5. Клапан 2 под действием пружины 3 переместится вниз, увеличится проходное отверстие 4. Находясь в непрерывном колебательном движении, клапан 2 обеспечивает постоянное давление отводимой жидкости независимо от ее расхода. Демпфер 9 тормозит движение клапана и устраняет его вибрацию. Перепад давления между камерами 7 и 8 наименьший (около 0,3 МПа). Изменяя натяжение

Т а б л и ц а 15. Основные классы, типы и группы уплотнений

Класс	Тип	Группа*	Область применения
Механические	Бесконтактные	Лабиринтные УВ, кольцевые УВ, торцовые УВ	Уплотнения первого каскада установок с парогазовыми и агрессивными средами
	Гидростатические Контактные	Торцовые УВ Торцовые УВ, радиальные УН, прокладочные УН	Тяжелые условия эксплуатации: при -210 до $+650$ °С; до 20 МПа, агрессивные среды
Эластомерные	Контактные	Прокладочные УН, кольцевые УН и УВ типа О, манжетные УПС типа Ч, манжеты армированные УВ и торцовые УВ	Гидросистемы всех отраслей машиностроения при -60 до $+120$ °С (для водных сред $(-4 \div +80$ °С)
Набивные	Диафрагмовые	Мембраны	То же
	Сальники	Сильфоны Текстильно-волоконистые УПС, асбестоволокнистые УПС, асбестофторпластовые УПС	Горячая вода, агрессивные среды
Жидкостные	Гидродинамические	Винтовые УВ, центробежные УВ, вихревые УВ.	Энергетические установки
	Гидростатические	Гидрозатворы	

* УВ — уплотнения валов; УН — уплотнения неподвижных соединений; УСП — уплотнения соединений возвратно-поступательного движения.

пружины шарикового клапана, можно регулировать давление в пределах 0,3–5 МПа.

Наиболее распространенные [17] в гидравлических устройствах и машинах типы уплотнений приведены в табл. 15. Эксплуатационные возможности уплотнительных устройств характеризуют их структурные схемы и класс материала основного уплотнительного элемента. Уплотнение, структурная схема которого приведена на рис. 83, а, имеет следующие детали: основной уплотняющий элемент 2, вспомогательные уплотняющие элементы 3, 3', первую уплотнительную поверхность (подвижную) 4, вторую уплотнительную поверхность (неподвижную) 5. На рис. 83, б показана армированная манжета, являющаяся конструктивной реализацией общей структурной схемы уплотнения (на всех позициях элементы обозначены одинаково).

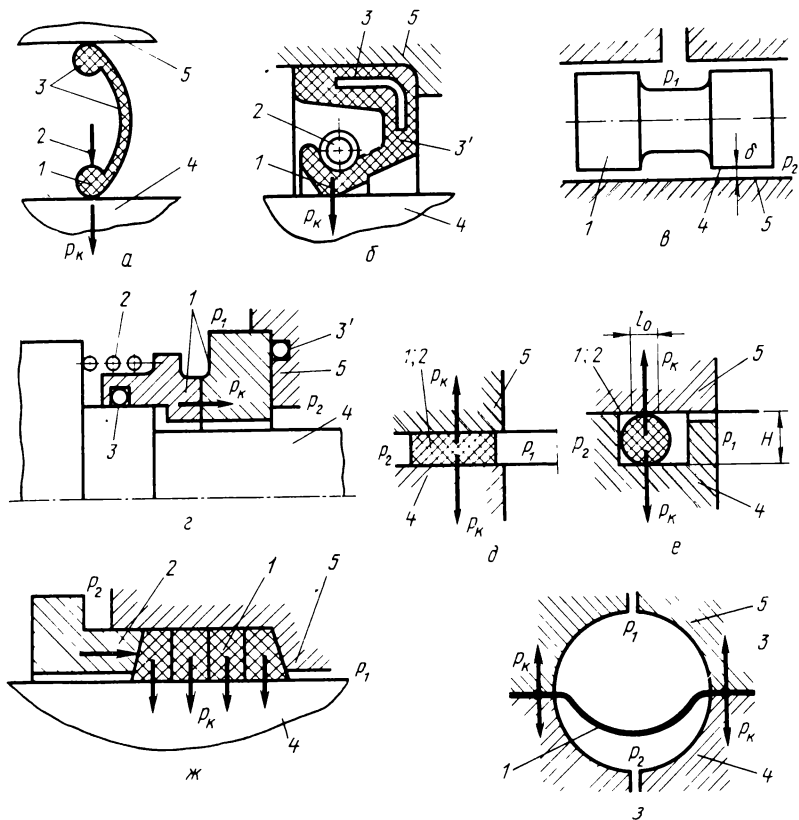


Рис. 83. Основные типы уплотнений:

a – структурная схема; *б* – манжета; *в* – бесконтактное уплотнение золотника; *г* – контактное торцевое уплотнение; *д* – эластичное уплотнение прокладкой; *е* – эластичное уплотнение кольцом; *ж* – набивочное уплотнение; *з* – диафрагмовое уплотнение

В механических уплотнениях основным уплотняющим элементом является твердое тело в форме кольца из металлического, углеродистого, керамического или другого материала. На рис. 83, *в* показано бесконтактное механическое уплотнение, на рис. 83, *г* – контактное торцевое уплотнение вала. В эластомерных уплотнениях основной уплотняющий элемент выполнен из эластичного полимерного уплотнения (эластомера), чаще всего из резины.

Наиболее распространены уплотнения прокладками (рис. 83, *д*), кольцами (рис. 83, *е*), манжетами (рис. 83,

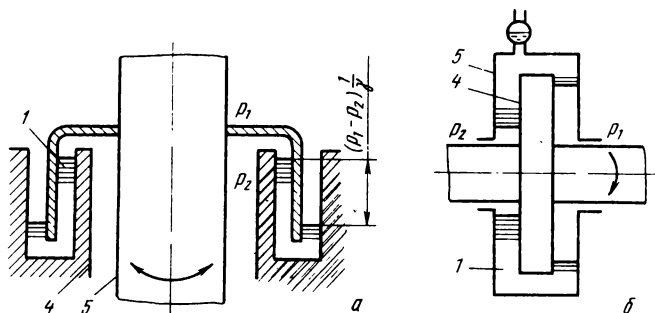


Рис. 84. Жидкостные уплотнения:
а — гидрозамок; *б* — центробежного типа

б). Эластомер показывает хорошие эксплуатационные возможности: герметичность, удовлетворительное трение, компактность, низкую стоимость, совместимость с рабочей жидкостью. Однако сроки хранения и эксплуатации этих уплотнений ограничены. Эластичные уплотнения широко распространены в гидромашиностроении.

Набивочные уплотнения (рис. 83, ж) имеют уплотняющий элемент в виде вязкоупругой набивки. Их применяют в горячей воде, растворах и т.д. В диафрагмовых уплотнениях [5] (рис. 83, з) основной уплотняющий элемент выполнен из эластичного материала или металла с сильно развитой поверхностью, обеспечивающей большую деформацию под действием перепада давления герметизированных сред. Обеспечивают практически полную герметичность.

В жидкостных уплотнениях (рис. 84) уплотняющим элементом *1* является жидкость, заполняющая зазор между поверхностями *4* и *5* и разделяющая среды. Для работы в среде нефтепродуктов наиболее пригодны эластомеры на основе нитрильных каучуков (СКН-18, СКН-26, СКН-40).

5. Оборудование для очистки рабочей жидкости

Комплекс критериев, характеризующих состояние загрязненности рабочей жидкости (РЖ) по сравнению с некоторым эталоном и определяет ее чистоту. В настоящее время сюда относят контроль загрязнений твердой фазы по массе и числу частиц, а также контроль содержания воды. Многочислен-

ные исследования показывают, что главной причиной отказов и неисправностей является загрязнение РЖ и недостаточная чистота внутренних полостей системы.

Твердые частицы вызывают абразивное изнашивание деталей распределителей, насосов при их проникновении в зазоры трущихся пар; защемление плунжеров и клапанов в аппаратуре управления после сброса высокого давления; гидроабразивное изнашивание кромок золотников, клапанов и дросселей в результате бомбардировок их частицами с большой скоростью. Для преодоления сопротивления, вызванного попаданием твердых частиц в зазоры, приходится применять электромагниты со значительно большим тяговым усилителем. Засорение малых щелей в золотниках и дросселях вызывает нестабильность в работе гидродвигателей при малых скоростях.

ГОСТ 10577-78 регламентирует массу механических примесей (q_3) в объеме жидкости в мг/л (или %) путем сравнения массы контрольного фильтра до и после фильтрации через него 100 мл жидкости [17]. $q_3 = 8 \div 30$ мг/л — поставка масла АМГ-10 в запаивных банках; $q_3 = 600 \div 1400$ мг/л — при транспортировке в цистернах с последующей разливкой в бочки. Перед заправкой масла в гидросистему его следует очистить до $q_3 = 100$ мг/л. ГОСТ 17216-71 устанавливает 19 классов чистоты жидкостей, каждому из которых соответствует определенное число частиц в объеме 100 мл жидкости для интервалов размеров частиц. В табл. 16 указаны класс чистоты и параметры загрязнений для гидросистем.

Практически чистота гидросистем [17] находится в пределах 6-14 классов (ГОСТ 17216-71), чаще 9-13 классов. Контролировать чистоту систем грубее 13 классов нецелесообразно. Обеспечить чистоту выше 6 класса технически трудно и очень дорого. Наиболее массовое применение для определения класса чистоты масла получил анализатор ПКЖ-903.

Анализ источников загрязнений показывает, что остаются после промывки гидросистем волокна ветоши, остатки механической обработки (опилки, абразивные порошки), окалина от сварки и термообработки, кусочки резины, краски, пыль.

В табл. 17 приведен анализ состава загрязнений гидродвигателя [17]. Из анализа таблицы видно, что 1/3 частиц

Т а б л и ц а 16. Класс чистоты жидкостей и классификационные параметры загрязнения

Класс чистоты жидкостей	Количество загрязнений в объеме жидкости 100 см ³ при размере частиц, мкм						Масса загрязнения, % (не более)
	5—10	10—25	25—50	50—100	100—200	волокна	
6	1000	500	50	6	2	1	0,0002
7	2000	1000	100	12	4	2	0,0002
8	4000	2000	200	25	6	3	0,0004
9	8000	4000	400	50	12	4	0,0006
10	16000	8000	800	100	25	5	0,0008
11	31500	16000	1600	200	50	10	0,0016
12	63000	31500	3150	400	100	20	0,0032
13	—	63000	6300	800	200	40	0,005
14	—	125000	12500	1600	400	80	0,008

Примечания: 1. Масса загрязнений для классов 6—12 не является обязательным контрольным параметром. 2. Волокнами считаются частицы толщиной не более 50 мкм при отношении длины к толщине не менее 10:1. 3. Частицы загрязнений размером более 200 мкм (не считая волокон) в жидкости не допускаются.

Т а б л и ц а 17. Доля загрязнений рабочей жидкости

Размер частиц, мкм	Состав загрязнений, %					
	сталь	бронза, латунь	песок	краска, лаки	резина	прочие
10—25	29	1,5	2,0	4	50,5	13
25—50	31	4,5	1,0	11	41	11,5
50—100	29	2,0	3,3	18	29,5	17,2
100—200	36	5	—	29	18	12

составляет абразивные частицы: карбиды, окислы металлов, кремнезем. Пыль попадает в гидросистему при ее "дыхании", через штоки гидроцилиндров, выпадает конденсат воды при изменении температуры. Обычно вода в рабочей жидкости составляет 0,003 % по массе.

Наибольшую опасность представляют твердые частицы, по величине равные зазору трущихся пар, так как меньшие легко вымываются, а более крупные не попадают в зазор.

Зазоры в гидроаппаратуре составляют: аксиально-поршневые насосы — 5—20 мкм, золотниковые распределители — 2—12 мкм, зазор между дисками торцевых уплотнений — 1—2 мкм. Доказано, что повышение тонкости фильтрации РЖ в

гидросистеме с 20 до 5 мкм увеличивает ресурс насосов в 10 раз, гидроаппаратуры в 5–7 раз [17]. Для гидросистем с повышенными требованиями к надежности устанавливают классы чистоты от 6 до 10 класса (летательные аппараты 6–9). Повышение требований на один класс вызывает удвоение затрат на обеспечение чистоты гидросистемы, но тем не менее экономически это целесообразно. Повышение тонкости фильтрации рабочей жидкости в гидросистеме с 25 до 5 мкм увеличивает ресурс насосов в 10 раз, гидроаппаратуры в 5–7 раз [18]. Анализ масла рекомендуется проводить через 800–1000 ч работы. Долговечность масла может достигать 20 тыс.ч работы. Требованиями к чистоте масла устанавливается либо номинальная тонкость фильтрации, либо класс чистоты жидкости. На практике для выбора фильтра обычно пользуются показателем тонкости фильтрации. В табл. 18 приведены классы чистоты масла, рекомендуемые для различных узлов гидроприводов.

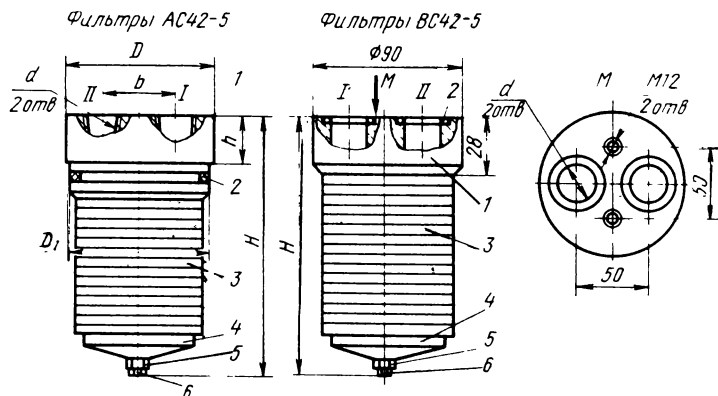
Фильтры различаются по назначению. Приемные (всасывающие) фильтры предотвращают попадания в насос сравнительно крупных частиц. Так как они ухудшают условия всасывания насосов, то перепад давления на фильтрование не должен превышать 0,02 МПа. Обычно используют приемные фильтры типа ФВСМ (тонкость фильтрации 80 мкм). Сливные фильтры обеспечивают тонкую фильтрацию рабочей жидкости, но при этом возрастают требования к герметичности баков. Напор-

Т а б л и ц а 18. Чистота масла для различных узлов гидропривода

Узлы гидропривода	Номинальная тонкость фильтрации, мкм	Класс чистоты
Насосы шестеренные до 2,5 МПа; насосы и моторы пластинчатые нерегулируемые до 6,3 МПа	40	14–15
Насосы пластинчатые нерегулируемые на давление 12,5–16 МПа и регулируемые до 6,3 МПа; насосы и моторы аксиально-поршневые регулируемые и нерегулируемые на давление 6,3–16 МПа; гидроцилиндры; управляющая гидроаппаратура до 20 МПа; регулирующая гидроаппаратура до 20 МПа	25	12–14
Дросселирующие гидрораспределители с пропорциональным управлением	5–10	10–12
Системы и устройства для гибких автоматических производств	5	9–10

ные фильтры применяют для защиты элементов гидросистем, чувствительных к засорению. Они прямоточные, должны иметь достаточно высокую прочность, поэтому более металлоемки. Рассмотрим некоторые конструкции фильтров.

Фильтры сетчатые типа С42-5 (табл.19) имеют исполнение с резьбовым (А) и стыковым (В) присоединением. Дисковые сетчатые фильтроэлементы 3 зажаты гайкой 5 через тягу 6 между крышкой 1 и шайбой 4. Уплотнение обеспечивает кольца 2.



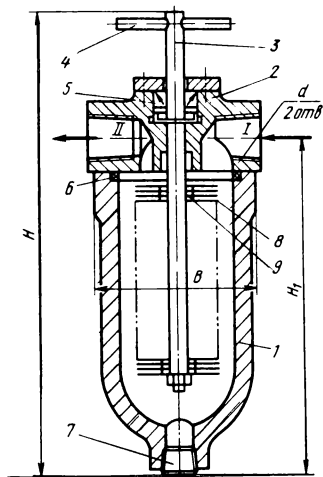
Т а б л и ц а 19. Сетчатые фильтры

Фильтры* Номинальная пропускная способность (л/мин) при нормальной тонкости фильтрации, мм

	0,16	0,08	0,04	D	D ₁	d	b	H	h
AC42-51	16	8	4	90	85	К 3/8"	50	76	18
AC42-52	32	16	8	90	85	К 1/2"	50	86	18
AC42-53	63	32	16	90	85	К 3/4"	50	111	18
C42-54A	—	—	16	90	85	К 1/4"	50	195	18
C42-54	100	63	32	100	95	К 1"	55	151	26
BC42-51	16	8	4	—	—	17	—	70	—
BC42-52	32	16	8	—	—	17	—	89	—
BC42-53	63	32	16	—	—	24	—	105	—
BC42-54	100	63	32	—	—	24	—	140	—

*Перед буквенным обозначением указывается номинальная тонкость фильтрации в миллиметрах (например, 0,40AC 42-51).

Фильтры шелевые представлены в табл. 20. Через отверстие I в крышке 2 масло проходит в корпус 2, далее через щели между пластинками 8, образованными установкой прокладок 9, отводится в гидросистему через отверстие II. При повороте фильтрующего пакета, закрепленного на стержне 3 с помощью рукоятки 4 скребки II прочищают щели между



Т а б л и ц а 20. Щелевые фильтры

Пропускная способность*, Размеры, мм
л/мин

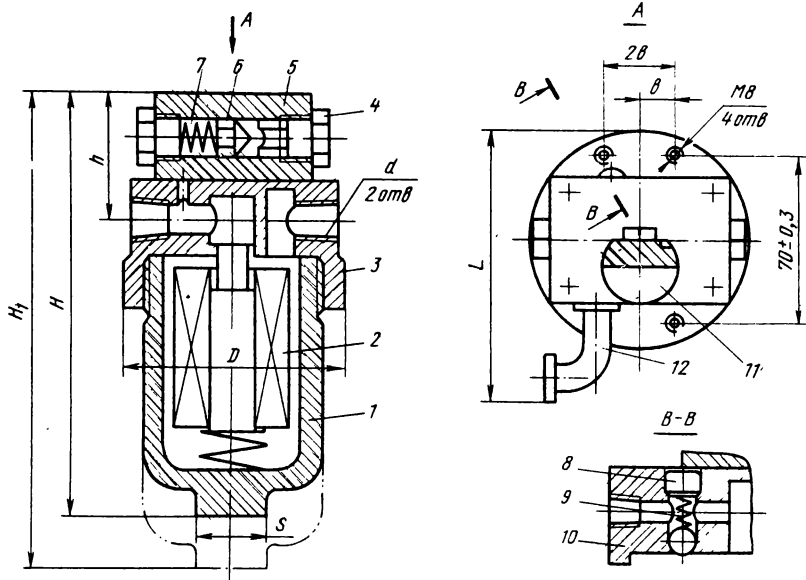
88**	125**	B	d	H	H ₁
10	16	85	К 3/8"	170	110
16	25	85	К 1/2"	190	130
25	40	110	К 1/2"	230	170
40	63	110	К 3/4"	265	205

*Пропускная способность указана при вязкости масла 18–23 мм²/с при номинальном рабочем давлении 6,3 МПа и номинальном его перепаде 0,1 МПа.

**Тонкость фильтрации, мкм.

основными пластинами. Слив отстоя производят через пробку 7 в корпусе 1. Для герметизации имеется сальник 5 и прокладка 6. Первая цифра – пропускная способность, вторая – номинальная тонкость фильтрации, третья – исполнение.

Фильтры напорные представлены в табл. 21. В стакане 1 размещен фильтроэлемент 2 и головка 3 с пропускным клапаном и индикаторным устройством. Путем поворота резьбовой шайбы 8 изменяют натяг пружины 9. В обозначении фильтров указывают диаметр условного прохода, мм; номинальную тонкость фильтрации (мкм); исполнение; К – электровизуальная или КВ – визуальная сигнализация.

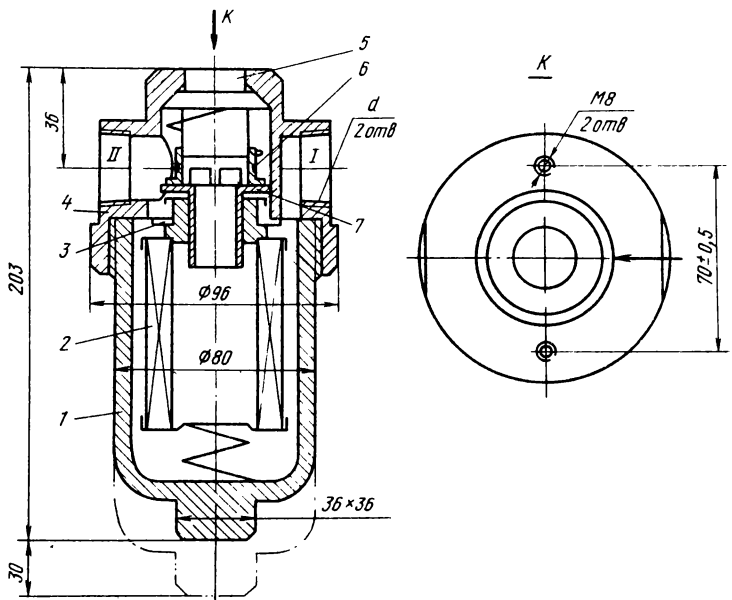


Т а б л и ц а 21. Фильтры напорные

Диаметр условного прохода	d , мм	D , мм	H , мм	H_1 , мм	n , мм	S , мм	L , мм, не более	Расход, л/мин	Перепад давлений, МПа
12	К 1/2"	100	230	260	55	36	150	25	0,09
20	К 3/4"	100	330	360	55	36	150	63	0,12
32	К 1 1/4"	150	360	400	60	50	180	160	0,16

Примечание: Нормальное давление 20 МПа; номинальная тонкость фильтрации 10, 25 или 40 мкм; перепад давлений (МПа): срабатывания сигнализатора $0,3 \pm 0,02$. Параметры геркона: коммутируемая мощность при работе на активную нагрузку не более 9 Вт; диапазон коммутируемых токов 10^{-4} –0,5 А, напряжений 0,05–24 В; сопротивление не более 0,3 Ом.

Фильтры Ф10 напорные (табл. 22) имеют сменные элементы 2 из гофрированного картона, расположенные в стакане 1, который ввернут в головку 4. По мере загрязнения фильтроэлемента возрастает перепад давления между входной и выходной полостями. Перепускной клапан 7 вместе с экраном 6 поднимается вверх. На наружном торце линзы 5 появляется красный круг (засорение). Часть масла идет мимо фильтрующего элемента.



Т а б л и ц а 22. Фильтры напорные Ф10

Параметр	Ф10 $\frac{10-5}{6,3}$	Ф10 $\frac{16-10}{6,3}$	Ф10 $\frac{16-25}{6,3}$	Ф10 $\frac{20-40}{6,3}$
Номинальная тонкость фильтрации, мкм . . .	5	10	25	40
Номинальный перепад давлений, МПа . . .	0,06	0,06	0,06	0,1
Номинальный расход, л/мин	8	25	25	63
Присоединительная резьба	К 3/8"	К 1/2"	К 1/2"	К 3/4"
Номер фильтрующего элемента "Реготмас"	600-1-11	600-1-19	600-1-06	600-1-04

Примечания: 1. Нормальное давление 6,3 МПа. 2. Перепад давлений, при котором срабатывают перепускной клапан и индикатор, 0,4-0,1 МПа при вязкости масла 20 сСт.

Фильтры напорные Ф1М32 (рис. 85) состоят из фильтроэлемента 1, стакана 2, переходника 3, головки 4 с подводным I и отводным II отверстиями. Индикаторное устройство 5 имеет подпружиненный плунжер с магнитом. После срабатывания электровизуального сигнализатора при дальнейшем за-

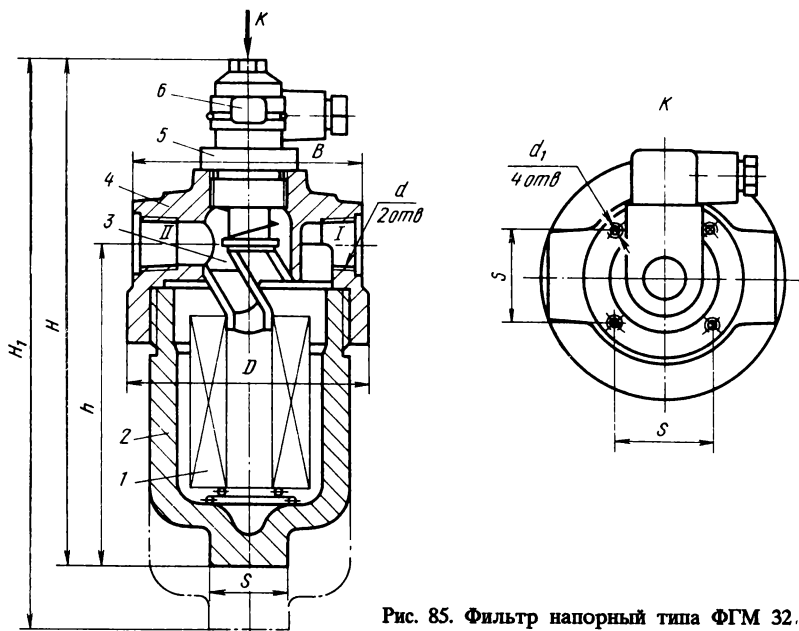


Рис. 85. Фильтр напорный типа ФГМ 32.

Т а б л и ц а 23. Фильтры напорные типа ФГМ 32*

Параметр	1ФГМ	2ФГМ	3ФГМ	4ФГМ
Номинальный расход, л/мин, при нормальной тонкости фильтрации, мкм:				
5	15,5	25	53	100
10	32	63	160	320
25	40	80	200	320
40	50	100	250	400
Номинальный перепад давлений, МПа	0,08	0,1	0,08	0,12
<i>d</i>	M22×1,5 (К 1/2")	M27×2 (К 3/4")	M42×2 (К 1 1/4")	M48×2 (К 1 1/2")
<i>H</i>	250	360	390	590
<i>H</i> ₁	288	400	440	640
<i>h</i>	160	270	300	500
<i>D</i>	106	106	150	150
<i>d</i> ₁	M8	M8	M10	M10
<i>B</i>	100	100	138	138
<i>h</i> (±0,2)	40	40	45	45
<i>S</i>	36	36	50	50

* Номинальное давление 32 МПа, номинальный расход указан при вязкости масла 20 мм²/с. Перепад давлений (МПа): срабатывания электровизуальной сигнализации — 0,3; открытия перепускного клапана — 0,4.

грязнении фильтроэлемента открывается пропускной клапан. Техническая характеристика и основные размеры приведены в табл. 23.

6. Смазочные материалы и рабочие жидкости

Минеральные масла [15], применяемые для смазки прокатного оборудования, в том числе и станов холодной прокатки труб, должны:

обеспечивать минимальные потери на трение и снижение износа; отводить тепло, выделяющееся при трении; обеспечить длительный (не менее двух лет) срок службы масла без замены при наименьших доливках; обладать способностью быстро отделяться от воды в условиях возможного обводнения системы; предохранять детали от коррозии; не вспениваться во время работы; не быть токсичными и не иметь неприятного запаха.

При конструировании оборудования и проектировании смазочных систем не следует включать в одну систему обводняемые и необводняемые узлы трения, хорошо герметизированные (главные редукторы) и плохо герметизированные механизмы (передний патрон). Обеспечение надежной герметизации узлов трения и исключение утечек смазочных масел — основная задача ремонтного и эксплуатационного персонала.

Характеристика основных свойств масел

Смазочные свойства (противоизносные, противозадирные, антифрикционные) определяются объемными и поверхностными показателями и проявляются при различных режимах трения.

Объемные (физические) свойства масел проявляются при жидкостном режиме трения, когда трущиеся поверхности по всей площади разделены масляным слоем толщиной в несколько микрометров. Граничное трение исключено. Поверхностные (физико-химические и химические) свойства масел проявляются при граничном трении, когда поверхности трения разделены тонкими граничными пленками (толщиной в сотни ангстрем), меньшими высоты микронеровностей, которые образованы в результате взаимодействия компонентов масла с материалами трущихся пар. Наличие в составе масел поверх-

ностно-активных веществ, обладающих способностью адсорбироваться на твердой металлической поверхности, позволяет образовывать граничные пленки высокой прочности. При граничном трении смазочная способность (предотвращение износа и уменьшение трения) определяется не вязкостью, а полярной активностью, которая зависит от химических свойств масла и трущихся поверхностей. Носителем полярной активности являются присутствующие в маслах нафтеновые кислоты, смолы, сернистые органические соединения, специально вводимые присадки. Одинаковые по вязкости, но полученные из разных нефтей, имеющие различную степень очистки масла имеют различные смазочные свойства благодаря неодинаковому составу и содержанию в них поверхностно-активных веществ. Менее вязкие масла, но содержащие природные вещества и присадки высокой полярной активности, могут оказывать больший смазочный эффект, чем высоковязкие, но не имеющие присадок и хорошо очищенные.

Вязкость масел характеризуется сопротивлением сдвигу его слоев относительно друг друга под воздействием приложенной силы. Вязкостно-температурные свойства характеризуют изменение вязкости в зависимости от температуры. Оценивают их индексом вязкости (ИВ). Величина ИВ более 90 характеризует хорошие свойства, 60 неудовлетворительные.

Стабильность масла — это способность противостоять окислению воздухом его составных частей в процессе эксплуатации. Продукты окисления откладываются в трубопроводах и на смазываемом оборудовании. Стабильность масла зависит от его химических свойств, степени очистки, условий эксплуатации. Может быть улучшена введением антиокислительных присадок.

Коррозионная активность — в масле при окислении накапливаются органические кислоты. Вода, попадая в масло, стимулирует коррозию черных и цветных металлов.

Эмульгируемость — образование стойких эмульсий при попадании воды в масло. При этом изменяется вязкость, ухудшаются смазочные свойства, повышается коррозионная активность, лучшими деэмульгирующими свойствами обладают маловязкие дистиллятные масла.

Для зубчатых передач наиболее типичен полужидкостный режим трения. Их можно разделить на: легко (или умеренно) нагружаемые зубчатые передачи (контактные напряжения сжа-

тия в полосе зацепления — 200–700 МПа) и тяжело нагруженные (контактные напряжения — 700–1000 МПа). Умереннонагруженные зубчатые передачи изнашиваются длительное время. Усталостное выкрошивание здесь отсутствует. Тяжелонагруженные передачи при изнашивании часто имеют задиры и выкрошивание на зубьях.

Повышение вязкости смазочных масел позволяет: создать режим жидкостного трения; защитить зубья от истирания, выкрошивания, задиrow; снизить коэффициент трения.

Но одновременно при этом ухудшается отвод тепла; повышается расход мощности на взбалтывание масла и выдавливание его из зазоров между зубьями; затрудняется прокачивание масла.

С учетом всех факторов рекомендуется применять нелегированные масла с вязкостью $(8-15)10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при 100°C . Наиболее рационально для тяжело нагруженных передач, работающих в одном картере с подшипниками (от одной системы смазки), применять масло П8П, легированное противоизносными присадками. Оно имеет высокие смазочные и хорошие вязкостно-температурные свойства при сравнительно низкой рабочей вязкости.

Червячные передачи

Создание режима жидкостного трения в червячных передачах невозможно. В результате высокого коэффициента трения происходит интенсивный разогрев масла с потерей большой доли потребляемой мощности. Зуб червячного колеса подвергается в основном истиранию и выкрошиванию. Тяжелонагруженные тихоходные червячные передачи смазываются высоковязкими маслами (не менее $20 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при 100°C) с учетом допустимых потерь мощности и нагрева. Умеренно нагруженные и быстроходные червячные передачи необходимо смазывать маслами средней вязкости ($15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ при 100°C), которые не вызывают больших гидравлических потерь.

Подшипники качения работают в режиме полужидкостного трения, виды износа — выкрошивание и истирание. При смазке подшипников от одной централизованной системы, что и для зубчатых передач, вязкость масла определяется последними. Если система смазки подшипников выполнена само-

стоятельной, то для исключения перегрева применяют масла с низкой рабочей вязкостью. Чем выше быстроходность, тем ниже вязкость масла. При расчете смазки необходимо учитывать отвод тепла от подшипникового узла.

Подшипники скольжения обычно работают в режиме жидкостного трения. Поверхность вкладыша подшипника выполняется из различных металлов и сплавов: баббита, бронзы, чугуна. При пуске и реверсе имеет место режим граничного трения. Несущая способность подшипника и коэффициент трения зависят от вязкости масла. Выбор масел основывается на подборе рациональной вязкости, обеспечивающей достаточную несущую способность при минимальном коэффициенте трения. Эффективность отвода тепла от подшипника определяется количеством масла, прокачиваемого через подшипник.

Подшипники с бронзовыми вкладышами или баббитовой заливкой чувствительны к наличию в масле серы, вызывающей образование (черной) пленки сернистых соединений на их рабочей поверхности, которая нарушает нормальную работу.

Т а б л и ц а 24. Унифицированный ассортимент смазочных материалов для прокатного оборудования

Марка смазочного материала	Примечание
<i>Минеральные масла для смазки зубчатых передач</i>	
Масло П8П для тяжелоагрессивных зубчатых передач прокатных станов (ТУ 38 101248-72)	Для всех зубчатых передач с циркуляционными системами смазки
Масло ПС-28 из сернистых нефтей для прокатных станов	В циркуляционных системах смазки временно, до удовлетворения потребности в масле П8П
Масло индустриальное И-50А, масло цилиндрическое 11, масло трансмиссионное для промышленного оборудования (нигрол) (летнее)	Для менее ответственных механизмов, обслуживаемых преимущественно заливными системами смазки
<i>Минеральные масла для смазки подшипников жидкостного трения (ПЖТ)</i>	
Масло П-28 для прокатных станов, масло авиационное МС-20, масло авиационное МС-14, масло турбинное Т-30	Масло из указанного ассортимента для смазки ПЖТ выбирают в соответствии с действующими нормативными документами
<i>Пластичные смазки</i>	
Смазка Униол-2	Для централизованных систем
Смазка ИП-1 индустриальная для прокатных станов	Временно, до удовлетворения потребности в смазке Униол-2
Смазка ОЗП-1.	Для смазки зубчатых муфт
Смазка Литол-24	Для смазки зубчатых муфт

Т а б л и ц а 25. Нормы качества масел

Показатели	П8П для зубчатых передач прокатных станков	ПС-28 из сернистых нефтей для прокатных станков	П-28 для прокатных станков	И-50А индустриальное общего назначения	И-40А индустриальное общего назначения	Цилиндрические 11	Цилиндрические 24	Трансмиссионное (нигрол), летнее
Вязкость кинематическая, 10^{-6} м ² /с (сСт) при, °С:								
+50	—	—	—	47—55	33—45	—	—	—
+100	8—12	29—30	26—30	—	—	9—13	20—28	27—34
Коксуемость, %, не более	—	1,3	0,8	0,20	0,15	0,8	2,5	—
Зольность, %, не более	—	—	—	0,005	0,005	0,03	0,05	—
Кислотное масло, мг КОН на 1 г масла, не более	0,3	0,02	0,1	0,05	0,3	—	—	—
Температура вспышки, °С, не ниже	175	240	275	200	200	215	240	180
Температура застывания, не выше, °С	-25	-10	-10	-20	-15	+5	—	-5
Содержание серы, не более, %	—	1,5	0,3	1,0	1,0	—	—	—

Т а б л и ц а 26. Нормативы качества консистентных смазок для прокатных станов

Показатели	Для централизованных систем					Закладные смазки		
	Ункол-2	ИП1-Л	ИП1-3	Литол-24	ЭШ-176 марка А	ОЗП-1		
Число пенетрации при 25 °С . . .	340—390	270—300	310—350	220—250	—	280—320		
Температура каплепадения, °С . . .	200	85	80	185	160	30—55		
Коллоидная стабильность, %, выделенного масла	12	—	—	12	8	—		
Содержание свободной щелочи в пересчете на NaOH, %	0,2	0,2	0,2	0,1	0,15	—		
Содержание воды, %	0,1	2	2	—	Следы	—		
Стойкость к размыву водой, поте-ри, %	—	—	—	10	—	—		
Содержание механических примесей, %	0,1	—	—	0,05	—	—		
Содержание серы, %	—	0,3	0,3	—	—	—		

При установке подшипников скольжения в один картер с зубчатыми передачами выбор масла должен определяться условиями работы зубчатых передач с учетом условий работы подшипников. В табл. 24–26 приведен унифицированный ассортимент смазочных материалов, применяемых на отечественных предприятиях [15].

Масло одинаковой вязкости, полученное при смешивании высоковязких остаточных масел и маловязких дистиллятов, имеют лучшие вязкостно-температурные свойства, чем чистые дистиллятные масла. Весьма эффективно применение масла П8П. Малая вязкость этого масла придает высокие термодинамические свойства и позволяет применять его в циркуляционных системах без подогрева при -20°C . Масло П8П может быть использовано в качестве универсального для смазки прокатного оборудования, кроме подшипников жидкостного трения. Все главные редукторы, работающие при контактных давлениях до 600–700 МПа, и все вспомогательные приводы рекомендуется смазывать маслом индустриальным И-50А. Главные редукторы и шестеренные клетки, работающие при контактных давлениях более 800–1000 МПа, должны смазываться маслом ПС-28 или П8П.

Пластичные смазки

Смазка ИП-1 применяется в автоматических системах подачи густой смазки. Имеет плохую водостойкость и относительно узкий диапазон рабочих температур. Пластичные смазки 1–13, консталин и солидолы применяются в качестве закладных. Их длительная работа (1 год и более) возможна в интервале от -30 до $+55^{\circ}\text{C}$. При 80°C и выше срок службы указанных смазок без добавления не более 20–30 сут. Водостойкость консталина и смазки 1–13 низкая. В воде они растворяются и эмульгируют. Смазка Униол-2 применяется в централизованных системах густой смазки в интервале от -30 до $+120^{\circ}\text{C}$. Пластичная смазка Литол-24 применяется в качестве закладной для подшипников электродвигателей. При температуре от -30 до $+90^{\circ}\text{C}$ работает без замены и добавок до двух лет. Для закрытых зубчатых передач и зубчатых муфт применяется смазка ОЗП-1. Срок службы масел определяется по результатам физико-химических анализов проб,

отбираемых из всех централизованных систем и заливных емкостей (более 500 л). Практически срок службы масел составляет 6 лет и более. В процессе старения масел происходит окисление углеводородов кислородом воздуха. На степень старения масел влияют условия эксплуатации (воздействие температуры, давления, попадание воды, площадь зеркала масла в емкости), глубина очистки и природа исходного сырья. Температура является одним из основных факторов. Процесс окисления идет очень медленно при 30–35 °С. При 50–60 °С скорость окисления становится ощутимой и с дальнейшим ее ростом значительно возрастает. Часть продуктов старения (органические кислоты, фенолы и др.) хорошо растворимы в масле, другая часть (асфальтены, твердые углеродистые соединения) выпадает в виде шлама. Многие мыла – продукты реакции органических кислот с металлами – растворяются в масле при его нагреве и выпадают при охлаждении.

При старении масел, легированных присадками, ухудшается их действие: активные компоненты "срабатываются", разлагается под действием температуры и воды ряд присадок; загущающие (вязкостные) присадки в результате механических воздействий (дросселирование) теряют свои свойства (дробятся на мелкие молекулы); выпадают в осадок от попадания в масло воды. Эти явления необратимы. Легированное масло становится идентичным по качеству своей основе.

Продукты старения снижают эксплуатационные свойства масел. Органические кислоты, хорошо растворимые в воде (при ее попадании в масло), вызывают коррозию металлов. В масле накапливаются продукты коррозии (мыла), которые сами являются катализаторами окисления масла. Возрастает склонность масел к эмульгированию. Продукты старения могут закупорить маслопровод. При температуре выше +150 °С смазываемые поверхности покрываются "лаком" (полимеризованными продуктами окисления). Вода повреждает поверхности трения, стимулирует окисление масла, образует с маслами стойкие эмульсии, снижающие смазывающую способность масла. Механические примеси (окалина, пыль, шлам, волокнистые вещества) вызывают интенсивный износ трущихся поверхностей.

Эксплуатационные свойства масел оцениваются следующими показателями: кислотное число; содержание водорастворимых

кислот; число омыления; содержание асфальтово-смолистых веществ; содержание механических примесей и их характеристик; содержание воды; величина изменения вязкости.

Кислотное число определяет содержание всех органических кислот, образующихся при окислении масла воздухом, выражается количеством мг КОН, необходимым на нейтрализацию 1 г масла. Кислотное число может возрастать с 0,02 до 15 мг КОН/1 г масла. При кислотном числе 4,4–5,5 появляются первые признаки коррозии стали. Наибольшее значение кислотного числа, при котором еще можно восстановить качества окисленных масел (П-28; МС-20; МС-20С; индустриального И-50А, цилиндрического – 11) до норм на регенерированные масла, составляет 3,0–3,5 мг КОН/1 г масла.

Содержание водорастворимых кислот в масле характеризует образование в нем при окислении низкомолекулярных органических кислот (муравьиной, уксусной и др.), которые хорошо растворимы в воде, коррозионно-активны. Особенно склонны к этому явлению масло индустриальное 50А и турбинное Т-30.

Число омыления выражается количеством мг КОН, необходимым для омыления 1 г масла. Разность между числом омыления и кислотным числом характеризует группу связанных кислот в виде сложных эфиров и таким образом указывает на склонность масла к шламообразованию.

Содержание смолистых веществ характеризует накопление смол при их эксплуатации, выражается в % от массы масла. Рост содержания смолистых веществ указывает на тенденцию к шламообразованию.

Содержание воды и механических примесей нормируется. Рассмотрим показатели качества масла П8П в процессе эксплуатации. Кислотное число определяется по методике, изложенной в ГОСТ 13243–67, и не должно превышать 3 мг КОН на 1 г масла. При превышении этой величины или увеличении вязкости масла на 30 % (по сравнению со свежим) оно подлежит замене в ближайший плановый ремонт. При превышении норм по содержанию воды и механических примесей замена масла не требуется. Масло необходимо очистить от загрязнений путем центрифугирования. При обводнении масла нужно слить отстой и подключить сепаратор. При образовании стойкой эмульсии масла с водой замена масла обязательна

независимо от уровня показателей качества. Во время капитального ремонта должна планироваться очистка систем от шлама. Отложение шламовых продуктов старения масел и пластичной смазки в заливных системах редуктороов не опасно. Их чистят при капитальном ремонте.

Характеристика рабочих жидкостей гидравлических систем на нефтяной основе. Гидросистемы станов холодной прокатки труб относятся к классу общепромышленных [17]. Они работают при температуре окружающей среды 0° – 35° С. Это позволяет применить масло повышенной вязкости ($\nu_{50} = 20 \div 40$ сСт) и теплостойкости. Гидросистемы работают без смены масла до 5 тыс.ч при периодическом пополнении. В гидросистемах, работающих при температуре масла до $+60^{\circ}$ С с малыми нагрузками, применяют индустриальные масла общего назначения без присадок (И-12А, И-20А, И-30А, И-40А, И-50А).

Если рабочая температура масла выше 60° С при давлениях до 5 МПа, применяют турбинные масла с антиокислительной, противокоррозионной и противопенной присадками: $T_{п} = 22$, $T_{п} = 30$, $T_{п} = 46$ (табл. 27). Если применяют масла без присадок, то их нужно чаще менять. Гидросистемы с тяжело нагруженными элементами (давление выше 15 МПа) рекомендуется эксплуатировать на маслах серии ИГП с присадками ДФ-11, ионол, В15/41, ПМС-200А (антикоррозионными, антиокислительными, противоизносными).

Т а б л и ц а 27. Характеристика масел для гидросистем общего промышленного назначения

Масло	Вязкость, сСт	Температура, $^{\circ}$ С		Кислотное число
		вспышки	застывания	
И-12А	10–14	165	–30	0,05
И-20А	17–23	180	–15	0,05
И-30А	28–33	190	–15	0,05
И-40А	35–45	200	–15	0,05
И-50	47–55	200	–20	0,05
$T_{п}$ -22	20–23	185	–15	0,5
$T_{п}$ -30	28–32	190	–10	0,5
$T_{п}$ -46	44–48	195	–10	0,5
ИГП-18	16,5–20,5	170	–15	0,6–1
ТГП-30	28–31	200	–15	0,6–1
ИГП-38	35–40	210	–15	0,6–1
ИГП-49	47–51	215	–	–

**Т а б л и ц а 28. Рекомендации по замене импортной гидравлической жидкости на нефтяной основе
отечественными аналогами [17]**

Марка масла	Shell	Mobil	Exxon	BP	Castrol	Caltex	Gull	Ell
ИП-18	Tellus S32	DTE24	Nuto HP32	Energol HLP32	Hyspin AWS32	Rando HD32	Harmony 32AW	Olna 32
ИП-30	Tellus S46	DTE25	Nuto HP46	Energol HLP46	Hyspin AWS46	Rando HD46	Harmony 46AW	Olna 46
ИП-38	Tellus S68	DTE26	Nuto HP68	Energol HLP68	Hyspin AWS68	Rando HD68	Harmony 68AW	Olna 68
ИП-49	Tellus S100	DTE18	Nuto HP100	Energol HLP100	Hyspin AWS100	Rando HD100	Harmony 100AW	Olna 100
ВНИИ, ИП-403	Tellus 46	—	—	—	—	—	—	—
ИГНСп-20	Tonna T32	Vacuoline 1405	Febis K32	GHL-32	Magna GC32	—	Gulfway 32	Higloss 32
ИГНСп-40	Tonna T68	Vacuoline 1409	Febis K68	GHL-68	Magna BD68	Way lubricant 68	Gulfway 68	Higloss 68
И-20	Vitrea 32	Vacuoline Light	Nurray 32	Energol CS32	Magna 32	Regal 32	Security 32	Politelis 32
И-30А	Carnea 46, Vitrea 46	Rubrex 300, Vacuoline Medium	Coray 46, Nurray 46	Energol EM46, Energol CS46	Magna 46	Cetus 46, Regal 46	Paragon 46, Security 46	Movixa 46, Politelis 46
И-40А	Carnea 68, Vitrea 68	Rubrex 400, Vacuoline Heavy	Coray 68, Nurray 68	Energol EM68, Energol CS68	Magna 68	Alecid 68, Regal 68	Paragon 68, Security 68	Movixa 68, Politelis 68
И-50А	Carnea 100, Vitrea 100	Rubrex 600, Vacuoline Heavy	Coray 100, Nurray 100	Energol EM100, Energol CS100	Magna 100	Algol 100, Regal 100	Paragon 100, Security 100	Movixa 100, Politelis 100

За рубежом в гидросистемах общепромышленного назначения применяют нефтяные масла с комплексом присадок, близких по свойствам к маслам серии ИГП. Типичным представителем является масло Шелл Телус 27 ($\nu_{50} = 26$ сСт, $\nu_{100} = 7$ сСт, $K_{OH} = 0,45$ мг КОН/г).

В гидроприводах кузнечно-прессовых машин используют негорючие водные эмульсии "масло в воде" — 2–3 % эмульсола Э-2 или Э-3 (ГОСТ 1975–75) в свягченной воде. В эмульсол на основе минеральных масел добавляют 12–14 % олеиновой кислоты и 2,5 % едкого натра для улучшения противоизносных свойств. Эмульсии типа "масло в воде" имеют низкую смазочную способность, высокую коррозионную активность, что является их недостатками.

Лучшие свойства имеют негорючие жидкости типа "вода в масле". В масле диспергировано 40 % воды с присадками, обеспечивающими стойкость эмульсии. Например, эмульсия Шелл Ирус 902 имеет свойства: $\gamma = 0,83$ г/см³, $\nu_{60} = 37$ сСт, $\nu_{82} = 18$ сСт и применяются в гидросистемах при давлении до 14 МПа и температуре до +65 °С. В табл. 28 приведены некоторые рекомендации по замене импортных гидравлических жидкостей на нефтяной основе отечественными маслами [17].

Г л а в а 4. НАГРУЗКИ В СТАНАХ ХПТ

1. Сортамент труб и характерные режимы прокатки

Область использования станов холодной прокатки труб каждого типоразмера, предусмотренная технической характеристикой, дает лишь начальное представление о значениях геометрических размеров заготовки и прокатываемой трубы в диапазоне диаметров до 450 мм и значений толщины стенки от 0,3 до 40 мм. В табл. 29–32 приведены геометрические размеры труб, которые могут быть получены на отечественных и зарубежных станах.

В обозначении типоразмера стана указаны наибольшие значения диаметров готовой трубы — отечественных станов и заготовки зарубежных. При этом диапазоны значений диаметров заготовок и готовых труб для отдельных градаций прак-

Т а б л и ц а 29. Типоразмеры труб станом ХПТ ЭЗТМ

Показатели	ХПТ 32-3	ХПТ 55-3	ХПТ 2-40	ХПТ 75	ХПТ 250	ХПТ 450
Заготовка:						
наружный диаметр, мм	28-46	38-73	30-60	57-102	104-173	219-480
толщина стенки, мм	1,35-6	1,75-12	3,0-10	2,5-20	3-25	4-40
Готовая труба:						
наружный диаметр, мм	16-32	25-55	15-40	32-80	90-250	130-450
толщина стенки, мм	0,4-5	0,75-10	0,3-5	1,1-18	1-25	2,5-35

Т а б л и ц а 30. Типоразмеры труб станом "Рокрайт" (США)

Показатели	1 1/2"	2 1/2"	3 1/2"	18 1/2"
Наибольший диаметр заготовки, мм	46	68	96	457
Наружный диаметр трубы, мм . . .	18-32	25-55	32-80	278-407

Т а б л и ц а 31. Типоразмеры труб немецких станом

Показатели	1 1/2"	2 1/2"	3 1/2"	4 1/2"
Наибольший диаметр заготовки, мм	45	70	95	115
Наружный диаметр трубы, мм . . .	12-32	24-57	34-70	50-90

Т а б л и ц а 32. Типоразмеры труб станом фирмы "Mannesmann Demag"

Показатель	25VM	50VM	75VM	100VM	125VM	175VM	225VM
Наибольший диаметр заготовки, мм	30	51	76	102	128	175	230
Наружный диаметр трубы, мм	10-20	12-35	20-60	30-80	48-113	77-145	120-125

тически совпадают. Для прокатки легко деформируемых и цветных металлов используются трехниточные станы, изготовленные по лицензии фирмы "Этна-Стандарт", показатели которых приведены в табл. 33.

Прокатка тонкостенных стальных труб и труб из цветных металлов характеризуется небольшими нагрузками на опоры рабочих валков. Надежность существенно зависит от работоспособности главного приводного устройства и механизма подачи и поворота заготовки. И наоборот, при прокатке

Т а б л и ц а 33. Типоразмеры труб станом фирмы "Montbard"

Показатель	3LF3	3LF2
Заготовка, мм:		
наружный диаметр	60—90	40—75
толщина стенки	До 12	До 8
Готовая труба, мм:		
наружный диаметр	40—75	20—55
толщина стенки	1—8	0,5—5

Т а б л и ц а 34. Усилия прокатки

Маршрут (калибровка)	Материал трубы	Усилия про- катки, кН	Подача, мм
<i>Стан ХПТ-55</i>			
65×7,8 → 38×3	Л68	860	10,6
57×4,5 → 25×2	Сталь 10	640	9,7
57×6,1 → 38×2,1 (T = 100 °C)	1X18H10T	590	14,0
57×4,4 → 38×1,8	1X18H10T	970	11,0
63×10 → 38×7	12X1MФ	800	7,0
<i>Стан ХПТ-32</i>			
34×3 → 21×1	Д1	130	10,7
42×4 → 30×0,9	АГМ	180	8,6
38×7 → 18×3,5	—	240	7,0
42×4 → 32×1,2	Л68	460	10,9
38×2,2 → 25×0,9	Сталь 10	340	12,3
42×2,7 → 25×1	1X18H9T	550	8,3
38×4 → 25×1	1X18H9T	510	4,4

толстостенных труб из труднодеформируемых металлов даже с ограниченными коэффициентами вытяжки и значениями подачи происходит увеличение усилий прокатки в 1,5—2 раза. Одновременно возрастают и осевые нагрузки на шатуны главного привода. В результате сокращаются межремонтные сроки для деталей рабочей клетки, вызывая необходимость снижения быстроходности и, в конечном итоге, объемов метропроката. Для сравнения условий нагружения станом одного типоразмера в табл. 34 приведены сведения об условиях прокатки заготовок по характерным маршрутам [1, 3, 4, 5].

Станы холодной прокатки труб, являясь машинами периодического действия работают в условиях тяжелого динами-

ческого нагружения с цикличностью $1,5 \cdot 10^4$ циклов в час. Это соответствует 1–1,5-месячному ресурсу тяжело нагруженных деталей при свойственных этому оборудованию показателях режима работы: трехсменная эксплуатация при коэффициенте суточного использования 0,7–0,8 и продолжительность включений 75 %.

Фактическое время работы станов ХПТ-32, ХПТ-55 за определенный календарный период зависит от уровня нагрузок. На стане ХПТ-55 при давлении прокатки 50 кН фактическое время работы составляет 80 % календарного времени, при давлении 80 кН составляет 40–50 %. Аналогичная картина наблюдается на станах ХПТ-32. При нагрузке на валок 300 кН – продолжительность эксплуатации составляет 90 %, а при 450 кН – уменьшается до 50 %. Нижний уровень нагрузки примерно соответствует эквивалентной нагрузке на подшипники [1]. Большая из приведенных фактических нагрузок составляет около 75 % от предельно-допустимой нагрузки по условию прочности вала.

Подобное влияние на машинное время оказывает изменение быстроходности при неизменных нагрузках. Практика эксплуатации станов в условиях специализированного сортамента основывается на нормативных объемах выпуска продукции. Типоразмеры готовых труб по однотипным станам и быстроходность каждого из станов выбираются опытным путем из условия баланса месячного числа циклов деформации и планируемого метража готовых труб. В результате станы одного и того же типоразмера в различных цехах испытывают нагрузки, различие между которыми достигает 1,5–2-кратного значения. Отсюда возникает необходимость анализа происхождения нагрузок в отдельных механизмах стана, оценки их величины и возможностей управления ими. Упорядоченные представления о нагруженности позволяют уточнять технологию производства и восстановления деталей, намечать пути реконструкции и модернизации, определять требования к каждому из устройств в процессе их ремонта и на стадии конструкторских разработок. При этом ориентация на один вариант нагрузочных характеристик, или на так называемый маршрут-представитель не оправдывается эксплуатационной практикой.

Стан холодной прокатки включает следующие основные устройства:

главный приводной механизм, объединяющий основной двигатель, распределительный редуктор для синхронизации последовательной работы исполнительных органов, трансмиссии приводов клетки и поворотного-подающих устройств, зубчато-рычажный механизм передвижения клетки;

рабочая клеть, содержащая подвижный корпус, рабочие валки с опорными узлами, устройства их регулировки и защиты от перегрузок, привод вращения валков и ходовую часть;

линия патронов для заготовки, готовой трубы и удержания стержня оправки с трансмиссионными валками и передаточными механизмами;

механизм подачи и поворота заготовки, структурно состоящий из преобразователя равномерного вращения ведущего вала в периодическое, механизма изменения величины периодического углового поворота ведомого звена, устройства преобразования вращательного движения в поступательное патрона заготовки и синхронизирующих зубчатых передач;

устройство загрузки и перемещения заготовки, включающее стол раскладки заготовки, манипулятор для ее передачи на ось прокатки, устройства перемещения или перехвата стержня оправки и поступательного перемещения заготовки;

устройство для приема, разделения и формирования пакетов готовых труб.

2. Нагруженность клетей

Прочность рабочей клетки, долговечность валковых подшипников, усталостная прочность валков определяется технологическими нагрузками: их наибольшим значением, характером изменения во времени, частотой их повторяемости. На рабочие клетки станов приходится 30 % отказов, из которых 40 % на подшипниковые узлы рабочих валков. Рабочие клетки с опорными валками не получили широкого распространения в холодной прокатке труб. Более простые по конструкции и обслуживанию клетки выполняют по двухвалковой схеме, располагая два ручья на одной или двух парах валков. Надежность клетки двухниточного исполнения, как правило, ниже однониточной, как из-за общего увеличения нагрузок, так и из-за стесненных условий компоновки.

Результирующую вертикальную составляющую усилия про-

катки можно определить в соответствии с формулой В.И.Сokolовского [5]

$$F_B = 2r_\psi \left(1 + \frac{x_3}{x_{II}} \right) (0,5c - x_{по}) p_{ср}, \quad (4.1)$$

где x_3 , x_{II} — горизонтальные координаты задней и передней границы очага деформации; r_ψ — радиус ручья калибра; $p_{ср}$ — среднее удельное давление, которое может быть получено по известным значениям на задней p_3 и передней p_{II} границах очага деформации в виде

$$p_{ср} = \frac{1}{3} (p_3 + 2p_{II}); \quad c = \left[\frac{2}{\pi} \right]^4 (x_{II \text{ бок}} - x_{по}),$$

где $x_{II \text{ бок}}$, $x_{по}$ — горизонтальные координаты передней границы в зоне выпусков и гребня.

Кроме того, усредненное значение этой силы можно определить по весьма распространенной [3] формуле Ю.Ф.Шевалина

$$F_B = k_\gamma \sigma_{B50} (D_3 + D_T) \sqrt{t_\mu (t_3 - t_T)} R_K / l, \quad (4.2)$$

где D_3 , D_T , t_3 , t_T — диаметры и толщина стенки заготовки и трубы соответственно, мм; t_μ — смещение металла (произведение величины подачи на коэффициент вытяжки), мм; R_K , l — средний радиус гребня ручья и длина рабочей части ручья, мм; σ_{B50} — предел прочности материала при 50% деформации, МПа; k_γ — коэффициент упрочнения металла (для стали и сплавов титана 1,42, для медных и алюминиевых сплавов 1,1–1,17).

Приведенные зависимости позволяют получить значение результирующей технологической нагрузки, но еще не определяют условия нагружения деталей клетки в процессе эксплуатации. Для этого необходимо установить зависимость для распределения нагрузки по опорам валков и эквивалентную нагрузку для каждого стана.

В процессе прокатки рабочего конуса заготовки формируется переменная толщина стенки, объясняемая заполнением

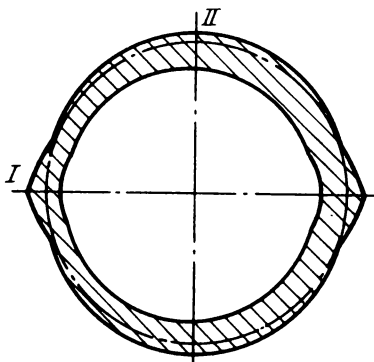


Рис. 86. Поперечное сечение рабочего конуса

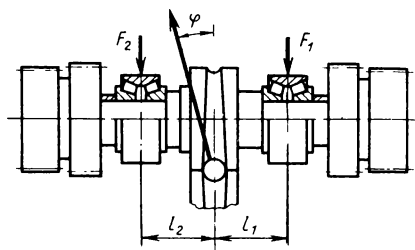


Рис. 87. Схема нагружения опор вала

металлом зоны выпусков (*I* на рис. 86) и упругим раскрытием калибра (*II* на рис. 86). После поворота трубы на заданный угол кантовки утолщенные части *I* и *II* располагаются в калибре несимметрично относительно гребня ручья. Вследствие этого результирующая давлений на калибр отклоняется от вертикальной оси на угол φ (рис. 87). Из условия равновесия вала силы, действующие на подшипники, следующие:

$$F_1 = F_B(0,5\cos\varphi - \frac{R_k}{l_1 + l_2} \sin\varphi);$$

$$F_2 = F_B(0,5\cos\varphi + \frac{R_k}{l_1 + l_2} \sin\varphi). \quad (4.3)$$

Отсюда соотношение F_2/F_1 определяет направление результирующей давлений прокатки на валок: при $\varphi = 0$ отношение $F_2/F_1 = 1$, при $\varphi = 30^\circ$ $F_2/F_1 = 2,66$. Экспериментальные замеры значений усилий прокатки на левой и правой опорах вала, выполненные на различных станах, свидетельствуют о широком диапазоне зарегистрированных отношений (F_1/F_2 от 1,3 до 2).

Ниже приведены значения углов φ результирующей нагрузки и отношение давлений на подшипники к результирующему

давлению металла на калибр. Нагруженность одной из опор валка составляет примерно 60% от значения усилия прокатки, а с учетом коэффициента динамичности 1,25 значение динамической нагрузки достигает 75% от общего технологического усилия:

F_2/F_1	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
φ , град	9,44	12	14,3	16,4	18,3
$(0,5\cos\varphi - \frac{R_k}{l_1 + l_2} \sin\varphi)$	0,43	0,41	0,39	0,37	0,35
$(0,5\cos\varphi + \frac{R_k}{l_1 + l_2} \sin\varphi)$	0,56	0,57	0,58	0,59	0,6
F_2/F_1	1,8	1,9	2,0	2,65	
φ , град	20	21,6	23	30	
$(0,5\cos\varphi - \frac{R_k}{l_1 + l_2} \sin\varphi)$	0,335	0,32	0,31	0,24	
$(0,5\cos\varphi + \frac{R_k}{l_1 + l_2} \sin\varphi)$	0,6	0,61	0,61	0,63	

Рассмотрим два варианта прокатки труб: первый — из стали ШХ15 из заготовки с размерами по диаметру и стенке 98×18 на готовый размер 79×15,1 и второй — из стали 10 по маршруту 68×4 на 54×2,2. В первом варианте усилие прокатки втрое превосходит усилие второго варианта. При прокатке на одном стане только в течение месяца отмечается до 35 различных вариантов маршрутов.

В этих условиях существующая специализация не только отдельных цехов, но и каждого стана создает предпосылки для систематизации нагруженности каждой единицы оборудования в виде эквивалентных нагрузок. Под эквивалентными здесь понимаются такие постоянные по наибольшему значению нагрузки, при которых долговечность исследуемого механизма стана тождественна случаю его фактического нагружения. Математической основой вычисления эквивалентной нагрузки является ее зависимость от числа циклов нагружения до разрушения

$$F_3 = \left[\frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^k (F_i^\alpha N_{ci}) \right]^{1/\alpha}, \quad (4.4)$$

где F_i — среднее значение нагрузки, соответствующей прокатке i -го маршрута; N_{ci} — число циклов повторяемости

Т а б л и ц а 35. Пример карты маршрутов

Стан ХПТ 75 № ...		$n = 62$ дв.ход/мин		
Марка стали	Размеры заготовки $D_3 \times t_3$, мм	Размеры готовых труб $D_T \times t_T$, мм	Смещение $m\mu$, мм	Объем проката, L_T , м
45	76×6	53×5,5	2,08×25	485
30ХГСА	76×14	54×11	1,93×21	355
ПХ15	76×9	53×6,4	1,91×27	16265
....

внешней нагрузки F_i ; N_0 — число циклов, соответствующее периодическому нагружению эквивалентной силой F_3 ; α — показатель степени (для роликовых подшипников качения $\alpha = 10/3$).

Для определения эквивалентной технологической нагрузки за длительный срок (1–3 мес) необходимо:

на основании портфеля заказов составить карту возможных маршрутов, включающую марку стали, размеры заготовки и готовой трубы, технологические нормы смещения ($m\mu$) и объемы партий. Пример такой карты приведен в табл. 35;

для каждого маршрута, представленного строкой карты по формулам (4.1) или (4.2), рассчитать усилие прокатки и число циклов нагружения

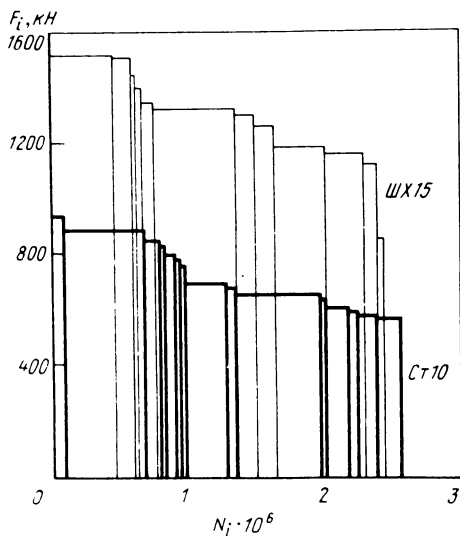
$$N_i = 0,5 \cdot 10^3 \frac{L_T}{m\mu}; \quad (4.5)$$

в соответствии с выражением (4.4) найти эквивалентную технологическую нагрузку.

Наглядное представление о характере нагруженности дают гистограммы нагружения, построенные в координатах F_i , N_i . На рис. 88 представлена гистограмма по данным месячной загрузки стана ХПТ 75.

Полученное значение эквивалентной нагрузки является исходной характеристикой для оценки долговечности валковых подшипников стана. Расчетная эквивалентная нагрузка, которая определяет долговечность валковых подшипниковых опор, является случайной величиной. Ее значение (функция параметров многочисленных и различных по объему партий труб, каждая из которых будучи отнесена к длине или массе

Рис. 88. Пример гистограмм нагружения валков стана ХПТ 75



металла деформируемого за один двойной ход рабочей клетки) определяет число циклов с примерно одинаковыми значениями сил нагружения. В свою очередь, нагрузка за цикл определяется, как это было показано выше, размерами готовой трубы и ее заготовки, механическими свойствами материала партии труб, технологическими показателями процесса (величиной подачи, калибровкой и др.). Кроме того, случайный характер усилий на каждый из подшипников в одной партии есть следствие состояния зазоров в кинематических парах, стабильности значений подачи, углов кантовки трубы и ряда других показателей, отражающих состояние оборудования. Поэтому анализ реальных условий нагружения и долговечности опор валков может быть выполнен на основании представленных расчетных или экспериментальных выборок, охватывающих в зависимости от задач оценки каждого из станков, группу станков цеха одного типоразмера или станы каждого типоразмера трубного предприятия.

Накопление экспериментального материала такого объема сопряжено с большими техническими трудностями замеров усилий за длительный анализируемый срок. Весьма достоверную картину, как свидетельствует сопоставление фактического расхода подшипников с найденным теоретически, можно получить, пользуясь лишь доступными показателями механи-

ческих и технологических характеристик и объемов прокатываемых партий одно- или двухмесячного портфеля заказов.

Такая выборка для одного из крупнейших трубных заводов позволила выявить картину нагружения и плотность распределения усилий прокатки (рис. 89). Приведенная на рис. 89 плотность распределения может быть использована для обоснования проектирования валковых узлов, для оценки потребности в годовом заказе валковых узлов и подшипников. В результате статистической обработки усилий прокатки по двухмесячной выборке плотность распределения усилий на рабочий валок для каждого типоразмера станков, исключая маловероятные показатели, представляет трехмодельную функцию, с законами распределения значений в области каждого из трех центров группирования, близкими к нормальному. При этом максимальное значение моды стана меньшего типоразмера с высокой степенью приближения совпадает с наименьшей модой последующего типоразмера. Предельные по условиям прочности рабочих валков значения изгибающих нагрузок для станков основных типоразмеров составляет 765, 1470 и 2100 кН соответственно. Сравнение этих нагрузок с фактическими свидетельствует, что их значения, соответствующие наибольшей моде для стана каждого типоразмера, в полтора раза ниже предельнодопустимой для валка. Это объясняет низкую вероятность поломки рабочих валков. В то же время высокая плотность вероятности нагружения при прокатке труб из высокопрочных марок стали (40X, ШХ15 и др.), соответствующая максимальной моде, определяет широкораспространенные значения усилий прокатки: 500 кН — для

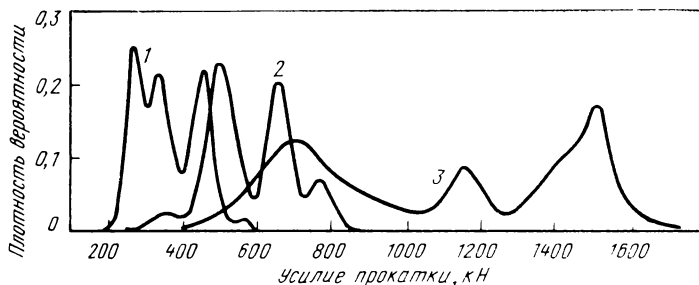


Рис. 89. Плотность распределения усилий прокатки:
1 — ХПТ 32; 2 — ХПТ 55; 3 — ХПТ 75

Т а б л и ц а 36. Долговечность валковых подшипников

Тип стана	Грузо-подъемность подшипника, кН	Усилия прокатки F , кН	Частота нагружения, цикл/мин	Максимальная нагрузка одной опоры, кН	Долговечность подшипников	
					L_H , ч	L_M , мес
ХПТ 32-3	806	350	95	260	3600	6
		500		375	1100	1,83
ХПТ 55-3	1050	500	80	375	3210	5,35
		700		525	1050	1,75
ХПТ 75 (90-3)	1540	700	65	525	4630	7,7
		1500		62	1125	380	0,63

станов ХПТ 32, 780 кН — для ХПТ 55 и 1500 кН — для ХПТ 75, резко сокращающие срок службы валковых подшипников. Ресурсы рабочих подшипников для наибольшего значения моды усилий прокатки представлены в табл. 36. Приведенный анализ, дополненный другими показателями распределения случайных величин (дисперсией, коэффициентами вариации, квантилью), является надежной базой для расчета объема заказов валковых подшипников и частоты их замены в условиях конкретной загруженности стана.

Менее частые, но высокочрезвычайные отказы относятся к корпусам рабочих клетей станов ХПТ. В силу сложности конструкций и в связи с трудностями прогнозирования частоты выхода из строя парк запасных клетей существенно уступает резерву остальных запасных деталей производственных цехов.

Ввиду сложности пространственной конфигурации корпуса рабочей клетки и наличия очевидных источников концентрации напряжений используют уточненные методы прочностных расчетов. Среди них наибольшее распространение получил численный метод конечных элементов. Согласно методу деталь расчленяют на конечное число малых элементов (многогранников), предполагая изменение перемещений в пределах каждого элемента линейным. При этом взаимодействие элементов друг с другом предполагается лишь вершинами — узлами. Разрешающая система уравнений имеет следующий вид:

$$[K]\{U\} = \{F\},$$

где $[K]$ – матрица жесткости объединенных элементов конструкции; $\{U\}$ – вектор-столбец неизвестных перемещений узлов; $\{F\}$ – вектор-столбец внешних сил в узлах.

Расчет напряженного и деформированного состояния клетки сводится к определению перемещений ее узлов от действия нагрузки и к вычислению напряжений в каждом из конечных элементов.

$$\{\sigma_N\} = [D][B_N]\{U_N\},$$

где $[D]$, $[B_N]$ – матрицы упругости и дифференцирования; $\{U_N\}$ – вектор-столбец смещений узлов элемента.

В качестве примера на рис. 90 показан подвижный корпус четырехвалковой клетки двухниточного стана ХПТ 75 конструкции ВНИИметмаш (см. гл. 2), а на рис. 91 распределение эквивалентных напряжений в ее боковой стенке, разбитой на конечные элементы*. В качестве конечного элемента использован трехмерный изопараметрический элемент, имеющий 8 узлов (по три степени свободы в каждом). В модели боко-

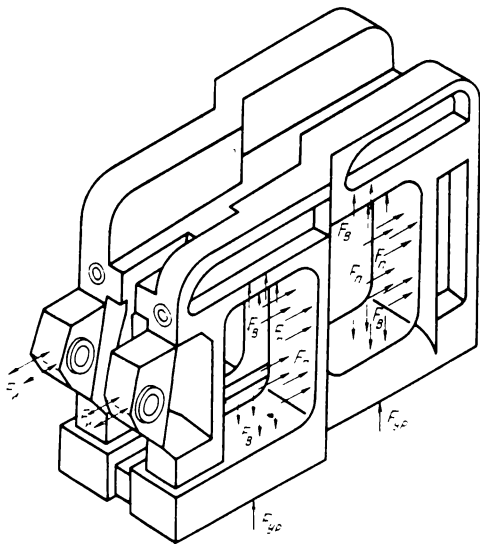
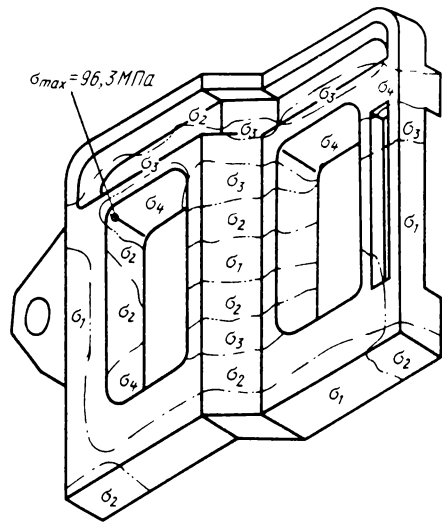


Рис. 90. Схема нагружения клетки двухниточного стана ХПТ 75

* В исследовании напряженного состояния клеток принимали участие А.А.Антипин, В.П.Новоселов и К.А.Гончаров.

Рис. 91. Распределение эквивалентных напряжений ($\sigma_{\max} = 96,3 \text{ МПа}$):
 $\sigma_1 > 48,2 \text{ МПа}$; $\sigma_2 \leq 64,7 \text{ МПа}$;
 $\sigma_3 \leq 80,8 \text{ МПа}$; $\sigma_4 > 81 \text{ МПа}$



вой стенки клетки 1961 узел, 1212 конечных элементов. Число одновременно решаемых уравнений 5338.

Внешнее нагружение рабочей клетки стана ХПТ по величине и направлению изменяется циклически во времени, повторяясь за каждый рабочий ход. При этом нагрузки, как показано на рис. 90, имеют распределенный характер и включают следующие составляющие: $F_{\text{ш}}$ — силы воздействия шатунов на клеть, приложенные к ее проушинам; $F_{\text{в}}$ — усилия прокатки, действующие на клеть в виде распределенных давлений на верхние и нижние опорные поверхности окон; $F_{\text{ур}}$ — уравновешивающие реактивные силы со стороны станины на нижние опоры клетки; $F_{\text{п}}$ — силы воздействия подушек рабочих валков на боковые стенки окон корпуса клетки.

На рис. 91 представлена графическая картина распределения эквивалентных напряжений, найденных по IV теории прочности (Мизеса), по объему одной стенки клетки для случая легкого режима прокатки; наибольшее усилие на одну опору каждого из валков — 320 кН, наибольшее усилие за цикл на клеть от одного шатуна — 86 кН и частота движения клетки — 60 дв.ход/мин.

С учетом переменного характера изменения отдельных компонент внешней нагрузки рассмотрен наиболее опасный случай их комплексного воздействия — при удалении клетки

на $1/4$ хода от мертвого заднего положения. В этом случае внешние нагрузки имеют следующие значения: $F_{в} = 200$ кН и $F_{и} = 50$ кН. Анализ расчетных напряжений показывает, что именно в этой части пути движения клетки в ней возникают опасные напряжения.

Согласно численным расчетам зоны наибольших напряжений находятся в области угловых, радиусных участков окна под рабочей подушки, ближайшего к проушине шатуна, а также в прилегающих к проушине участках вертикальной стойки. При указанных выше значениях внешних нагрузок наибольшие эквивалентные (по Мизесу) напряжения получены в угловой верхней зоне окна ближайшей к проушине и составляют 93,6 МПа. При этом средние части промежуточной и дальней от проушины стоек, а также верхняя и нижняя части обеих траверс имеют весьма низкий уровень напряжений, не превышающий 4,5 МПа. Это свидетельствует о возможности некоторого снижения массы клетки путем избирательного изменения сечений отдельных участков конструкции. Снижение массы подвижных частей, в свою очередь, обеспечивает уменьшение инерционных сил и давлений шатунов на клеть. Кроме того, целенаправленный поиск и машинный эксперимент позволяют путем корректирования существующей конструкции снизить максимальные напряжения в опасных зонах.

Среднее положение рабочей клетки характеризуется исчезновением давлений на нее шатунов и максимальными (320 кН) усилиями прокатки. В этом положении клетки возрастают растягивающие натяжения во всех стойках до 60–70 МПа при некотором понижении их в угловых участках окна: с 96,3 до 92,6 МПа.

В крайних положениях клеть свободна от усилий прокатки, но нагружена максимальным давлением шатуна – 86 кН. В этом случае узкая зона максимальных напряжений расположена над проушиной крепления шатуна на расстоянии примерно $1/3$ высоты окна. Их значения в крайнем заднем положении клетки достигают 58 МПа, а в переднем – 86 МПа. Небольшая концентрация напряжений (до 37 МПа) имеет место в угловых участках окон и в зонах внешнего нагружения.

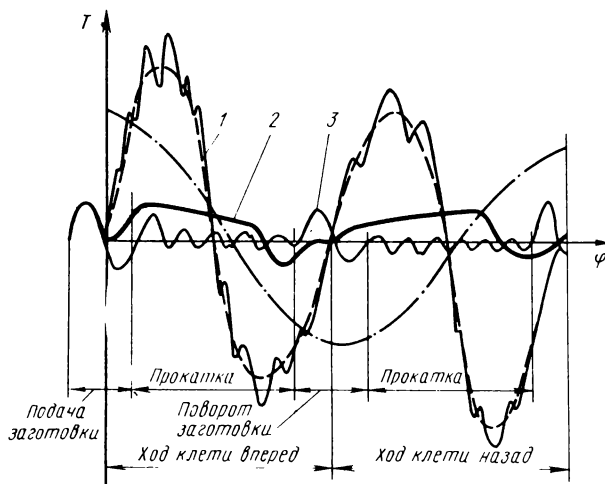
Результаты расчетов методом конечных элементов подтверждают случаи разрушения клетки именно в перечисленных зонах.

3. Нагруженность рабочей линии привода

Основной причиной ограничения быстроходности станов холодной прокатки труб являются динамические нагрузки в линии главного приводного механизма, включающего зубчатую или ременную понижающую передачу и кривошипно-шатунный рычажный механизм. При существующей массе рабочей клетки стана ХПТ 55 попытки увеличения быстроходности до 180 двойных ходов клетки в минуту привела бы к увеличению нагрузок в шатунах до 100 кН, т.е. примерно в 5 раз по сравнению с существующими. Сравнительно небольшая доля отказов главного привода, составляющая восьмую часть от всех остановок по стану, объясняется низкой быстроходностью, принятой на трубных предприятиях, как правило, близкой к нижнему пределу паспортных данных. Попытки же увеличить частоту движения клетки приводят к многократному сокращению межремонтных сроков и снижению выпуска труб.

Суммарный момент сопротивления главного приводного механизма и усилия в кинематических парах определяются неуравновешенной нагрузкой от периодического движения клетки и шатунов, равной произведению массы всех подвижных звеньев на ускорение центра масс l (рис. 92), и технологическим сопротивлением со стороны прокатываемой трубы 2. Из-за необходимости синхронизации движения рабочей клетки

Рис. 92. Нагрузочная характеристика главного привода



с периодическими перемещениями заготовки ведущие валы этих механизмов объединены общим приводом, чаще всего содержащим трансмиссию к механизму подачи и поворота. Таким образом, к перечисленным внешним нагрузкам от рабочей клетки в линии главного привода добавляется и момент сопротивления ведущего вала подающего устройства 3. Хотя все перечисленные нагрузки имеют циклический характер, их взаимодействие характеризуется различными фазами максимальных значений и их соотношениями.

Наибольшую амплитуду из перечисленных нагрузок имеет неуравновешенная составляющая от периодического движения клетки 1. Ее величина с ростом быстроходности приобретает определяющее значение. Как видно из рис. 92, закон изменения этого момента близок к гармоническому с частотой, вдвое превышающей частоту вращения кривошипного вала. Для идеально жесткой беззазорной системы рычажного механизма эта нагрузка с достаточной точностью определится выражением

$$T = \omega^2 m_{кл} r_{кр}^2 (\cos \varphi_k + \frac{1}{\lambda} \cos 2\varphi_k + \frac{k}{\lambda} \sin \varphi_k) \sin \varphi_k, \quad (4.6)$$

где ω — угловая скорость кривошипного вала, $\omega = \pi n / 30$. Здесь n — число двойных ходов клетки в минуту; $m_{кл}$ — приведенная масса клетки и рычажной системы к кривошипному валу; $r_{кр}$ — радиус кривошипного вала; φ_k — текущее значение угла поворота кривошипа (началом принято крайнее заднее по направлению оси прокатки положение рабочей клетки); $k = e / r_{кр}$; $\lambda = L_{ш} / r_{кр}$, где e , $L_{ш}$ — эксцентриситет кривошипа и длина шатуна.

Момент от неуравновешенной динамической нагрузки, порожденной возвратно-поступательным движением клетки, достигает наибольших значений при угловом положении кривошипа примерно 45° от крайних положений. При этом периодически изменяющийся множитель $(\cos \varphi_k + \frac{1}{\lambda} \cos 2\varphi_k + \frac{k}{\lambda} \sin \varphi_k) \sin \varphi_k$ имеет значение 0,55—0,56.

Наибольшие значения моментов, обусловленных возвратно-поступательным движением, следующие, кНм:

Для стана ХПТ 32 с массой клетки 2200 кг:	
60 дв.ход/мин	2,5
80 дв.ход/мин	4,3

100 дв.ход/мин	6,8
Для стана ХПТ 55 с массой клетки 4070 кг:	
60 дв.ход/мин	8,5
80 дв.ход/мин	15,2
Для стана ХПТ 75 с массой клетки 5050 кг:	
60 дв.ход/мин	14

Увеличение неуравновешенного момента от движения клетки пропорционально квадрату соотношения частот движения клетки и квадрату отношения радиусов кривошипов. Из условия равновесия системы сил, действующих на рабочие валки [5], результирующая сила сопротивления перемещению клетки, обусловленная технологическими нагрузками, определяется следующим выражением (рис. 93):

$$F = 2 \frac{F_{\text{в}}x + T_{\text{тр}}}{R_{\text{к}}} + 2(F_{\text{Г}} + F_{\text{Т}})\left(1 - \frac{L_{\text{п}} \cos \alpha_{\text{с}}}{R_{\text{к}}}\right), \quad (4.7)$$

где $F_{\text{в}}$, $F_{\text{Г}}$, $F_{\text{Т}}$ — вертикальная и горизонтальная составляющие усилия прокатки и сила трения трубы по оправке соответственно; $R_{\text{к}}$, $L_{\text{п}}$ — радиус начальной окружности ведущей реечной шестерни и половина межосевого расстояния валков соответственно; x — горизонтальная координата приложения результирующей силы прокатки; $\alpha_{\text{с}}$ — угол зацепления; $T_{\text{тр}}$ — момент трения подшипниковых узлов.

Учитывая паспортные данные станов ХПТ 32, ХПТ 55 и ХПТ 90, значения коэффициентов при сумме горизонтальной составляющей силы прокатки и силы трения трубы по оправке составляют соответственно 0,014; 0,036; 0,01. В результа-

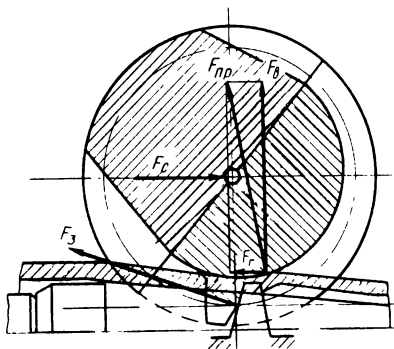


Рис. 93. Силы, действующие на рабочий валок

те с точностью до 0,4% выражение для определения силы сопротивления F_c примет вид

$$F_c = 2 \frac{F_B(x - k_{\Pi})}{R_K},$$

где k_{Π} — коэффициент трения качения, для валковых подшипников станов ХПТ согласно [2] $k_{\Pi} = 0,001$.

Согласно работе [5] координата x определяется из выражения

$$x = [(tg\gamma - tg\alpha)m\mu_x(R_B - r_{\Psi})0,5]^{1/2},$$

где γ, α — угол конусности ручья и оправки; m — подача; μ_x — текущее значение коэффициента вытяжки; R_B, r_{Ψ} — радиусы бочки вала и ручья соответственно.

Таким образом, сопротивление перемещению клетки от технологической нагрузки определяется из выражения

$$F_c = \frac{F_B}{R_K} \sqrt{2(tg\gamma - tg\alpha)m\mu_x(R_B - r_{\Psi})}. \quad (4.8)$$

В среднем сопротивление перемещению составляет $\sim(0,04-0,05)F_B$. Усилие прокатки достигает наибольших значений примерно на 1/4 длины рабочего хода. Ориентируясь на рис. 92 (их наиболее вероятные значения), получим наибольшие величины сил сопротивления и моментов на кривошипном валу (табл. 37).

Сравнение значений крутящего момента на кривошипном валу приводного механизма свидетельствует о том, что нагрузки, обусловленные технологическим сопротивлением, составляют для однониточных станов ХПТ 32 — от 0,30' до 0,40, для ХПТ 55 от 0,45 до 0,55, для ХПТ 75 от 0,45 до 0,65 от результирующего момента. С увеличением быстроход-

Т а б л и ц а 37. Нагрузки кривошипного вала

Стан	F_B , кН	F_c , кН	T_c , кНм
ХПТ 32-3	300—470	15—23,5	3,17—5
ХПТ 55-3	500—660	25—33	7,3—9,6
ХПТ 75	700—1500	35—75	11,5—34,7

ности эта доля снижается при общем росте динамической составляющей от кинетической энергии клетки.

Учет упругих характеристик передач и маховых масс деталей привода обуславливает дополнительную, назовем ее динамической, добавку. Как показывают исследования, значения коэффициента динамичности зависят от следующих факторов: от жесткости шатунов, от соотношения приведенных масс клетки и зубчато-рычажной системы привода [5], от скорости движения рабочей клетки, от значений зазоров в кинематических парах. Для существующих частот движения рабочей клетки станов коэффициенты динамичности имеют значения 1,35–1,45. При этом увеличение быстроходности незначительно изменяет общий коэффициент динамичности, увеличивая его лишь на 3–4 % при двукратном увеличении числа ходов рабочей клетки за минуту. Более ощутим рост коэффициента динамичности от величины зазора в зацеплениях и подшипниковых узлах, требующих изготовления зубчатых колес не ниже, чем по 7-й степени точности.

4. Нагруженность механизмов подачи и поворота заготовки

На станах холодной прокатки труб перемещение (подачу и поворот) заготовки осуществляют периодически, во время той части цикла работы, когда прокатываемая труба не взаимодействует с рабочими валками. Наиболее благоприятный режим работы стана предусматривает подачу (поступательное перемещение) заготовки перед прямым ходом рабочей клетки и ее поворот (кантовка вокруг собственной оси) в переднем или в переднем и заднем крайних положениях клетки. Обычно, за исключением станов с освобожденным обратным ходом, на долю подачи приходится примерно $1/6$ времени цикла. Такое же время соответствует и однократному ее повороту. Таким образом, продолжительность работы МПП в каждом из крайних положений составляет от 0,167 до 0,083 (соответственно при числах двойных ходов клетки в минуту 60 и 120).

Для устройств циклического действия, к которым относятся механизмы подачи и поворота (МПП) заготовки станов ХПТ, определяющими являются динамические нагрузки, вели-

чина которых зависит от быстродействия стана (т.е. частоты возвратно-поступательного движения клетки); от величины разового перемещения (т.е. от значений подачи и угла поворота), а также от закона движения его звеньев.

Основное направление в совершенствовании существующих станов ХПТ состоит в повышении их производительности за счет увеличения быстроходности и в результате наращивания значений разовых подач, благодаря, например, использованию увеличенной длины хода клеток. В этих условиях знание значений нагрузок на детали МПП и способов управления ими является необходимой эксплуатационной информацией. Это подтверждается большой долей отказов, приходящихся на МПП: более 30 % по их частоте и времени восстановления в объеме ремонтных простоев.

Другим важнейшим показателем надежности является точность перемещений или равномерность подачи. Часто называемая в литературе величина ($\pm 15\%$) допустимых отклонений от установленного значения подачи для многих типов труб (например, плавниковых) неприемлема. Значительная часть этих отклонений связана с износом деталей, т.е. с нагрузками на них и быстроходностью.

Для исключения попятного движения, во многих случаях нежелательного по технологическим причинам и ухудшающего стабильность процесса, в механизмах подачи и поворота широко используются самотормозящиеся звенья. В частности, такими свойствами обладают используемые в станах пары "винт — гайка", одно из звеньев которой циклически вращается. В некоторых устройствах превращение вращательного движения главного привода в поступательное заготовки осуществляется другими механизмами, однако наличие вращательно-поступательного устройства является неизменным требованием к конструкции механизма. Долговечность таких устройств часто определяет межремонтные сроки службы и ремонтпригодность МПП и требует анализа условий его нагружения.

Другой обязательной структурной единицей любого механизма подачи и поворота при холодной прокатке труб на станах периодического действия является преобразователь равномерного вращения в периодическое. Среди механических преобразователей, применяемых для этой цели, можно назвать кулачковые, зубчато-рычажные, кулисного типа (вклю-

чая планетарно-кулисные), мальтийские, пружинные, устройства с использованием муфт свободного хода и др. В результате кинематическая цепь любого механизма подачи и поворота (МПП) станков ХПТ разделена на две части, детали одной из них движутся с постоянной скоростью, а другой — с переменной. Циклически движущиеся детали являются источником динамических нагрузок, зависящих от масс звеньев и законов их движения, в то время как равномерно вращающиеся детали (часть механизма от ведущего вала до преобразователя вращения) выполняют функцию маховиков, снижая неравномерность хода.

Деформация трубы на удерживаемой оправке обуславливает силы сцепления с ней рабочего конуса заготовки, достигающие на станах малого типоразмера 60 кН.

В результате нагружение вращающихся деталей МПП суммируется из усилий снятия (срыва) трубы с оправки, из инерционных нагрузок неравномерно-движущихся частей, усиленных динамическими добавками колебательной системы, и из сил сопротивления холостого хода, обусловленных трением в кинематических парах (в зацеплениях, подшипниках, направляющих).

Все перечисленные нагрузки имеют циклический характер повторения с частотой движения рабочей клетки, а их воздействие в зависимости от стадии цикла (положение рабочей клетки) воспринимается различными элементами устройства перемещения заготовки.

Осевые составляющие технологического усилия прокатки, направленные вдоль оси заготовки и возникающие в процессе деформации трубы при прямом и обратном ходе, достигают 20 % от вертикальных давлений на рабочие валки. Эти силы при прямом ходе клетки (в направлении прокатки) могут быть направлены как по ходу процесса, так и навстречу заготовке, а при обратном ходе — всегда являются сжимающими по отношению к заготовке. Их наибольшие значения (рис. 94) характерны для обратного хода клетки. Во время прокатки патрон заготовки совместно с поступательно-подвижным звеном пары "винт — гайка" не получает движения от приводного устройства МПП. В результате самоторможения резьбового соединения эти технологические нагрузки не передаются на вращающиеся звенья механизма подачи и поворота. В этот период под действием осевых нагрузок детали перемещаются

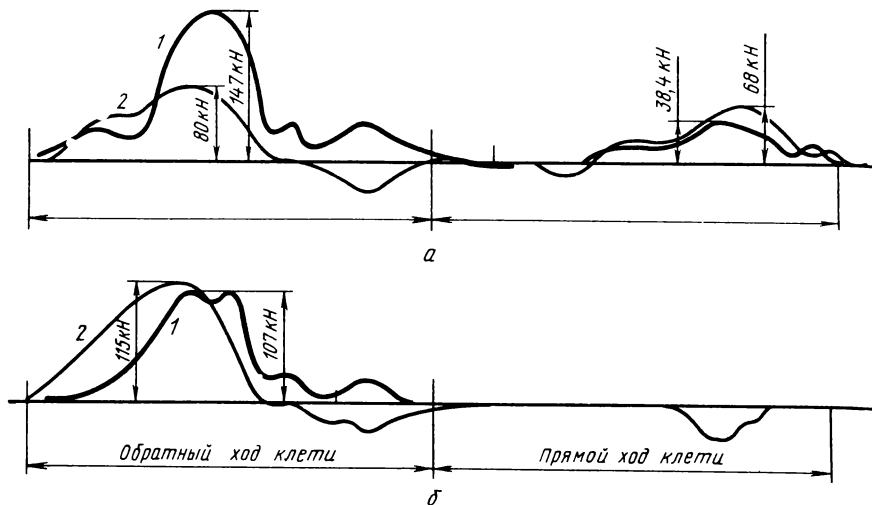


Рис. 94. Осциллограммы осевых сил при прокатке труб из легированной (а) и углеродистой (б) стали:
 1 — усилие на винте подачи; 2 — усилие на стержне оправки

в пределах зазоров в ходовой резьбе и в устройстве удержания хвостовика стержня оправки; упругой деформации стержня оправки и участка заготовки, заключенного между валками и передним патроном, а также в диапазоне возможного перемещения трубной заготовки относительно захватов (кулачков).

Износ кинематических пар механизмов подачи и поворота с абсолютным выстоем сопровождается нарастающими по мере эксплуатации зазорами между взаимодействующими деталями. Суммарные значения зазоров соответствуют свободному перемещению ведомого звена преобразователя движения на величину, достигающую в ряде случаев установочного заданного циклического перемещения. Кроме того, значительная доля нагрузки затрачивается на упругую деформацию деталей механизма, стержня оправки и самой прокатываемой трубы.

Независимо от типа используемого механизма подачи и поворота закон циклического движения исполнительного звена, связанного с трубной заготовкой, характеризуется нарастанием ускорения в первой фазе движения и с замедлени-

ем — во второй части цикла подачи. Вызванные этим законом [1, 5] динамические нагрузки составляют от 60 до 90 % суммарного значения.

В настоящее время большая часть станов ХПТ имеет механизмы подачи и поворота с преобразователями вращения, состоящими из кулачкового механизма, шарнирного четырехзвенника (ведущее звено которого жестко связано с толкателем кулачкового механизма) и муфты свободного хода (МСХ), называемой также муфтой обгона. Ведущая звездочка МСХ поворачивается совместно с ведомым звеном (коромыслом) четырехзвенника. Частный закон ускорения ($n = 60$ дв.ход/мин) ведущего 2 и ведомого 1 звеньев показан на рис. 95.

Поскольку настройка значения подачи в этих механизмах осуществляется за счет изменения длины звена при неизменных размерах шатуна и ведомого коромысла, то и теоретический закон движения не остается постоянным. На рис. 96 приведена зависимость наибольшего значения углового ускорения звездочки (муфты свободного хода) МСХ в период разгона в зависимости от установленного значения подачи. Согласно этому графику изменение значения подачи с 10 до 16 мм (на 60 %) вдвое увеличивает значение ускорения. Не менее заметное влияние на максимум углового ускорения оказывает и повышение быстроходности стана, приводящей к

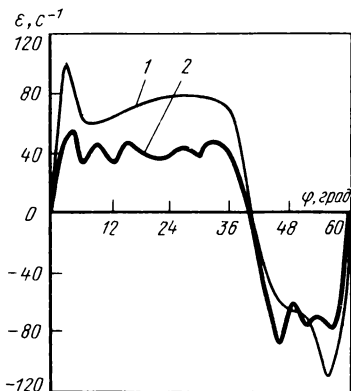


Рис. 95. Закон нагружения кулачкового механизма

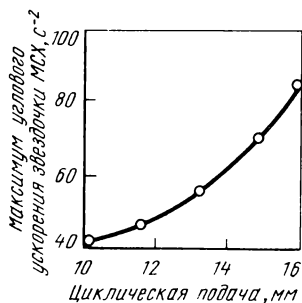


Рис. 96. Угловое ускорение звездочки муфты свободного хода

росту максимума угловой скорости ведущего звена четырехзвенника.

В общем виде закон движения ведомого коромысла (звено 2) в зависимости от угловых скоростей ω_4 и ускорения ϵ_4 ведущего кулачкового толкателя и длин звеньев (ведущего коромысла изменяемой длины l_4 , ведомого коромысла l_2 и связывающего их шатуна l_3) зависит от угловых положений этих звеньев — углов φ_4 , φ_2 и φ_3 соответственно.

Согласно аналитической кинематике шарнирных четырехзвенников ускорение ведомого коромысла ϵ_2 определяется выражением

$$\epsilon_2 = \omega_4^2 i'_{24} + \epsilon_4 i_{24}, \quad (4.9)$$

где ω_4 , ϵ_4 — угловая скорость и ускорение ведущего звена четырехзвенника — качающегося толкателя кулачкового механизма; i'_{24} , i_{24} — соответствующие передаточные функции

$$i_{24} = \frac{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_3)}{l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)};$$

φ_4 , φ_3 , φ_2 — углы поворота ведущего звена (толкателя), шатуна и ведомого коромысла соответственно; l_2 , l_3 , l_4 — соответствующие длины ведомого коромысла, шатуна и ведущего толкателя

$$i'_{24} = \frac{l_2 i_{24}^2 \cos(\varphi_2 - \varphi_3) - l_4 \cos(\varphi_4 - \varphi_3) - l_3 i_{34}^2}{l_2 \sin(\varphi_2 - \varphi_3)};$$

$$i_{34} = \frac{l_4 \sin(\varphi_4 - \varphi_2)}{l_3 \sin(\varphi_3 - \varphi_4)}.$$

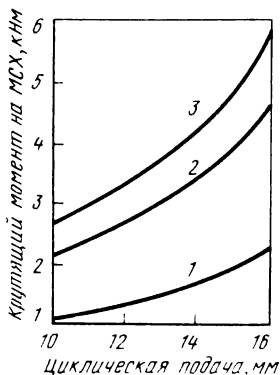
Значения угловых ускорений ϵ_4 определяются профилем кулачка и заметно зависят от точности его изготовления. Участок подачи кулачка, составляющий 1/6 полного его оборота, спрофилирован в соответствии с условием примерного постоянства углового ускорения его толкателя (кривая 2 на рис. 95) в пределах центрального угла поворота кулачка на 40° . Укороченный участок замедления соответствует центральному углу 20° . Качание толкателя характеризуется

увеличенным максимумом отрицательных значений ускорения, на 50–60 % превышающим максимум начального ускорения. Для анализа нагрузок интерес представляет начальная фаза разгона (первые 2/3 периода подачи), когда формируется наибольшая нагрузка заклинивания МСХ. Найденные значения инерционных моментов сопротивления в соответствии с полученным законом движения и вычисленными приведенными значениями моментов инерции всех звеньев от обоймы МСХ линии подачи до патрона с заготовкой приведены на рис. 97 как в функции значения подачи (m), так и в зависимости от быстроходности станков. Здесь кривые 1, 2 и 3 характеризуют значения инерционных нагрузок на МСХ при различных значениях быстроходности рабочей клетки. Фактические значения воспринимаемого муфтой свободного хода и крутящего момента выше вычисленных по формулам на 10–15 % в зависимости от точности профилирования кулачка, значений момента холостого хода и динамических составляющих упругих колебаний системы. Таким образом, крутящий момент от инерционных нагрузок, действующий на МСХ, уже при значениях подачи около 16 мм за цикл превышает 5 кНм при частоте движения клетки около 100 дв.ход/мин. Допустимая нагрузка для муфты свободного хода может быть определена по следующему выражению:

$$T = \frac{z_p D_o d_p l_p \sigma_H^2 P \sin(\alpha_p/2)}{15026,26}, \quad (4.10)$$

Рис. 97. Крутящий момент на муфте свободного хода:

1 — 60 дв. ход/мин; 2 — 90 дв. ход/мин; 3 — 100 дв. ход/мин



где σ_{HR} — допустимые контактные напряжения, значение которых можно принять 1800 МПа; z_p, d_p, l_p — число, диаметр и длина роликов соответственно, мм; D_o — диаметр обоймы, мм; α_p — угол заклинивания (для МСХ станов ХПТ принят $6^\circ 50'$).

Предельные моменты для муфт свободного хода с пятью и шестью роликами станов ХПТ соответственно имеют значения 3,9 и 4,7 кНм.

Оценочным показателем работоспособности МСХ может быть вероятность неразрушения контактирующих деталей $P(t)$ [20].

Для этого находят квантиль вероятности [20]

$$U_p = \frac{\bar{\sigma}_{HR} - \bar{\sigma}_H - \mu S_R}{\sqrt{(\varepsilon S_R)^2 + S_H^2}}, \quad (4.11)$$

где $\bar{\sigma}_{HR}$ и S_R — среднее значение и среднеквадратическое отклонение разрушающих напряжений (согласно рекомендациям Д.Н.Решетова при $HRC_3 > 60$ $\sigma_{HR} = 1800$ МПа, $S_R = 100$ МПа); μ, ε — параметры положения и рассеивания (для случая $z_p = 5$ можно принять $\mu = 1,129$, $\varepsilon = 0,7$, а для $z_p = 6$ соответственно $\mu = 1,25$, $\varepsilon = 0,65$); $\bar{\sigma}_H, S_H$ — среднее значение и среднеквадратическое отклонение действующих напряжений.

По формуле Герца

$$\bar{\sigma}_H = 0,418 \sqrt{\frac{4IE}{z_p D_o d_p l_p \sin(\alpha_p/2)}};$$

$$S_H = \bar{\sigma}_H S_T / 2T.$$

Для анализа надежности можно принять в качестве S_T одну шестую диапазона значений крутящих моментов для исследуемого стана. И далее, предполагая нормальный закон распределения значений подачи и соответствующих им крутящих моментов, можно установить вероятность неразрушения в соответствии со значениями, приведенными ниже:

$P(t)$	. . . . .	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,99	0,999
U	. . . . .	0	-0,252	-0,524	-0,842	-1,282	-2,326	-3,09

Второй составляющей нагружения периодически подвижных звеньев является усилие снятия трубы с оправки. Оценка предельного значения усилия сцепления рабочего конуса с оправкой $F_{сц}$ может быть получена по формуле В.И.Соколовского [5]

$$F_{сц} = (\mu_T - \beta)k_{ср}h_{ср}l, \quad (4.12)$$

где $k_{ср}$ — среднее значение сопротивления деформации материала прокатываемой трубы; $h_{ср}$ — среднее значение толщины стенки трубы по длине рабочего конуса; l — длина зоны контакта; μ_T , β — коэффициент трения на оправке и конусность ручья.

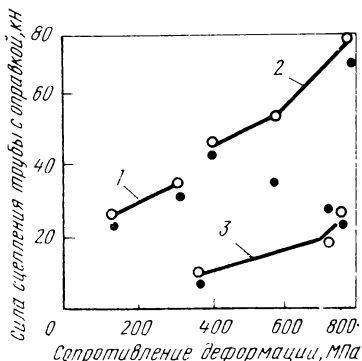
По данным В.И.Соколовского, расчетные значения согласуются с погрешностью, не превышающей 30 %, а с экспериментальными данными. Результаты такого сравнения приведены на рис. 98. По выражению (4.12) силы сцепления независимы от диаметра заготовки и прокатываемой трубы. Точность этих расчетов существенно зависит от фактического значения коэффициента трения, от условий ведения процесса, от возможности частичного схода трубы с оправки в процессе прокатки и др.

Перемещение заготовки на величину подачи относительно удерживаемой оправки возможно лишь после того, как предельное усилие $F_{сц}$, сжимающее заготовку и растягивающее стержень оправки, превысит значение сил сцепления рабочего конуса трубы с оправкой $F_{сц}$.

В результате перемещение трубы по оправке начинается

Рис. 98. Силы сцепления трубы с оправкой в зависимости от толщины стенки:

1 — $h_{ср} = 5,3$; 2 — $h_{ср} = 3,2$; 3 — $h_{ср} = 1,6$; о — теоретические; ● — экспериментальные значения



лишь после достижения равенства между упругими силами в наиболее податливом соединении с силами сцепления $F_{\text{сн}}$ трубы с оправкой. Оценка сил снятия выполняется по известному выражению $F_{\text{сн}} = \Delta_i C_i$, где C_i — наименьшее значение из двух сравниваемых соединений, относящихся к заготовке или оправке.

Коэффициент жесткости соединений оправки $C_{\text{оп}}$ определяется коэффициентами жесткости стержня оправки $C_{\text{ст}}$, резьбового ее соединения со стержнем $C_{\text{р}}$, гребенчатого соединения с плашками устройства удержания оправки $C_{\text{гр}}$,

$$C_{\text{оп}} = \frac{C_{\text{ст}}C_{\text{р}} + C_{\text{ст}}C_{\text{гр}} + C_{\text{р}}C_{\text{гр}}}{C_{\text{гр}}C_{\text{р}}C_{\text{ст}}}. \quad (4.13)$$

Коэффициент жесткости соединения трубы вычисляется по формуле

$$C_{\text{тр}} = \frac{C_{\text{т}}C_{\text{в-г}} + C_{\text{т}}C_{\text{зуб}} + C_{\text{в-г}}C_{\text{зуб}}}{C_{\text{т}}C_{\text{в-г}}C_{\text{зуб}}}. \quad (4.14)$$

Затем находят

$$\Delta_{\text{оп}} = F_{\text{сн}}/C_{\text{оп}}, \quad \Delta_{\text{тр}} = F_{\text{сн}}/C_{\text{тр}}. \quad (4.15)$$

Наибольшее значение ($\Delta_{\text{оп}}$ или $\Delta_{\text{тр}}$) принимают в качестве перемещения совместной системы до момента снятия трубы. Расчеты показывают, что нарастание упругих сил происходит на большей части обрабатываемых перемещений подачи, достигающих 8–10 мм. С учетом зазоров в зацеплениях и в узле соединения стержня оправки с устройством ее удержания совместное перемещение неразомкнутого соединения оправки с заготовкой в ряде случаев соизмеримы со значением установочной величины подачи. В связи с этим часто процесс снятия трубы с оправки происходит во время прокатки при движении клетки вперед по направлению прокатки.

Наиболее точные значения приведенных коэффициентов жесткости могут быть получены экспериментальными измерениями этих показателей при различных возможных значениях диаметров стержней оправок, геометрических размерах прокатываемых труб из различных материалов.

Однако нарастание сил сопротивления снятию заготовки с оправки происходит по монотонно возрастающей зависимости, а его максимальное значение достигается во второй части цикла перемещений. При этом наибольшие значения приведенного момента сопротивлений от сил снятия могут быть оценены по выражению

$$T_{\text{сн}} = 0,5F_{\text{сн}} \frac{\text{tg}(\lambda + \varphi_{\text{T}})}{u} d_2, \quad (4.16)$$

где λ , φ_{T} — углы подъема резьбы и трения для передачи "винт — гайка" ($\lambda = 5^{\circ}10'$; $\varphi_{\text{max}} = 10^{\circ}$ для станов ХПТ); u — передаточное отношение от муфты свободного хода к вращающемуся элементу пары винт — гайка (для станов ХПТ 32, ХПТ 55 $u = 0,287$); d_2 — средний диаметр резьбы.

Так, при усилии снятия $F_{\text{сн}} = 30$ кН значения крутящего момента, приведенного к обойме муфты свободного хода, достигает 1200 Нм, что составляет 20–30 % от наибольшего значения ранее рассмотренных инерционных нагрузок, возникающих в начальной стадии цикла прокатки. Учитывая, что наибольшее значение сил сопротивления снятию трубы с оправки приходится на вторую часть цикла подачи, оценка нагруженности механизма-преобразователя движения, резьбы "винт — гайка" и зубчатых передач механизма подачи и поворота может быть выполнена по известным наибольшим значениям крутящего момента, обусловленного законом изменения ускорений при циклическом движении.

Аналогичная оценка условий нагружения может быть получена и для механизмов подачи других конструкций на основании присущих им законов движения ведомого звена преобразователя равномерного вращения в неравномерное, периодическое. На рис. 99 показан характер изменения инерционного момента, приведенного к кулисе планетарно-гипоциклоидного механизма преобразования (а) и используемого на станах ХПТ (б) [22, 23] по результатам натурных замеров.

Оценка нагруженности и эксплуатационной надежности (на основе сведений о быстроходности конкретного стана, характерных для него значений подач и углов кантовки трубы, динамических параметров передаточных механизмов: ко-

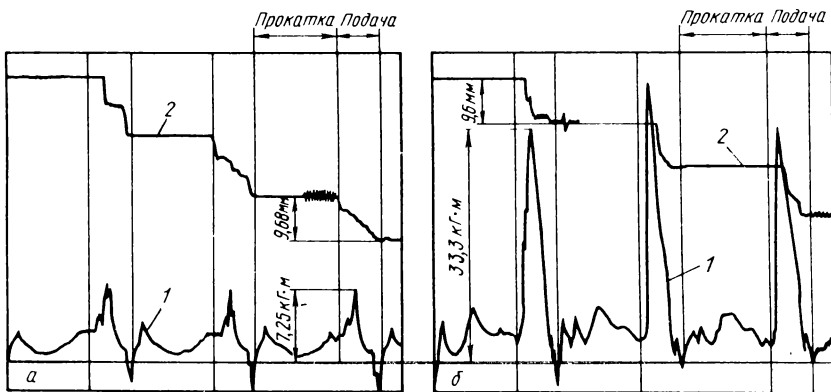


Рис. 99. Экспериментальные значения инерционных моментов планетарно-гипоциклоидного (а) и рычажного (б) механизмов

эффицентов жесткости и моментов инерции периодически вращающихся деталей) позволяет назначать наиболее благоприятные параметры режима эксплуатации и прогнозировать мероприятия по ремонту и обслуживанию механизмов подачи и поворота.

Нагруженность гипоциклоидного механизма

Условия нагружения механизмов циклического действия определяются значениями инерционных масс и ускорений. Оценочный показатель — момент инерции на ведомом звене преобразователя может быть найден по известной зависимости

$$M_{ин} = -\epsilon u^2 I_{пр}, \quad (4.17)$$

где $I_{пр}$ — момент инерции звеньев МПП на участке от ведомого звена преобразователя равномерного движения в неравномерное до исполнительного звена (патрона заготовки), приведенный к патрону; ϵ — угловое ускорение ведомого звена преобразователя движения (кулисы); u — передаточное отношение от исполнительного звена к ведомому звену преобразователя движения

$$u = \theta(\alpha + 1)/2\pi, \quad (4.18)$$

где α — безразмерный параметр зацепления, равный отношению межосевого расстояния планетарной зубчатой передачи к делительному радиусу сателлита; θ — угол поворота винта, соответствующий значению разовой подачи.

Таким образом, при заданных значениях приведенных масс нагруженность механизма подачи заготовки определяется максимальным значением углового ускорения ϵ ведомого звена преобразователя.

Угловое ускорение кулисы гипоциклоидного преобразователя вычисляется по выражению

$$\epsilon = \alpha \lambda \omega_H^2 \frac{(\alpha + 1)^2 (\alpha^2 - \lambda^2) \sin(\alpha + 1) \omega_H t}{[\alpha^2 + \lambda^2 + 2\alpha \lambda \cos(\alpha + 1) \omega_H t]^2} \quad (4.19)$$

Здесь, помимо ранее объясненного безразмерного параметра зацепления α , использованы следующие обозначения: λ — безразмерный параметр эксцентриситета, равный отношению длины кривошипа сателлитной шестерни к ее делительному радиусу; ω_H — угловая скорость водила планетарного механизма.

Графическая зависимость углового ускорения ϵ от безразмерных параметров при угловой скорости водила 1 с^{-1} приведена на рис. 100. Зависимость нагруженности механиз-

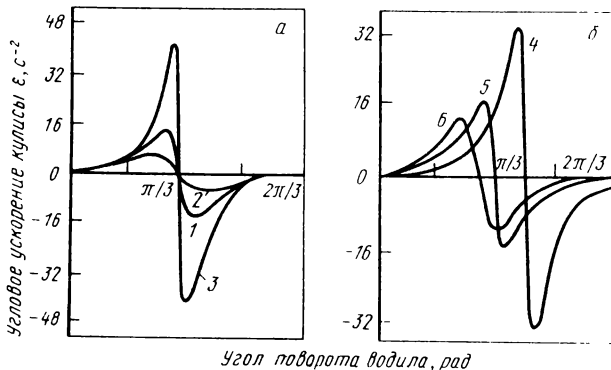


Рис. 100. Угловое ускорение гипоциклоидного преобразователя:
 1 — $\alpha = 2$, $\lambda = 1$; 2 — $\alpha = 2$, $\lambda = 0,7$; 3 — $\alpha = 2$, $\lambda = 1,3$; 4 — $\alpha = 1,5$, $\lambda = 1$; 5 — $\alpha = 2$, $\lambda = 1$; 6 — $\alpha = 2,5$, $\lambda = 1$

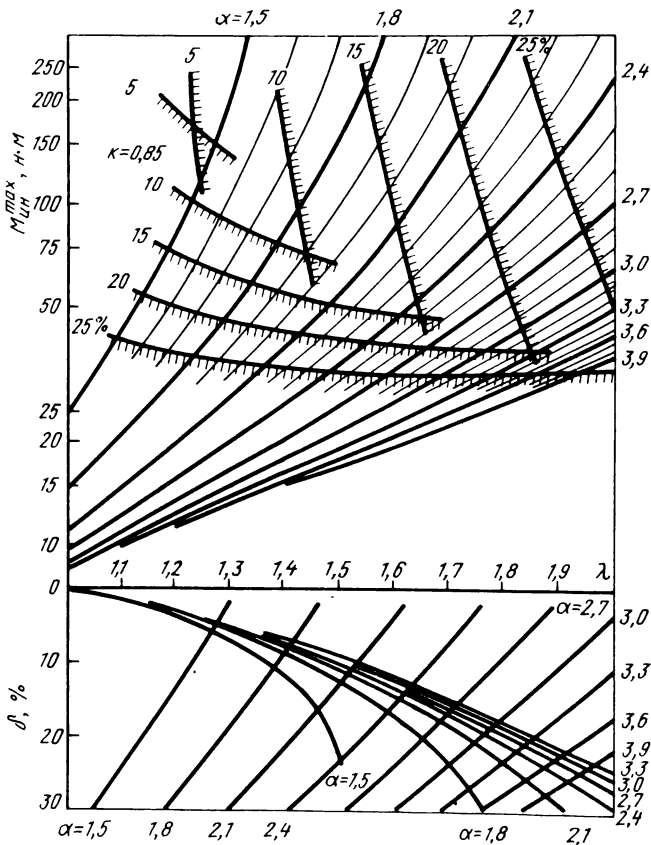


Рис. 101. Номограмма для расчета нагрузок M_m гипоциклоидного механизма

ма подачи от безразмерных параметров приведена на рис. 101.

Вниз от оси λ отложены значения перемещений δ доли от полного перемещения к началу цикла подачи в зависимости от соотношения параметров α и λ (семейство δ) и наибольшая величина возвратного движения δ_1 исполнительного звена (семейство линий β). Вверх от оси λ расположена шкала значений моментов инерции $M_{ин}^{max}$ для единичной массы. На этом графике заштрихованными линиями ограничена область значений, соответствующая заданным "начальным перемещениям" δ и δ_1 , обусловленным технологическими требованиями. Номограмма соответствует случаю, когда время деформации

металла составляет 0,833 от продолжительности цикла движения рабочей клетки, а на выполнение перемещения подачи приходится 0,167 времени этого цикла, наиболее характерная для станков ХПТ.

Точность циклических перемещений заготовки на заданную величину (разовой подачи) в механизмах подачи всех типов существенно зависит от суммарного значения зазоров в кинематических парах на участке от исполнительного органа, т.е. устройства удержания заготовки, до ведущего вала преобразователя движения. При этом по мере износа суммарный зазор достигает 30–50 % от заданного перемещения. Следствием динамического поведения системы привода патрона заготовки при наличии этих зазоров являются повышенные динамические дополнительные нагрузки, определяющие ресурс работы наиболее нагруженных деталей.

Особенностью механизма подачи и поворота гипоциклоидного типа является непрерывное движение ведомого звена преобразователя вращения в пределах зазоров при неподвижном патроне заготовки в течение деформации рабочего конуса прокатываемой трубы. В результате в зависимости от значений варьируемых безразмерных параметров α и λ может быть установлена необходимая величина угла поворота звеньев, соответствующая значениям зазора. На рис. 101 в нижней части номограммы семейство линий δ в функции от параметров α и λ характеризует процентное значение таких перемещений от величины заданной разовой подачи.

Выбор значений параметра $\lambda > 1$ обеспечивает при обжатии трубы возвратно-поступательное движение патрона, совпадающее по направлению с движением рабочей клетки. Наибольшая величина этого перемещения задается значениями тех же безразмерных параметров λ и α и представлена на нижней части номограммы (рис. 101) семейством β . При значениях параметра $\lambda \leq 1$ попятное движение заготовки при возвратном движении клетки не происходит. Задавая значения δ и δ_1 по нижней части номограммы при заданном значении параметра α по верхней ее части, легко установить область значений инерционных нагрузок $M_{ин}$ при допустимых значениях λ , ограниченных границами (заштрихованные линии) допустимых значений. С целью ограничения величины $M_{ин}$ при выбранном значении параметра α рациональное значение λ

соответствует точке пересечения соответствующей α линии из семейства γ с нижней заштрихованной границей. Смещаясь по вертикали в нижнюю область номограммы (при этом же значении λ на первой шкале δ_1), можно найти величину наибольшего угла поворота кулисы в обратном направлении по отношению к ее "рабочему" движению. Это значение может быть оценено по условиям возможного смещения оправки, допустимого зазорами, и продольной устойчивостью его стержня. Отмеченное возвратное движение благоприятно отражается на условиях процесса прокатки при ходе клетки назад на большинство станов малого типоразмера (до ХПТ 90), исключая дефекты стыкования концов труб при закатывании рабочего конуса и снижая технологические усилия прокатки. Для станов большого типоразмера анализ условий процесса требует учета возможных перемещений оправки в пределах зазора в кинематических парах при значительной жесткости стержня оправки большого диаметра.

Таким образом, нагруженность механизма подачи с преобразователем движения гипоциклоидного типа может быть выбрана в зависимости от назначаемых размеров деталей планетарного зубчатого механизма. Отказ от распространенных кинематических условий "жесткого" абсолютного выстоя ведомого узла преобразователя равномерного движения в неравномерное позволяет благодаря исключению мягкого удара, обусловленного скачком ускорений ведомого узла преобразователя, обеспечить снижение нагрузок в механизмах подачи в 2,5–4 раза, что подтверждается многочисленными экспериментальными исследованиями (см. рис. 99, а, б). В результате эксплуатации таких механизмов отмечено двукратное увеличение срока службы гайки подачи с одновременным многократным увеличением продолжительности безотказной работы всех деталей механизма подачи и поворота, практическое отсутствие бросков подачи и значительных колебаний углов поворота заготовки. Нарботка на отказ механизмов подачи и поворота двухниточных станов ХПТ 32 составляет более 6 месяцев, что соответствует двойному межремонтному периоду, принятому повсеместно для других механизмов подачи и поворота станов ХПТ.

*Нагруженность механизма подачи
со стационарным патроном*

Механизм подачи и поворота стационарного типа [10] представляет устройство, совмещающее функции подачи и зажима заготовки. В соответствии с этими двумя назначениями механизм, установленный на стане ХПТ 2-40 (Днепропетровский трубный завод им.В.И.Ленина), структурно содержит две схемы: устройство периодического зажима заготовки с его приводом (рис. 102) и устройство ее периодического поступательного перемещения (рис. 103). Нагруженность устройства удержания заготовки (рис. 102) определяется осевыми усилиями, действующими на прокатываемую трубу и обусловленными в разных стадиях цикла прокатки (распресовкой), снятием рабочего конуса с оправки, осевыми составляющими технологической нагрузки, достигающими 10–15% от величины полного давления от деформации трубы на инструмент.

Захват и удержание заготовки в призматических плашках осуществляется за счет сил трения, значения которых следует выбирать с заданным коэффициентом запаса надежности сцепления по отношению к осевым технологическим нагрузкам F_S . Отсюда необходимое усилие F_N (рис. 104) сжатия призматических плашек определяется выражением

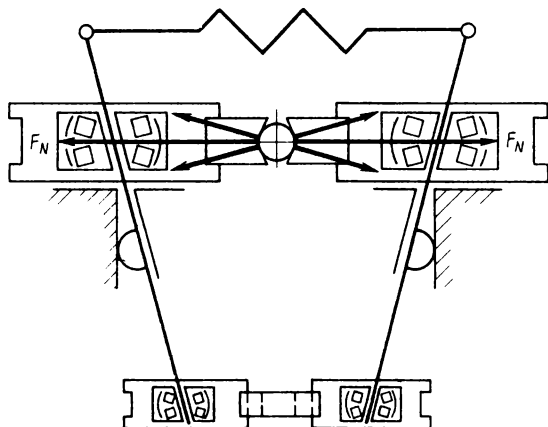


Рис. 102. Устройство периодического зажима заготовки

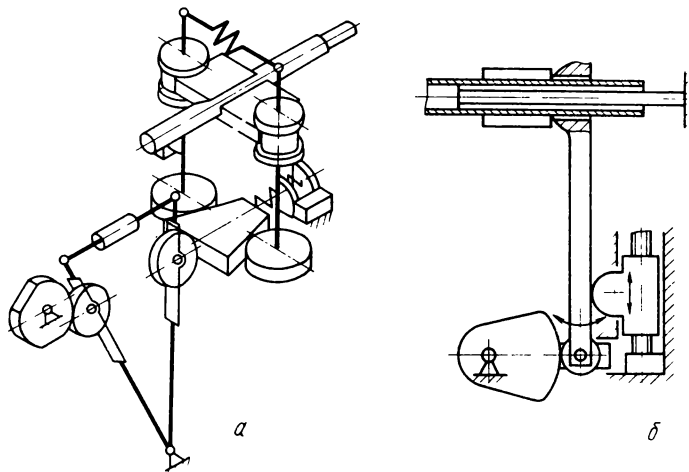


Рис. 103. Механизм периодического поступательного движения заготовки

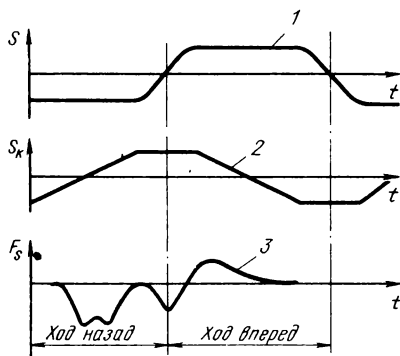
$$F_N = F_S \frac{K \cos \alpha}{2f}, \quad (4.20)$$

где F_S — усилие, действующее на заготовку вдоль ее оси; K — коэффициент запаса надежности сцепления трубы с поверхностью призматических плашек; α — угол наклона контактных поверхностей плашек (схвата); f — коэффициент сцепления плашек с заготовкой.

Из этого выражения следует, что усилие сжатия плашек F_N примерно в 5 раз превышает осевые нагрузки F_S , действующие на заготовку. Для стана ХПТ 2-40 их значение должно достигать 200 кН. Полученная сила F_N является исходной для нахождения нагрузок, действующих циклически на подшипники прижимных катков, плашки и клин, управляющий процессом зажатия; для расчета осей, несущих катки, и их опорных поверхностей; для силового и прочностного расчета кулачкового устройства перемещения клина и выбора параметров возвратной пружины клина. Последняя характеристика определяет надежность возврата клина и оттормаживания плашек.

Согласно циклограмме работы устройств удержания заготовки (рис. 104) и ее циклического перемещения подача трубы сопровождается действием сжимающих плашки усилий

Рис. 104. Циклограмма работы механизма со стационарным патроном:
 1 — закон перемещения толкателя заготовки устройства подачи; 2 — закон перемещения толкателя зажима заготовки; 3 — вероятный закон изменения сил сопротивления перемещению заготовки



F_N . Эти силы определяют сопротивление перекачиванию катков, которые в сумме с осевой технологической нагрузкой F_S и динамическими составляющими на толкателе кулачкового механизма определяют нагрузки на привод толкателя устройства подачи F_K . В результате

$$F_K = F_S m/l; \quad m/l = l_1/l_2, \quad (4.21)$$

где F_K — нормальное давление кулачка на ролик коромысла-толкателя; l — линейное перемещение ролика толкателя (разность радиусов участков выстоя кулачкового механизма: для стана ХПТ 2-40; $l = 40$ мм); F_S — результирующая осевая сила сопротивления повороту толкателя; m — заданное значение разовой подачи.

Результирующая осевая сила

$$F_\Sigma = F_S + F_c + F_{\text{дин}} + F_{\text{п}},$$

где F_c — сила сопротивления перекачиванию призматических плашек по каткам и катков по осям и опорной плоскости.

$$F_c = K_p F_N \frac{\mu d_k + \mu_1 d_{1k} + 2f}{D_k}, \quad (4.22)$$

где K_p — коэффициент дополнительных сопротивлений на ребрах катков ($K_p \approx 2,5$); μ , μ_1 — коэффициенты трения качения в подшипниках катков и упорных роликов ($\mu \approx \mu_1 \approx 0,02$); d_k , d_{1k} — диаметры беговой дорожки подшипников катка: радиального и упорного соответственно;

f — коэффициент трения качения по линейкам ($f = 0,8$) при использовании насечки; D_k — диаметр катков.

Указанные значения коэффициентов трения дают величину силы сопротивления перекатыванию, составляющую около 20 % от внешней технологической нагрузки. Динамическая составляющая нагружения $F_{\text{дин}}$ зависит от профиля переходной кривой от участка выстоя толкателя, соответствующего постоянному радиусу кулачка, к участку его перемещения. При этом $F_{\text{дин}} = mW$, где m — масса присоединенных к толкателю частей, включая прокатываемую трубу; W — ускорение перемещения толкателя.

Задаваясь соотношением ускорения $W_1/W_2 = k_w$ при подъеме и опускании толкателя получим их значения

$$W_1 = \frac{2h(k_w + 1)\omega^2}{\varphi_1^2}; \quad W_2 = \frac{2h(k_w + 1)\omega^2}{k_w\varphi_1^2},$$

где h — величина полного хода толкателя; k_w — соотношение ускорений подъема и опускания толкателя; φ_1 — угол поворота кулачка, соответствующий периоду подъема толкателя; ω — угловая скорость кулачка.

С целью исключения жестких ударов, сопровождаемых значительными динамическими нагрузками, может быть принят профиль кулачка, соответствующий переменному закону изменения скорости толкателя. Простейшим вариантом является равнопеременное движение, соответствующее параболическому профилю кулачка. При этом скачок ускорения на переходных участках имеет ограниченное значение, снижая силы соударения. Решение задачи о выборе оптимального профиля кулачка представлено в работе [6].

Результирующая сила сопротивления перемещению заготовки в 1,3–1,5 раз превышает значение технологического осевого усилия, а затрачиваемый момент для привода во вращение кулачковых механизмов составляет 3–5 кНм.

Эксплуатационная надежность

Для технологического оборудования, к которому относятся станы холодной прокатки труб, критериями работоспособности являются: производительность, экономичность и вы-

ходная точность. Именно эти показатели зависят от частоты отказов и продолжительности восстановления станом. Основным обобщенным критерием работы оборудования является надежность, т.е. его способность сохранять во времени в установленных пределах все параметры, обеспечивающие выполнение требуемых функций в заданных условиях эксплуатации.

Организация, систематизация и регулярный анализ показателей эксплуатационной надежности являются основой целенаправленного планирования маршрутов прокатки и режимов работы станом по условию максимального объема месячного выпуска труб, позволяют обеспечить восстановительные работы необходимым количеством предварительно собранных узлов и подготовленных запасных деталей для выполнения ремонтов в кратчайшие сроки, выявить систематические дефекты конкретного стана, не характерные для других аналогичных конструкций, и устранить их, выявить слабые места для дальнейшего их совершенствования по всей гамме однотипного оборудования. Результаты такого анализа являются основой определения необходимого ремонтного штата и состава оборудования. Отбор определяющих показателей надежности для станом холодной прокатки является основой процесса автоматизированного проектирования их обслуживания на базе оперативной информации с применением вычислительной техники.

С позиций надежности станы ХПТ относятся к последовательным системам, включающим однотипную группу исполнительных механизмов, отказ, т.е. частичная или полная утрата работоспособности любого из которых приводит к отказу стана. Система ХПТ включает главный привод, рабочую линию, МПП, патроны, механизм сопряжения трубы с оправкой, приемный стол и стол выдачи. Каждая из основных структурных в свою очередь имеет внутреннюю единую функциональную подсистему. Так, подсистема МПП включает механизм синхронизации с приводом клетки, механизм изменения подачи, преобразователи равномерного вращения в периодическое и периодического — в поступательное. Общие системные признаки присущи и остальным единицам. Структурный анализ позволяет установить закон нагружения и его определение, как с учетом кинематики и динамики устройств, так и показателей их случайного распределения. Учитывая,

что работоспособность отдельных деталей определяется критериями прочности, жесткости, износостойкости и точности, выполнение расчетов может быть сведено к сопоставлению расчетных показателей вышеперечисленных критериев с их предельными или допускаемыми значениями с учетом коэффициентов безопасности и наработки. При экспериментально установленном малом разбросе значений внешних, технологических нагрузок от цикла к циклу прокатки заданного маршрута, статистический учет распределения нагрузок определяется при исправном состоянии всех устройств системы стана разнообразием размеров и материалов прокатываемых труб. Таким образом, расчетное определение показателей надежности требует накопленных расчетных и экспериментальных сведений как о зависимости значений нагрузки от принятых технологических режимов, так и анализа портфеля заказов, определяющего его распределение по конкретным станам.

Упорядоченный сбор этих сведений в виде специальных таблиц и является фактическим материалом для успешной эксплуатации и обслуживания станов. Кроме того, достоверность планирования современных ремонтов поддерживается методикой учета накопления усталостных повреждений в деталях в функции от наработки, которую для станов ХПТ периодического действия следует учитывать в виде суммарного числа циклов деформации. При известных значениях абсолютного смещения, в виде произведения коэффициента вытяжки на величину подачи число циклов нагружения Δn определяется объемом партии прокатываемых труб каждого маршрута, задаваемого в метропроходах. Тогда вероятность распределения наибольших значений нагрузки и ее плотность, которые обозначим $P(F)$ и $f(F)$ соответственно, связаны следующим выражением

$$f(F) = P(F)/\Delta n. \quad (4.23)$$

Поскольку различные сочетания технологических исходных параметров (коэффициента вытяжки, предела текучести или прочности прокатываемого материала, назначенной величины разовой подачи, геометрических размеров заготовки и готовой трубы) могут дать одинаковые значения результирующей внешней нагрузки (усилий и моментов прокатки), то при

анализе выборки суммарное число циклов или накопленного числа двойных ходов клетки следует соотносить не с конкретными маршрутами прокатки, а с соответствующими одинаковыми значениями полученной нагрузки в виде таблиц, гистограммы или законов распределения. Показатели нагружения каждого стана в зависимости от числа циклов за длительный календарный период времени позволяют расчетным путем установить надежность работы и, сравнивая ее с картиной отказов, выявить пути рационального процесса эксплуатации. Подобная гистограмма, используемая для оценки долговечности подшипников рабочих валков, приведена на рис. 89. Найденные нагрузки определяют износный или усталостный характер разрушения деталей исполнительных механизмов, который может быть аппроксимирован одним из характерных законов распределения. Подробно расчеты надежности деталей машин отдельных групп (соединений с натягом, зубчатых передач, валов, роликовых обгонных муфт и др.) обстоятельно рассмотрены в работе [20].

Наряду с постоянными отказами, обусловленными процессами усталостного и износного характера разрушений деталей и механизмов, станам ХПТ свойственны и внезапные отказы, определяющие надежность в период нормальной, с точки зрения состояния деталей, эксплуатации. Характерными инициаторами последних могут быть поломка конической оправки или прокатного валка, вызывающие многократное превышение нагрузок по сравнению с технологическими, непредвиденный наезд патрона заготовки на упор при отказе конечных выключателей, непредвиденное нагружение деталей рабочей клетки, вызванное стыкованием концов тонкостенных труб на оправке, и ряд других. Эти отказы вызывают неблагоприятные комбинации различных неучитываемых факторов и имеют постоянную интенсивность, не зависящую от предыстории и накопления дефектов разрушения. Здесь под интенсивностью понимается величина, обратная наработке на отказ. Для такого случая вероятность безотказной работы, т.е. вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникает, определится экспоненциальным законом распределения времени безотказной работы

$$P_B(t) = e^{-\lambda t}. \quad (4.24)$$

Плотность распределения $f(t)$, т.е. производная от функции распределения по времени в этом случае имеет вид:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (4.25)$$

Ниже приведены значения вероятности безотказной работы и плотности распределения для экспоненциального закона:

λt	. . . . . 4	0,1	0,01	0,001	0,0001
$P_B(t)$	0,368	0,9	0,99	0,999	0,9999

Средняя наработка до отказа может быть установлена по данным цехового журнала по сумме отрезков времени между восстановлениями t_i изделия и числу отказов N . Тогда интенсивность отказов

$$\lambda = N / \sum t_i. \quad (4.26)$$

Совместное действие внезапных и постепенных отказов на период t может быть найдено по теореме умножения вероятностей.

$$P(t) = P_B(t)P_{\Pi}(t).$$

Тогда для последовательной системы, которой соответствует стан ХПТ, выражение для вероятности безотказной работы примет вид

$$P(t) = e^{-t\Sigma\lambda} \frac{P_{\Pi i}(T + t)}{P_{\Pi i}(T)}, \quad (4.27)$$

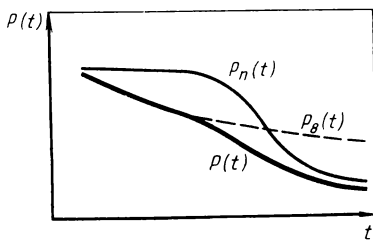
где T — начальное значение времени анализа отказов; i — номер исполнительного механизма.

Графическое изображение вероятности безотказной работы при совместном действии внезапных и постепенных отказов $P(t)$ приведено на рис. 105.

Для восстанавливаемых изделий характеристикой среднего числа отказов, ожидаемых в ограниченном интервале наработки, является поток отказов $\Lambda(t)$

$$\Lambda(t) = \overline{\Delta m(t)} / \Delta t,$$

Рис. 105. Вероятность безотказной работы при совместном действии внезапных отказов



где $\overline{\Delta m}(t)$ — приращение среднего числа отказов, соответствующее наработке Δt (от момента t до момента $t + \Delta t$).

При совместном действии внезапных и постепенных отказов параметры потоков отказов суммируются. Суммируются параметры потока отказов и для всей системы исполнительных механизмов. Таким образом, по известным потокам отказов отдельных механизмов системы может быть определена средняя наработка между отказами для всего стана ХПТ

$$\overline{T} = \frac{1}{\sum_{i=1}^k 1/T_i}, \quad (4.28)$$

и вероятность безотказной работы стана

$$P(t) = e^{-t \sum \Lambda_i}. \quad (4.29)$$

Основными характеристиками надежности являются показатели ремонтпригодности и сохраняемости. Из них комплексным показателем, определяющим производительность стана, является коэффициент технического использования $K_{Т.И}$

$$K_{Т.И} = \frac{\sum_{j=1}^l t_p}{\sum_{j=1}^l t_p + \sum_{j=1}^l t_{\Pi}}, \quad (4.30)$$

где $\sum_{j=1}^l t_p$ — наработка; $\sum_{j=1}^l t_{\Pi}$ — продолжительность простоев, вызванных отказами или профилактическими ремонтами, а также другими причинами; j — порядковый номер отказа.

Общая продолжительность простоев складывается из времени, затрачиваемого на устранение простоев, вызванных ремонтом механической части $t_{\text{мех}}$, технологическими причинами $t_{\text{тех}}$, вызванных ремонтом электрической части $t_{\text{эл}}$, времени организационных простоев $t_{\text{орг}}$ из-за отсутствия заготовки, электроэнергии, инструмента, рабочих и т.д. Согласно работе [19], в среднем коэффициент технического использования станов ХПТ составляет 0,6.

Более полную картину простоев дают частные значения коэффициентов дифференцированно по отдельным видам временных потерь. Доля задержки в работе оборудования определяется коэффициентом $K_{\text{мех}}$

$$K_{\text{мех}} = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_{\text{мех}}}, \quad (4.31)$$

где $t_{\text{мех}}$ — время на устранение простоев, вызванное ремонтом механической части; $t_{\text{раб}}$ — фактическое время наработки. По данным работы [19], среднее значение этого показателя 0,78 для станов ХПТ.

Однако как коэффициент технического использования, так и коэффициент надежности по механической части могут существенно отличаться для конкретных станов как в одну, так и в другую сторону в зависимости от планирования маршрутов при избирательной загрузке станов, фактически имеющей место как в пределах предприятия в целом, так и в рамках отдельного участка. Поэтому достоверная характеристика требует численных данных дифференцированно, по крайней мере, в зависимости от номенклатуры цеха. Определение коэффициента надежности по механической части для каждого из станов участка на основании сведений, выбранных из вахтенного журнала ремонтной службы, позволяет оценить рациональность его нагруженности и быстроходности. При идентичности этих показателей, связанных только с технологическими простоями, и различии значений $K_{\text{мех}}$ для станов одной группы необходимо дифференцированное рассмотрение отказов по отдельным исполнительным механизмам и их структурным единицам. Оценочным показателем такого анализа является коэффициент отказов K_0 и коэффициент простоев $K_{\text{п.о}}$. Коэффициент отказов показывает, какая доля из них приходится на отдельные механизмы

$$K_o = \frac{n_i}{n} 100 \%, \quad (4.32)$$

где n и n_1 — общее число отказов и число отказов отдельных устройств соответственно.

Полученные значения K_o позволяют выделить наиболее уязвимые места стана, а затем — установить слабое звено, позволив выработать меры по устранению причин отказов.

Общие сведения о частоте отказов отдельных исполнительных механизмов не позволяет найти еще их влияния на производительность стана. Для последовательной системы требуется дополнительная оценка интервалов в работе оборудования, необходимых для восстановления работоспособности каждого из составляющих механизмов. Так, если замена подшипника при наличии заведомо собранного резервного узла требует времени лишь для демонтажа отказавшего и установки резервного узла, то восстановление изношенного элемента несъемной станины многократно увеличивает время простоя стана. Продолжительность восстановления также определяется труднодоступностью детали, вышедшей из строя, степенью влияния ее поломки на сопряженные детали, т.е. степенью ответственности (табл. 38). Коэффициент простоев определяется соотношением

$$K_{п.о} = \frac{t_{пi}}{t_{п}} 100 \%, \quad (4.33)$$

где $t_{п}$ и $t_{пi}$ — общее время простоев из-за механических неисправностей стана в целом и отдельного его механизма соответственно.

Т а б л и ц а 38. Характеристика надежности механизмов ХТП

Наименование механизма	Число отказов	$K_o, \%$	Общее время восстановления	$K_{п.о}, \%$
Рабочая клеть	262	15,98	945	30,82
Механизм подачи и поворота совместно с трансмиссией поворота	626	49,42	1090	35,43
Линия главного привода	87	5,31	375	12,21
Патронная группа (патрон заготовки, каретка стержня, передний патрон)	502	29,07	655	21,54

Глава 5. КРИТЕРИИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ СТАНОВ ХПТ

Важным в создании научно обоснованной системы технического обслуживания и ремонтов (ТО и Р) тяжело нагруженных машин является регламентация зазоров в их кинематических парах. Определяющим при назначении плановых ремонтов станов холодной прокатки труб является износ и состояние рабочих валков, износ направляющих ходовой части рабочей клетки, износ деталей в кинематических парах рабочей линии. В процессе работы стана происходит неравномерный износ подошвы рабочих валков, реек и шестерен привода. Подбиваются подушки и опорные плоскости вертикальных стоек станин рабочей клетки. С износом направляющих рабочая клетка смещается с оси прокатки. Все это приводит к снижению точности прокатываемых труб. Увеличение зазоров в кинематических парах главного привода ведет к возрастанию нагрузок на его детали. Причем динамические нагрузки зависят не только от величины зазоров и быстроходности, но и от сортамента прокатываемых труб и конструкции узлов рабочей линии стана.

Важными факторами, которые определяют состояние рабо-

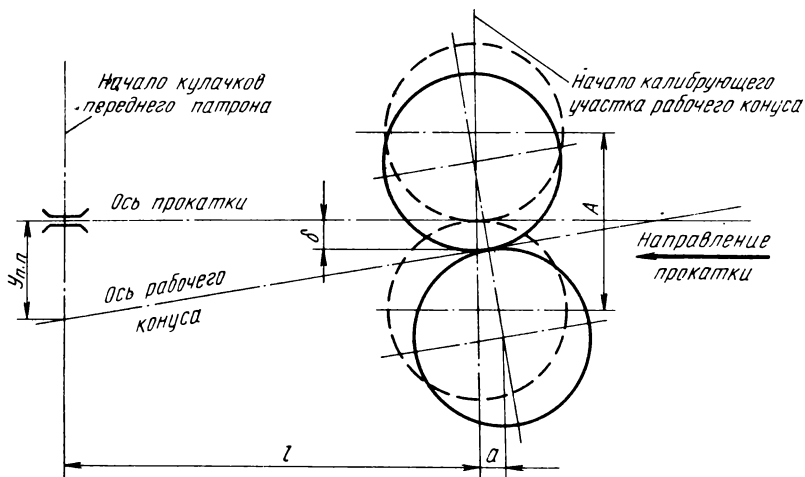


Рис. 106. Схема взаимного смещения валков

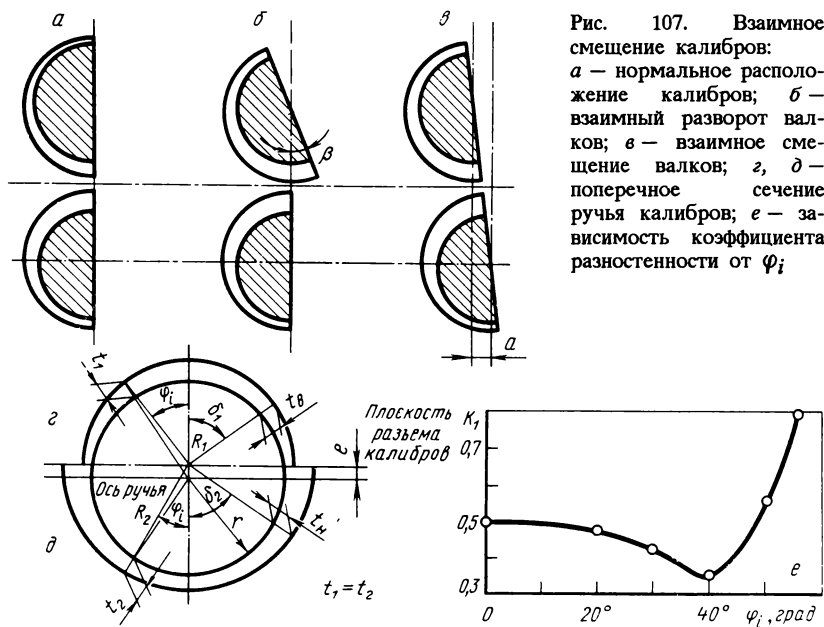
чих валков и могут быть исправлены лишь при ремонте, являются:

отклонение оси ручья калибров от оси прокатки — несоосность валков и переднего патрона (рис. 106);

разворот одного валка относительно другого при неизменной параллельности их осей — взаимный разворот (рис. 107, а, б);

смещение одного валка относительно другого в направлении оси прокатки (взаимное смещение) (рис. 107, в).

Опыт эксплуатации станов холодной прокатки труб свидетельствует о том, что взаимный разворот валков может достигать 0,02 рад., взаимное смещение валков 2 мм, отклонение оси ручья калибров с оси прокатки 3—4 мм. Отсутствие обоснованных критериев затрудняет деятельность эксплуатационного персонала, приводит к простоям, связанным с дополнительными разборками и сборками оборудования, увеличивает время настройки стана. Таким образом, возникает необходимость в нахождении количественных зависимостей между точностью сборки валков и установки их относительно оси прокатки и точностью размеров прокатываемых



трубы, которая характеризуется отклонениями наружного диаметра и толщины стенки и прямолинейностью продольной оси. При решении задачи будем определять величину дополнительных отклонений (толщины стенки, непрямолинейности оси трубы), обусловленных изменением расположения валков и оси прокатки.

1. Влияние смещения валков на разностенность труб

Формирование стенки готовой трубы производится в предделочном участке, где конусность калибров приближается к конусности оправки. Взаимный разворот одного валка относительно другого приводит к тому, что глубина ручьев верхнего и нижнего калибров будет различной (рис. 107, з):

для верхнего валка

$$R_{\text{в}} = R_z - \rho_{\text{ш}}\beta\gamma; \quad (5.1)$$

для нижнего валка

$$R_{\text{н}} = R_z,$$

где $\rho_{\text{ш}}$ — радиус ведущей шестерни валка; γ — угол наклона касательной к кривой профиля гребня в рассматриваемом сечении; β — угол взаимного разворота валков.

Разница в радиусе валков для станов средних типоразмеров при конусности оправки $2tg\alpha = 0,01 \div 0,06$ [1] и взаимном развороте $\beta \leq 0,02$ рад не превосходит 0,07%. Поэтому она не окажет значительного влияния на изменение средней толщины стенки трубы в верхнем и нижнем калибрах. Прокатка в некруглых калибрах приведет к тому, что равные толщины стенок в нижнем и верхнем калибрах будут лишь в двух симметричных точках $\varphi = \pm\varphi_i$.

Тогда выражение для разностенности*, определяемой некруглостью калибра, имеет вид:

*Л.А.Кондратов. Исследование влияния зазоров в кинематических парах станов ХПТ на условиях их работы. Дис. канд. техн. наук. Свердловск. 1973.

$$\Delta t_{\beta} = K_{1t} \beta \gamma \rho_{\text{ш}}, \quad (5.2)$$

где K_{1t} — коэффициент разностенности, определяемый некруглостью калибров.

Значение K_{1t} нелинейно, зависит от положения равных стенок (φ_i) (рис. 107, *e*). Основываясь на исследованиях В.И.Соколовского [5], можно считать, что равные обжатия по стенке не выйдут из области $0 < \varphi_i < 30^\circ$, что позволяет принять $K_{1t} = 0,45$.

Таким образом, наведенная разностенность с учетом взаимного разворота валков определяется выражением

$$\Delta t = \Delta t_0 + K_{1t} \beta \gamma \rho_{\text{ш}}, \quad (5.3)$$

где Δt_0 — наведенная разностенность (рис. 108) [24].

Средняя толщина стенки после взаимного разворота валков (без изменения остальных элементов настройки) может быть определена из выражения

$$t_{\text{срв}} = R_z - \frac{\rho_{\text{ш}} \beta \gamma}{2} - r. \quad (5.4)$$

Для определения влияния взаимного разворота валков на качество труб была проведена опытная прокатка на стане ХПТ 55 по маршруту $57 \times 4 \rightarrow 25 \times 2$. Разворот валков относительно друг друга менялся в пределах от 0 до $0,022$ рад. Положение оправки и расстояние между валками было неизменным. В качестве заготовки использовались холоднотянутые отожженные трубы.

Исследованиями Г.И.Хаустова установлено, что в процессе холодной прокатки происходит устранение симметричной

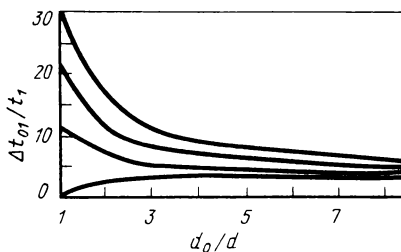


Рис. 108. Изменение разностенности труб в зависимости от обжатия трубы по диаметру [24]

разностенности, снижение эксцентричной ее составляющей за счет обжатия по диаметру и наведение новой разностенности, свойственной данному процессу. Поэтому с целью исключения влияния эксцентричной разностенности заготовки при определении влияния настройки валков на величину наведенной разностенности применялась следующая методика измерений. От партии труб из стали 20, прокатанных по маршруту $57 \times 4 \rightarrow 25 \times 2$, отбирались образцы длиной 400 мм и производились измерения стенки по двум образующим вдоль трубы через 10 мм. Наведенная разностенность определялась как разность между наибольшим и наименьшим значениями толщины стенки для каждой образующей в отдельности. Данные измерения приведены на рис. 109. Типичные профилограммы представлены на рис. 110.

Статистическая обработка результатов замеров толщины стенки позволила установить корреляционную зависимость между взаимным разворотом валков и наведенной разностенностью (Δt_{β})

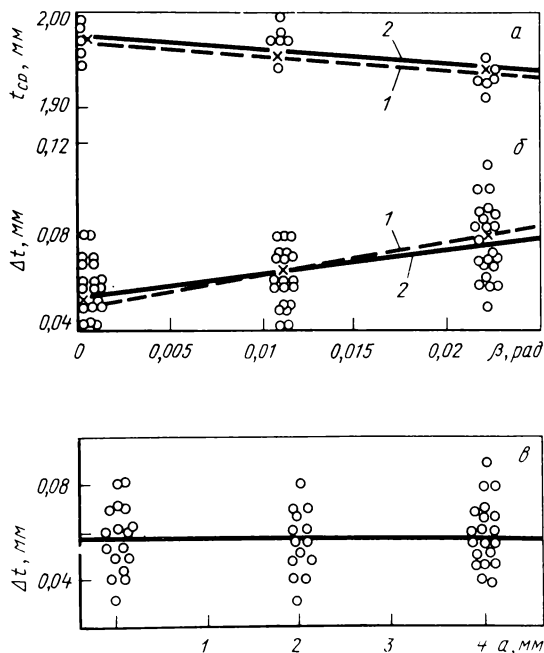
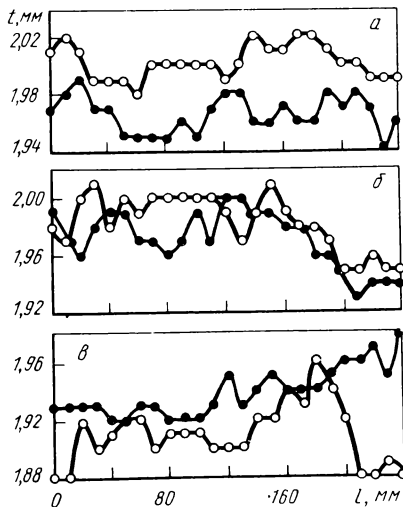


Рис. 109. Изменение средней толщины стенки (а), наведенной разностенности (б) в зависимости от взаимного разворота валков; наведенной разностенности от взаимного смещения валков (в): 1 — расчет (×); 2 — эксперимент (°)

Рис. 110. Изменение стенки труб 25×2 мм, сталь 20 в продольных сечениях с ростом взаимного разворота валков: $\beta = 0$ (а); $\beta = 0,011$ рад (б); $\beta = 0,022$ рад (в); · — замеры в плоскости гребня; о — замеры в плоскости выпусков



$$\Delta t_{\beta} = 0,918\beta + 0,055 \text{ мм.} \quad (5.5)$$

По коэффициенту корреляции $r = 0,55$ и величина выборки $N = 85$ была определена доверительная зона коэффициента корреляции при $\alpha = 0,05$. Она находится в области 0,44–0,65.

Средняя толщина стенки, определяемая по результатам измерений образца в восьми точках по периметру с обоих концов, приведена на рис. 109, а. Прокатка проводилась при неизменной настройке стана, поэтому можно было наблюдать уменьшение средней толщины стенки; экспериментальная кривая близка к расчетной.

Опытная прокатка при взаимном смещении валков, замеры разностенности по методике, указанной выше (рис. 109, в), статистическая обработка результатов (табл. 39) позволили установить, что смещение одного валка относительно другого в направлении оси прокатки в пределах $0 < a/A < 0,01$ без их взаимного разворота не влияет на точность труб по стенке.

Для оценки правильности методики замеров результаты наших опытов, проведенных без смещения валков, сопоставлялись с опытами Г.И.Хаустова [24, 25]. Достижимая разностенность при изготовлении труб по маршруту $57 \times 4 \rightarrow 25 \times 2$ составляет 2,5% — при прокатке заготовки с нулевой раз-

Т а б л и ц а 39. Разностенность труб от смещения валков

Опыт	Величина смещения a , мм	Число замеров	Средняя арифметическая Δ_i , мм	Выборочная дисперсия D , мм ²	Критерий существенности (при уровне 0,05)	
					табличный	фактический
1	0	30	0,0564	0,000162	—	—
4	2	24	0,0551	0,000144	1,89	1,13
5	4	26	0,0607	0,000151	1,85	1,07

ностенностью; 6% — при прокатке заготовки с эксцентричной разностенностью 11% (см. рис. 108). В данном эксперименте продольная (наведенная) разностенность составила 2–4%, общая разностенность — 6,5%. Сходность опытов следует признать удовлетворительной.

Определение допустимой величины взаимного разворота валков в конце межремонтного периода может быть произведено из условий, приведенных ниже:

1. Глубина ручьев калибров выполняется по данным работы [1] с отклонениями, не превышающими $\pm 0,05$ мм для станков ХПТ 32; $\pm 0,08$ мм — для станков ХПТ 55, ХПТ 75 мм от расчетной величины. На основании длительного опыта эксплуатации станков ХПТ можно сделать вывод, что точность труб определяется следующими основными факторами — точностью изготовления инструмента, качеством настройки стана, состоянием оборудования, качеством заготовки. Из этого условия можно считать, что разница в глубине ручьев, вызванная взаимным разворотом валков, не должна превосходить 25% этого допуска.

Допустимый разворот валков ($\beta_{и}$) из указанного условия определится

$$\beta_{и} = \frac{0,25\Delta_{и}}{\rho_{ш}\gamma_{п}}, \quad (5.6)$$

где $\Delta_{и}$ — поле допуска на изготовление калибров по глубине; $\gamma_{п}$ — угол наклона касательной к кривой профиля гребня в протоделочном участке.

2. Исследования Г.И.Хаустова [24] показали, что достижимой обычными методами холодной прокатки является разностенность 4%. Взаимный разворот валков ($\beta_{т}$) не должен увеличивать ее более чем на четверть, т.е. с 4 до 5%

Т а б л и ц а 40. Определение допустимого взаимного разворота валков

Размер трубы, мм	Точность ручья ка- либра, мм	Уклон гребня калибра в предотделочном участке $\gamma_{\text{П}}$	Наведенная раз- ностенность (1, % $\Delta M_{\text{Ф}}$, мм	Допустимый разворот при различных условиях			Расчетная ве- личина допусти- мого разворота β_{min} , рад					
				$\beta_{\text{н}}$, рад	$\delta_{\text{Т}}$, рад	$\beta_{\text{р}}$, рад						
20X1	0,10	0,01	0,01	<i>XIII 32</i>			0,016	0,018	0,016	0,018		
20X1	0,10	0,02	0,01				0,018	0,008	0,009	0,009	0,008	0,008
25X2	0,10	0,01	0,02				0,018	0,036	0,018	0,018	0,018	0,018
25X2	0,10	0,02	0,02				0,009	0,018	0,009	0,009	0,009	0,009
25X2	0,16	0,01	0,02	<i>XIII 55</i>			0,025	0,014	0,025	0,014		
25X2	0,16	0,02	0,02				0,023	0,013	0,011	0,007	0,007	0,007
32X4	0,16	0,01	0,04				0,023	0,051	0,023	0,014	0,014	0,014
32X4	0,16	0,02	0,04				0,011	0,025	0,011	0,007	0,007	0,007
32X2	0,16	0,01	0,02	<i>XIII 75</i>			0,020	0,012	0,022	0,012		
32X2	0,16	0,02	0,02				0,020	0,011	0,010	0,006	0,006	0,006
50X1	0,16	0,01	0,01				0,020	0,011	0,020	0,012	0,011	0,011
50X1	0,16	0,02	0,01				0,010	0,005	0,010	0,006	0,006	0,005
42X5	0,16	0,01	0,05				0,020	0,055	0,020	0,012	0,012	0,012
42X5	0,16	0,02	0,05	0,010	0,028	0,010	0,006	0,006	0,006			

$$\beta_T = \frac{\Delta t_p}{0,45\rho_{ш}\gamma_p} \cdot \quad (5.7)$$

3. Уменьшение развалки в предотделочном участке за счет взаимного разворота валков не должно превышать 25 % от величины $C_p = 0,2$ мм, учитывающей износ ручья и неточность изготовления инструмента [1]. Допустимый взаимный разворот (β_p) при этом составит

$$\beta_p \leq \frac{0,25C_p}{2\rho_{ш}\gamma_{II}} \cdot \quad (5.8)$$

Расчетные данные допустимого разворота валков при прокатке по различным маршрутам на станах средних типоразмеров приведены в табл. 40.

Как видно из табл. 40 и зависимостей, применение оправок с большей конусностью повышает требование к точности состояния валков по их взаимному развороту, особенно для станов ХПТ 75. При прокатке тонкостенных труб допуск на взаимный разворот также ужесточается.

Для практического пользования можно рекомендовать в качестве предельно допустимой величины взаимного разворота валков $\beta \leq 0,008$ рад. Однако при прокатке тонкостенных труб величина допустимого разворота валков должна быть снижена до $\beta \leq 0,005$ рад.

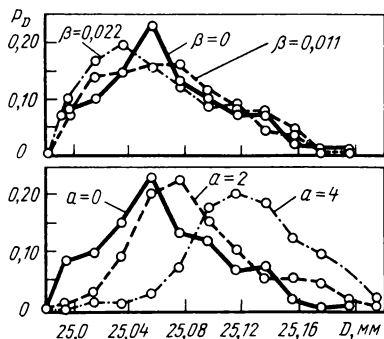
На основании опыта эксплуатации оборудования установлена норма точности сборки валков по их взаимному развороту: $\beta = 0,002$ рад.

Приведенные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что взаимное смещение валков в пределах $a/A = 0,01$ не оказывает влияния на точность прокатываемых труб по стенке.

2. Смещение валков и точность труб по диаметру

Анализ геометрических зависимостей формообразования трубы по диаметру [5] свидетельствует о том, что при взаимном развороте и взаимном смещении валков при их износе дополнительных отклонений от круглости ручья в калибрующем участке не происходит. Для подтверждения этого положения

Рис. 111. Кривые распределения диаметров трубы:
 a — при взаимном развороте валков (β , рад); b — при взаимном смещении валков (a , мм); ХПТ 55, 57×4 → 25×2 мм, сталь 20



Т а б л и ц а 41. Точность труб по диаметру при прокатке на стане ХПТ 55 по маршруту 57×4 → 25×2 мм, сталь 20

Наименование опыта	Значение смещения	Число замеров	Средняя арифметическая, мм	Выборочная дисперсия, мм ²	Критерий существенности (при уровне 0,05)	
					табличный	фактический
Контрольный	—	300	25,06	0,00195	—	—
Взаимный разворот валков (β), рад	0,011	473	25,06	0,00208	1,19	1,07
	0,022	379	25,05	0,00194	1,20	1,01
Взаимное смещение валков (a), мм	2,0	358	25,08	0,00194	1,20	1,01
	4,0	446	25,12	0,00159	1,20	1,26
					$F_{0,01} = 1,3$	

был проведен эксперимент [23]. Учитывая периодический характер процесса холодной прокатки, замеры диаметра проводились по двум образующим через 10 мм по длине трубы. Данные замеров диаметров в опытах с переменной настройкой валков по их взаимному развороту приведены на рис. 111, a , а в опытах по взаимному смещению на рис. 111, b .

Анализ результатов замеров показал, что взаимный разворот валков не привел к заметному изменению среднего диаметра труб. Снижение точности труб также не наблюдалось (табл. 41).

Таким образом, взаимный разворот валков в пределах 0,02 рад и взаимное смещение валков на станах ХПТ средних типоразмеров до $a/A \leq 0,01$ не оказывает влияния на точность труб по диаметру.

3. Влияние смещения валков на изогнутую ось трубы

Значительная часть труб, прокатываемых на станах ХПТ, поставляется заказчику в нагартованном состоянии без термообработки и правки. В этом случае возрастают требования к прямолинейности прокатываемых труб, следовательно, и к состоянию оборудования.

Определение величины искривления оси трубы в зависимости от смещения рабочей клетки с оси прокатки за счет разных их высотных отметок и взаимного смещения валков (рис. 106) позволяет регламентировать износ валков и ходовой части клетки. Для выявления механизма образования изогнутой оси трубы была проведена опытная прокатка при нормальной работе и настройке клетки со смещенными с оси прокатки валками [23]. Определение места, направления и величины изгиба трубы производилось обследованием рабочих конусов после торможения клетки в крайних заднем и переднем положениях, а также образцов труб.

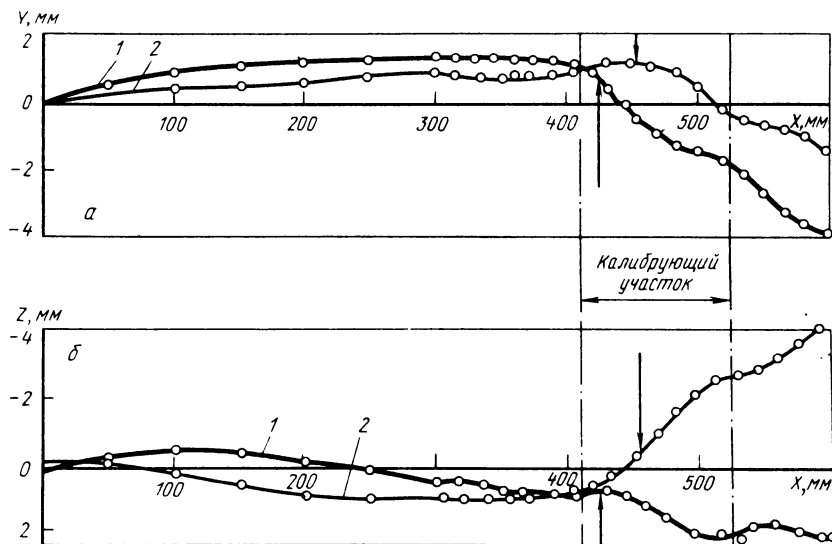


Рис. 112. Искривление оси рабочего конуса на его длине: ХПТ 55 57×4 → → 25×2 мм, сталь 20:

а — плоскость XY; б — плоскость XZ; 1 — опыт 1, клеть остановлена в заднем положении; 2 — опыт 5, клеть остановлена в переднем положении

Т а б л и ц а 42. Замеры искривления оси трубы (стан ХПТ 55, 57x5 → 25x2 мм)

Номер опыта	Линейное смещение оси $m_{\text{д}}$, мм	Угол между направлением изгиба трубы и направлением искривления оси трубы на длине $m_{\text{д}}$											$K_{\text{н}}$
		β_1	β_2	β_3	β_4	$\beta_{\text{ср}}$	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	$\Delta_{\text{ср}}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	24	56	81,5	48,5	57,5	61	0,13	0,14	0,09	0,14	0,13	0,11	
	22	71	77,5	68	59	69	0,13	0,12	0,10	0,10	0,11	0,10	
	22,5	76,5	66	61	69	68	0,16	0,12	0,14	0,16	0,15	0,14	
	21	81,5	72,5	69,5	75,5	75	0,14	0,12	0,14	0,15	0,14	0,14	
	23,5	41,5	53	55,5	80	57	0,10	0,18	0,18	0,16	0,15	0,14	
2	26	71	79	68	76,5	73,5	0,20	0,16	0,15	0,15	0,16	0,14	
	26	94,5	79,5	116	98,5	95	0,16	0,14	0,22	0,15	0,17	0,15	
	27	89	90	74	100	88	0,16	0,18	0,18	0,22	0,18	0,15	
	22	118,5	101,5	72	103	99	0,20	0,16	0,13	0,21	0,18	0,18	
	24	74	80	77	89	80	0,14	0,17	0,15	0,18	0,16	0,15	
	26	78,4	110,5	60,5	90	85	0,18	0,20	0,11	0,23	0,18	0,16	
3	26	58	48	67	68,5	57	0,14	0,18	0,21	0,16	0,18	0,16	
	26	55	47	57,5	44	51	0,17	0,15	0,19	0,14	0,16	0,14	
	25,5	83,5	61,5	78	54,5	69	0,23	0,20	0,22	0,15	0,20	0,18	
	22	88	90	87,5	90	89	0,12	0,14	0,13	0,13	0,13	0,12	
	22,5	87	64	65	76,5	73	0,16	0,13	0,17	0,16	0,16	0,16	
	22	82	83	61	89	79	0,14	0,19	0,14	0,20	0,17	0,17	
	4	22	90	90	79	82	85	0,13	0,12	0,12	0,13	0,12	0,09
22	76	49	89	81	71	71	0,09	0,07	0,10	0,08	0,08	0,11	
22	72	90	90	109	90	90	0,07	0,12	0,12	0,14	0,11	0,08	
24	74,5	64,5	75	67,5	70	70	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,10	
22	61,5	48,5	58	32	50	50	0,14	0,10	0,12	0,08	0,11	—	
22,5	86	84,5	81	69	80	80	0,16	0,12	0,13	0,13	0,13	0,11	
22,5	90	58,5	85	83,5	79	79	0,12	0,07	0,12	0,10	0,11	0,10	

1	2	3	β_1	β_2	β_3	β_4	$\beta_{ср}$	7	8	Δ_1	Δ_2	Δ_3	Δ_4	11	12	13	K_H	
																		Ном:р	Линейное	Угол между направлением изгиба трубы и направлением	Искривление	оси трубы на длине $m\Delta$
			смещение оси (рис. 113), град															
			мм															
5	20,0	99	97,5	97,5	75,5	114,5	97	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,14	0,10	0,10	0,20		
	23,5	90	99	117	90	124	98	0,10	0,10	0,13	0,13	0,08	0,14	0,11	0,11	0,21		
	24,0	112	89	90	90	115	108	0,12	0,12	0,14	0,14	0,09	0,16	0,13	0,19	0,19		
	26	80	89	90	90	100,5	90	0,10	0,10	0,15	0,15	0,11	0,16	0,13	0,24	0,24		
	25	111,5	83,5	103,5	102	102	100	0,14	0,14	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	0,21		
	20	85	80	90	105	90	90	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,22	0,22		
	24	101	98	117	90	90	101	0,16	0,16	0,16	0,16	0,19	0,13	0,16	0,16	0,20		

Обмеры рабочих конусов (типичные значения представлены на рис. 112) показали, что искривление оси трубы происходит при ходе клетки назад в месте перехода от калибрующего участка к предотделочному. Указанное искривление не выправляется при ходе клетки вперед. Ось рабочего конуса в калибрующем участке и ось готовой трубы не отличаются ни по шагу волны, ни по амплитуде. Исследование стабильности процесса изгиба рабочего конуса по величине и направлению проводилось на образцах труб, прокатанных по маршруту $57 \times 4 \rightarrow 25 \times 2$ (табл. 42).

Для привязки сечений образцов к сечениям рабочего конуса использовались отпечатки на трубах от метки, нанесенной на гребне калибрующей части верхнего калибра. Результаты замеров направления и величины искривления труб показали, что в опытах 2, 3 с увеличения взаимного разворота валков (опыт № 1 — 0, опыт № 2 — 0,011 рад, опыт № 3 — 0,022 рад). Средние величины искривлений трубы на длине m_{μ} прокатки за один двойной ход клетки составили: опыт № 1 — 0,14 мм, опыт № 2 — 0,17 мм, опыт № 3 — 0,16 мм. В серии опытов по смещению валков с оси прокатки на 2,45 мм; 4,90 мм (соответственно опыты № 4, 5) указанные величины составили: опыт № 4 — 0,11 мм, опыт № 5 — 0,12 мм, исходный опыт № 1 — 0,14, т.е. величина искривления практически не изменилась. Однако произошло изменение направления искривления трубы. Средний угол искривления, отсчитываемый от оси в направлении часовой стрелки (рис. 113), составил: 65° — опыт № 1, 75° — опыт № 4, 100° — опыт № 5. По сравнению с опытом № 1 появилась вертикальная составляющая изгиба трубы (опыт № 4 — 0,03 мм, опыт № 5 — 0,08 мм).

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет представить механизм образования изогнутой оси трубы в следующем виде. После поворота трубы клеть движется назад. В начале обжатия трубы по стенке в очаге деформации возникают несимметричные относительно горизонтальной и вертикальной плоскостей продольные усилия, в результате действия которых труба изгибается. Передний патрон препятствует искривлению. Воздействуя на трубу, он вызывает дополнительные (наведенные) напряжения, что приводит к перераспределению напряжений в очаге деформации: чем больше искривление трубы, тем больше величина наведенных

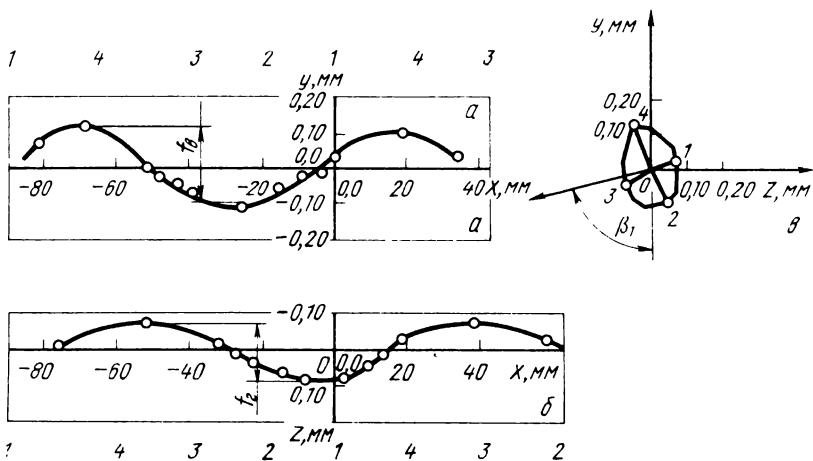


Рис. 113. Проекция оси трубы на координатные плоскости (опыт 1):
 а – плоскость XY ; б – плоскость XZ ; в – плоскость YZ

напряжений, препятствующих искривлению. Таким образом, по величине искривления трубы можно судить о несимметричности напряжений в очаге деформации.

Считая участок трубы, полученный за один двойной ход клетки, прямолинейным и "переломленным" в одном сечении, можно определить величину изгиба трубы, а следовательно, и величину наибольших напряжений от воздействия переднего патрона.

$$\Delta = \frac{2K_H \sigma_T l m \mu}{3Ed}, \quad (5.9)$$

где Δ – искривление трубы на участке, полученном за один двойной ход клетки; K_H – коэффициент наибольших наведенных напряжений в очаге деформации от воздействия переднего патрона; σ_T – предел текучести; l – расстояние от конца обжимного участка до кулачков переднего патрона; d – диаметр трубы; m – подача; μ – вытяжка. Величина коэффициента K_H может быть определена экспериментально при известных значениях искривлений трубы. Дополнительная часть напряжений (табл. 43), возникающих в трубе от воздействия переднего патрона на изгибаемый несимметричными нагрузками в очаге деформации рабочий конус, достигает значительной величины $(0,10-0,15)\sigma_T$. Расчетные значения ис-

Т а б л и ц а 43. Расчет допустимых отклонений валков

Стан	l , мм	d , мм	σ_T , МПа	$m\mu$, мм	Возможное искривление трубы на длине $m\mu$ при основной настройке Δ , мм	Предельно допустимое искривление трубы на длине $m\mu$ от несоосной настройки $\Delta_{пр}$, мм	$u_{пр}$, мм	δ , мм	a , мм
ХПТ 32	339	20	650	30	0,21	0,11	1,2	0,6	0,6
ХПТ 55	447	32	650	40	0,17	0,14	1,6	0,8	0,7
ХПТ 75	572	50	650	45	0,14	0,14	1,8	1,0	0,7
ХПТ 32-2449	20	650	40	0,28	0,11	1,2	0,8	0,3	
ХПТ 55-2447	32	650	45	0,19	0,14	1,4	1,0	0,4	
ХПТ 75-2529	50	650	50	0,16	0,14	1,5	1,0	0,4	

кривлений труб при $K_H = 0,15$ приведены в табл. 43. Из формулы (5.9) видно, что приближение переднего патрона к рабочим валкам, уменьшение подачи и увеличение диаметра труб приводит к улучшению их прямолинейности.

При смещении оси переднего патрона с оси прокатки изгиб трубы происходит лишь при достижении определенной величины наведенных напряжений. Смещение переднего патрона вверх на 2,45 мм при прокатке на стане ХПТ 55 по маршруту $57 \times 4 \rightarrow 25 \times 2$ мм привело к появлению вертикальной составляющей изгиба трубы 0,03 мм, что соответствует величине наведенных напряжений $0,1\sigma_T$ до появления пластической деформации. Смещение переднего патрона относительно валков на 4,90 мм привело к возникновению составляющей 0,08 мм (средняя величина), что соответствует появлению остаточных деформаций после достижения наведенных напряжений в трубе $0,2\sigma_T$ (см. табл. 42).

Итак, для возникновения остаточных деформаций от изгиба трубы внецентренной установкой патрона необходимы добавочные напряжения в очаге деформации значительно меньше предела текучести.

На основании полученных данных можно заключить: смещение валков относительно оси прокатки (переднего патрона) вызывает перераспределение напряжений в очаге деформации, которое приводит к пластическому изгибу трубы. Дополнительное искривление, вызванное им, можно определить по зависимости

$$\Delta = (y_{пр} m \mu) / l, \quad (5.10)$$

где $y_{\text{п}}$ — смещение переднего патрона с оси валков.

Задаваясь величиной дополнительного искривления трубы, можно определить допустимое смещение переднего патрона с оси прокатки. Между искривлением трубы за один двойной ход клетки и стрелой прогиба (f) при величине угла поворота заготовки, равной 90° , существует приближенная зависимость (см. рис. 113):

$$\Delta = f/\sqrt{2} \quad (5.11)$$

На основании зависимостей (5.10), (5.11) можно написать выражение

$$y_{\text{п}} \leq fl/(1,4\mu). \quad (5.12)$$

При выборе допустимой кривизны трубы принималось во внимание следующее:

чрезмерная волнистость труб не является браковочным признаком [1], если наружный диаметр не выходит за пределы допусков;

геометрическая ось трубы в какой-либо плоскости может быть определена лишь через замеры диаметров ее наружной поверхности.

Поэтому стрела прогиба сравнивалась с допусками на диаметр наружной поверхности по ГОСТ 8734–78 на холоднокатаные трубы и была принята в предельном случае равной 25% их величины. Данные по расчету допустимых величин несоосности валков и переднего патрона приведены в табл. 43.

Соотношение между допустимыми величинами отклонения клетки с оси прокатки по высоте и взаимного смещения валков может быть вычислено по зависимости (обозначения на рис. 106)

$$y_{\text{пп}} = \delta + \frac{al}{A}, \quad (5.13)$$

где a — взаимное смещение валков, мм; δ — предельно допустимое отклонение валков от оси, мм.

Анализ расчета допустимых отклонений валков от оси прокатки (см. табл. 43) показывает, что требования эти

достаточно жесткие (отклонение 0,6–1,0 мм) и их довольно сложно обеспечить. Взаимное смещение валков 0,4–0,7 мм несколько легче проконтролировать с помощью монтажной или контрольной линейки, поскольку базовая поверхность невелика. В табл. 43 приведены расчетные данные по наибольшим значениям допустимого отклонения клетки от оси прокатки и взаимного смещения валков для станов ХПТ типовых моделей.

4. Оценка допустимого износа деталей

Исследования, выполненные на Первоуральском новотрубном заводе [23], позволили создать технологическую инструкцию для определения допустимого износа в деталях станов ХПТ. Определяющим для остановки стана ХПТ на плановый ремонт является износ направляющих ходовой части рабочей клетки, износ в кинематических парах рабочей линии, состояние рабочих валков. В процессе работы стана происходит неравномерный износ подошвы и синхронизирующих шестерен. Изнашиваются подушки, опорные плоскости вертикальных стоек станины рабочей клетки. С износом базовых направляющих рабочая клетка смещается с оси прокатки. Все это приводит к снижению точности прокатываемых труб. Увеличение зазоров в кинематических парах главного привода ведет к возрастанию нагарузок на его детали и повышению уровня шума. Причем нагарузок зависят не только от величины зазоров и быстроходности, но и от сортамента прокатываемых труб и конструкции деталей и узлов рабочей линии стана. Износ направляющих рабочей клетки (увеличение зазоров) приводит к значительным перемещениям ее в вертикальной и поперечной (относительно оси прокатки) плоскостях, что снижает точность прокатываемых труб и увеличивает динамические нагрузки на детали опорно-ходовой части клетки.

Настройка рабочих валков. Взаимный разворот валков относительно друг друга в вертикальной плоскости может быть определен следующим образом (рис. 114, а). Калибры удаляются из валков. Клетка устанавливается в переднем положении так, чтобы контрольная линейка прижималась к подошве одного валка по всей длине, а к подошве другого — со стороны, противоположной ручью. С помощью шупа измеряется зазор *a*.

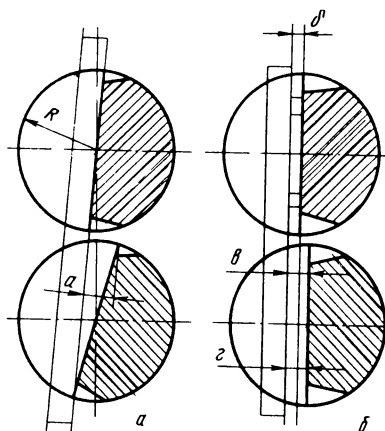


Рис. 114. Замеры точности установки валков:

a — взаимный разворот; *б* — взаимное смещение

$$\beta = a/R,$$

где β — взаимный разворот валков, рад; R — радиус валка; a — зазор между линейкой и подошвой на образующей бочки валка.

Как отмечалось выше, взаимный разворот валков (β) не должен превышать 0,002 рад после ППР и 0,008 рад — в конце межремонтного периода. При прокатке тонкостенных труб на станах ХПТ 75, 90 его величина не должна быть более 0,005 рад. Взаимное смещение одного валка относительно другого в направлении оси прокатки определяется следующим образом (рис. 114, б). Клеть устанавливается в заднем положении так, чтобы подошва верхнего валка занимала вертикальное положение (измерение производится с помощью рамного уровня). К подошве валка прикладывается контрольная линейка с двумя прокладками одинаковой толщины (одна со стороны калибрующего участка, другая — со стороны обжимного). Измеряют расстояние от контрольной линейки до подошвы нижнего валка в двух точках (симметричных относительно центрального отверстия под болт для крепления калибра). Смещение определяется как полусумма замеров за вычетом толщины прокладок.

Смещение одного валка относительно другого после ППР не должно превышать 0,4 мм для стана ХПТ 32, 0,5 — ХПТ 55, ХПТ 75. Неодинаковая величина износа подошвы верхнего и нижнего валка компенсируется установкой про-

кладок. В конце межремонтного периода смещение валков не должно превосходить величины: 0,6 мм для ХПТ 32 и 0,7 мм для ХПТ 55, ХПТ 75.

Несоосность переднего патрона и рабочих валков по высоте проверяется по торцевому зазору в реечном зацеплении. Несовпадение осей по ширине проверяется замерами расстояний от центра ручья до струны, натянутой через оси переднего и промежуточного патронов. Несоосность не должна превышать 0,3–0,5 мм после ППР и 0,6–1,0 мм в конце межремонтного периода (большие размеры для станов ХПТ 75, ХПТ 90).

Определение допустимого износа в деталях главного привода (рабочей линии стана)

Износ подшипников шатунов и кривошипного узла, зубьев шестерен главного редуктора и приводного механизма, деталей муфт и рост бокового зазора в зацеплении редуктора приводит к увеличению приведенного зазора в рабочей линии стана. Его величина может быть определена следующим образом. Клеть устанавливается в среднем положении и фиксируется стопорением приводных шестерен в рейках. С помощью цепного ключа полумуфта главного двигателя поворачивается в одно, а затем в другое крайнее положение. При этом клеть не должна перемещаться. Линейкой замеряется расстояние по периметру муфты между крайними положениями риски относительно неподвижного репера. Усилие вращения не более 10 кг на плече 1,0 м.

Относительный зазор определяют по формуле

$$\Delta = l/R_{\text{м}}i_{\text{ред}}i_{\text{пр}},$$

где Δ — приведенный относительный зазор; l — расстояние между крайними положениями риски по периметру муфты; $R_{\text{м}}$ — радиус муфты; $i_{\text{ред}}$, $i_{\text{пр}}$ — передаточное число редуктора и приводного механизма соответственно.

Увеличение динамических нагрузок на привод с ростом приведенного зазора изображено на рис. 115. Коэффициент динамичности $K_{\text{д}} = 1,3$ является предельно допустимым, поэтому величина приведенного зазора не должна превосходить

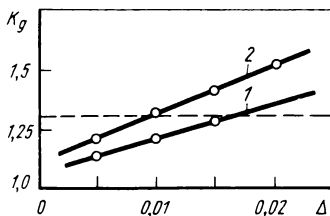


Рис. 115. Динамические нагрузки в линии главного привода:

1 — прокатка тонкостенных труб; 2 — прокатка толстостенных нержавеющей труб и двухручьева прокатка

0,015 при прокатке тонкостенных труб и 0,01 при прокатке нержавеющей, толстостенных труб и двухручьева прокатке. При превышении указанной величины приведенного зазора измеряют зазоры во всех подшипниках, зубчатых зацеплениях и муфтах и определяют дефектные узлы, после чего их заменяют.

Определение допустимого износа направляющих рабочей клетки

Местный износ нижних направляющих рабочей клетки, по которому движется рабочая клетка на бегунках, в крайних ее положениях служит источником динамических нагрузок на опоры. Величина их может быть определена по графику на рис. 116 [23].

При увеличении быстроходности стана нагрузки на опоры от износа увеличиваются во второй степени (увеличение числа двойных ходов клетки в 1,05 раза приведет к возрастанию нагрузки в $1,05^2$ раза). Коэффициенты динамичности приведены для быстроходности: ХПТ 75 — 65 дв.ход/мин, ХПТ 55 — 75 дв.ход/мин, ХПТ 32 — 95 дв.ход/мин. Наибольшие нагрузки действуют на передние опоры при прохождении клетью заднего положения, на задние — при прохождении переднего. Величина допустимого местного износа под бегунами (по сравнению с соседними участками) направляющих не должна превосходить величины: 0,2 мм для станов ХПТ 32,

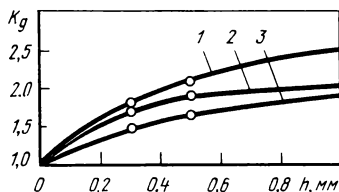


Рис. 116. Влияние износа нижних направляющих на динамические нагрузки в опорах:

1 — ХПТ 32; 2 — ХПТ 55; 3 — ХПТ 75

55 и 0,4 мм для станов ХПТ 75. Местный износ направляющих измеряют с помощью щупа и контрольной линейки.

Неплоскостность опорных поверхностей рабочей клетки, которыми она удерживается в вертикальной плоскости, не должна превосходить 0,2 мм на длине клетки. Исходный зазор после планового ремонта между пластинами износа и опорными поверхностями клетки не должен превосходить по высоте 0,5 мм, по ширине 0,5–1,0 мм.

Г л а в а 6. ОБОРУДОВАНИЕ РЕМОНТНЫХ СЛУЖБ

1. Механизация ремонтных и монтажных работ

Применение механизированного инструмента и ручных машин позволяет повысить производительность ремонтных работ в 3–4 раза [26]. Накоплен большой опыт создания и применения переносных машин и механизированных инструментов, предназначенных для механизации монтажных и ремонтных работ [27]. При ремонтах станов ХПТ широко применяются ручные машины и механизированные инструменты (табл. 44), которые перечислены ниже:

1. Пневматическая машина типа П-21 и П-22 состоит из корпуса, пневмодвигателя, регулятора оборотов шпинделя, пускового устройства и защитного кожуха.

2. Пневматический пучковый молоток П-5 состоит из корпуса, ствола, рукоятки с пусковым устройством, виброизолирующей пружины и пучка рабочих иглол.

3. Пневмозубило П-6 состоит из корпуса, ствола с ударным механизмом, пускового устройства, виброизолирующей пружины и рабочего инструмента (зубила). Между крышкой ствола и корпусом предусмотрена пружинная связь, которой изолируют корпус от вибрации.

4. Рабочим органом электрокромкореза Э-21 является пуансон прямоугольного сечения, который скалывает кромку металла под углом 20 или 30 градусов и совершает 500 движений в минуту.

5. Ручная рычажная лебедка имеет сравнительно простую конструкцию, небольшие размеры и высокую надежность. Состоит из тягового механизма с кулачками, съемного рычага,

Наименование	Назначение	Техническая характеристика	Завод-изготовитель
1	2	3	4
Пневмошлифовальная машина типа П-21	Река труб и профильного металла абразивными ар-мированными кругами. Зачистка корки электро-сварного шва	Диаметр абразивного круга 180 мм; частота вращения шпинделя 8000 об/мин; окружная скорость 80 м/с; мощность 1,32 кВт; давление в сети 500 кПа; расход воздуха 1,8 м ³ /мин; масса 5 кг	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений
Пневматический пучковый молоток типа П-5	Зачистка металла от ржавчины, шлака, краски в труднодоступных местах	Энергия удара 1,0 Дж; частота ударов 50 Гц; число иголок в пучке 29 шт.; диаметр иголок 2 мм; давление воздуха 600 кПа; расход воздуха 0,25 м ³ /мин; масса 2 кг	То же
Пневмозубило П-6	Зачистка сварных швов и набрызг металла и легкие слесарные работы	Энергия удара 2 Дж; частота ударов 60 Гц; давление воздуха 500 кПа; расход воздуха 0,3 м ³ /мин; масса 2,5 кг	" "
Электрокромкорез Э-21	Подготовка кромок под сварку К-, Х-, У-образной формы	Толщина обрабатываемого металла 4—23 мм; максимальный размер фаски 10 мм; угол скоса 20—30 град; скорость обработки металла 2,5 м/мин; привод электрический мощностью 1,6 кВт; напряжение 36 В; частота 200 Гц; масса 15 кг	Мак-Пермский завод монтажных изделий и средств механizations КСМ-1 — Ногинский опытный завод
Пневматический клепальный молоток П-45	Клепка стальных заклепок	Диаметр расклепываемых заклепок 36—38 мм; энергия единичного удара 70 Дж; частота ударов 17 Гц; давление воздуха в сети 500 кПа; расход воздуха 2 м ³ /мин; масса 10 кг; диаметр отверстий 20 мм; энергия удара 2,5 Дж; давление воздуха 600 кПа; расход воздуха 0,55 м ³ /мин; масса 4,5 кг	Ногинский опытный завод монтажных приспособлений
Пневмоперфоратор П-4701	Пробивка отверстий в бетоне	Диаметр отверстий в бетоне 10 мм; энергия удара 2,5 Дж; давление воздуха 600 кПа; расход воздуха 0,55 м ³ /мин; масса 4,5 кг	То же
Пила дисковая маятниковая переносная типа ЦДМ-75	Река труб диаметром до 75 мм и профильного металлопроката	Окружная скорость 50 м/с, напряжение 220/380 В, масса 65 кг, диаметр диска армированного 230 мм	То же

Домкрат гидравлический ДГО-50	Монтаж, демонтаж. Подъем оборудования	Грузоподъемность 50 т, высота домкрата 200 мм, подъем груза 100 мм, диаметр поршня 125 мм, масса 63 кг	" "
Съемник трехзахватный универсальный	Запрессовка и распрессовка деталей, установка на валах с нагнетом	Диапазон регулировки захватов 120—340 мм; высота коромысла захватов 250—300 мм; масса (с домкратом) 35,3 кг; длина рукава высокого давления 1 м	" "
Лебедка рычажная ручная	Подъем и перемещение грузов при ремонте	Тяговое усилие 1500 кгс; длина каната 12 м; диаметр каната 12 мм; подача каната за двойной ход рычага 50 мм; масса 31,8 кг	Пермский завод монтажных изделий и средств механизации То же
Кран консольный поворотный грузоподъемностью 0,5 т	Подъем и перемещение узлов и деталей на ремонтной площадке	Грузоподъемность 0,5 т; скорость подъема 8 м/мин; максимальная высота подъема 2,5 м; максимальный радиус действия 3,0 м; угол поворота консоли 360 град; масса 580 кг	" "
Ключ-мультипликатор КМ-70	Затяжка резьбовых соединений больших диаметров без ударов	Диаметры резьбовых соединений М27—М30 мм, доступимый крутящий момент на выходном валу 700 Дж	" "
Домкрат ДПУ-10	Домкрат для монтажных работ с ротационным пневматическим двигателем	Наибольшее усилие 100 Н, наибольший ход 60 мм, давление сжатого воздуха 4—6, мощность пневмодвигателя 735 кВт, внутренний диаметр шланга 12 мм	" "
Съемник гидравлический универсальный	Снятие с валов напрессованных полумуфт, шестерен	Диаметр снимаемых деталей 80—200 мм, наибольшее усилие на шток 100 кН, усилие на рукоятке 250 Н, ход поршня 100 мм, масса 12 кг	" "
Съемник гидравлический	Снятие с вала напрессованных муфт, шестерен, подшипников	Наибольшее усилие, кН: главного плунжера 1000, боковых плунжеров 10, наибольшая длина съема 160 мм, диаметр деталей 80—500 мм, масса 58,7 кг	" "
Ножницы с пневмоприводом	Резка металла на ремонтной площадке	Толщина листа 2 мм, масса ножниц 67,5 кг	Судоремонтный завод, г.Таллинн
Передвижная промывочная	Освещение передвижного рабочего места при ремонте оборудования	Габариты обрабатываемых деталей 500×300×Х200 мм; электронасос — ПА-45; 0,15 кВт; 45 л/мин; 0,60 кПа	То же

Наименование	Назначение	Техническая характеристика	Завод-изготовитель
1	2	3	4
Передвижной поворотный кран грузоподъемностью 500 кг (рис. 28)	Сборочно-разборочные работы при ремонте оборудования	Грузоподъемность 500 кг, максимальная высота подъема 2600 мм, высота стрелы 1200 мм, поворот стрелы ручной, угол поворота стрелы 360 град, усилие на рукоятке лебедки 600 Н, габаритные размеры 2350×1050×3000 мм	Научно-исследовательский институт технологии и организации производства
Тележка с подъемной платформой грузоподъемностью 500 кг (рис. 123)	Снятие и установка отдельных узлов при ремонте оборудования	Грузоподъемность 600 кг, площадь подъемной платформы 480×500 мм, высота подъема 1170 мм, усилие на рукоятке 8 Н, масса 120 кг	Ленинградский Дом наук, научно-технической пропаганды
Универсальный гидравлический съёмник	Демонтаж полумуфт, шкивов, подшипников в труднодоступных местах	Рабочее усилие 35 Н, усилие бокового плунжера 5 кН, ход главного плунжера 180 мм, ход винта 80 мм, диаметр детали 80—500 мм, усилие на рукоятке насоса 15 Н	ЦПРП "Ленэнерго"
Ремонтный пресс	Распрессовка муфт, шкивов, шестерен	Наибольшее усилие 500 Н, наибольшее давление 400 МПа, рабочий ход 250 мм, емкость масло-системы 160 л, масса 1040 кг	Челябинский тракторный завод
Приспособление для механообработки корпусных деталей без демонтажа (рис. 124)	Фрезерование пазов баб и подшипниковых молотов на месте	Длина фрезерования 930 мм, ширина фрезерования 250 мм, число оборотов шпинделя 155 об/мин, мощность электродвигателя 1 кВт	Таганрогский комбайновый завод

каната с крюком, обоймы для крепления каната. Принцип действия лебедки основан на протягивании каната через тяговый механизм с помощью двух пар кулачков, которые попеременно зажимают канат.

6. Ключ-мультипликатор представляет собой планетарный зубчатый редуктор, к корпусу которого присоединен опорный кронштейн. Ключ состоит из корпуса, входного вала, сателлита, являющегося выходным валом. Комплектуется набором сменных головок, которые надеваются на шестигранник и крепятся винтом.

7. Съемник гидравлический: при передвижении рукоятки плунжер создает давление масла, под действием которого боковые плунжеры разворачивают рычажные захваты, обеспечивая их надежное сцепление со снимаемой деталью. Усилием, развиваемым главным плунжером, деталь снимается с вала.

8. Ножницы с пневмоприводом — при работе качающегося пневмоцилиндра подвижная траверса через усиливающий рычаг

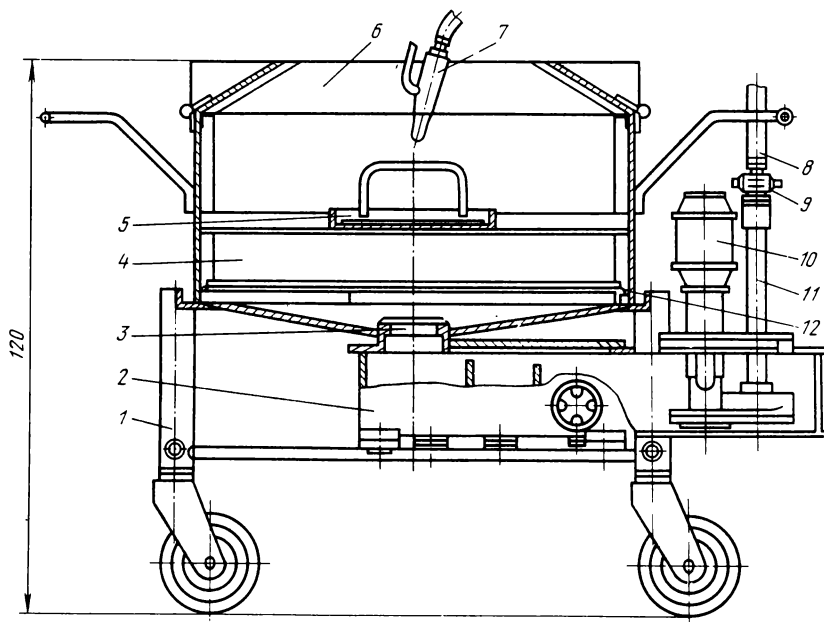


Рис. 117. Передвижная промывочная ванна

и две серьги совершают качательные движения, в процессе которых лист металла разрезается по разметке.

9. Передвижная промывочная ванна (рис. 117) состоит из тележки 1, бака 2, фильтра 3, ванны 4, четырех щитков 6. В нижней части ванны установлена сетка 12. К боковой стенке ванны прикреплена полка 5 для промывки мелких деталей. В бак вмонтирован электронасос 10, который по трубе 11; шлангу 8 подает моющий раствор.

10. Тележка состоит из трубчатой рамы, переднего поворотного колеса.

11. Передвижной поворотный кран (рис. 118) состоит из тележки 5, на которой установлена опора стрелы. В опоре на подшипниках вращается ось 4, на которой закреплена рама 3. На заднем конце рамы установлен противовес 8, перемещаемый для регулировки винтом 9. Стрела 2 двумя тя-

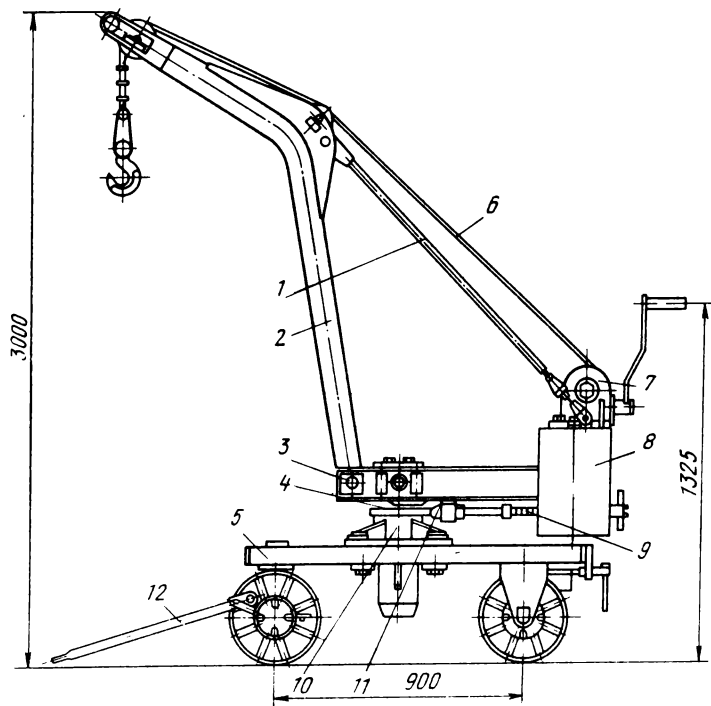


Рис. 118. Передвижной поворотный кран грузоподъемностью 500 кг

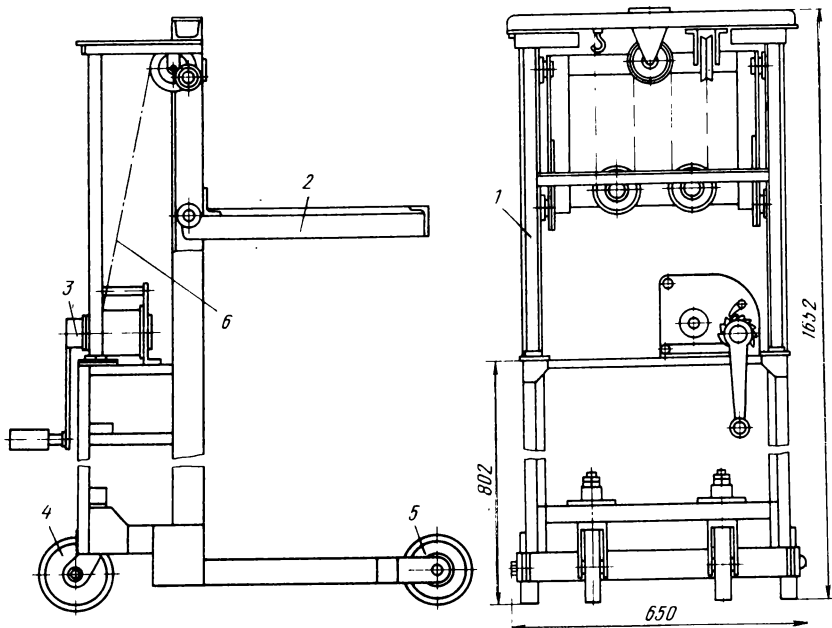


Рис. 119. Тележка с подъемной платформой грузоподъемностью 500 кг

гами 1 соединена с противовесом. Трос 6 ручной лебедки 7 перекинут через блок стрелы. Стрела поворачивается и фиксируется защелкой 11 с помощью зубчатого венца 10. Перемещают кран водилом 12.

12. Тележка с подъемной платформой (рис. 119) состоит из каркаса 1, платформы 2, лебедки 3, поворотных колес 4, неповоротных колес 5, четырех блоков и троса 6. Фиксация платформы с помощью храповика на лебедке.

13. Универсальный съемник состоит из трех тяг, которые при помощи планок и гайки могут принимать различные положения в зависимости от размеров детали. Деталь снимают при помощи винта и рукоятки.

14. Универсальный гидравлический съемник выполнен из двух узлов: гидравлического цилиндра и съемных траверс, в которые входят корпус, две траверсы, два захвата, главный плунжер, два боковых плунжера, винтовой перепускной клапан, ручной плунжерный насос, масляный резервуар, винт и рукоятка насоса.

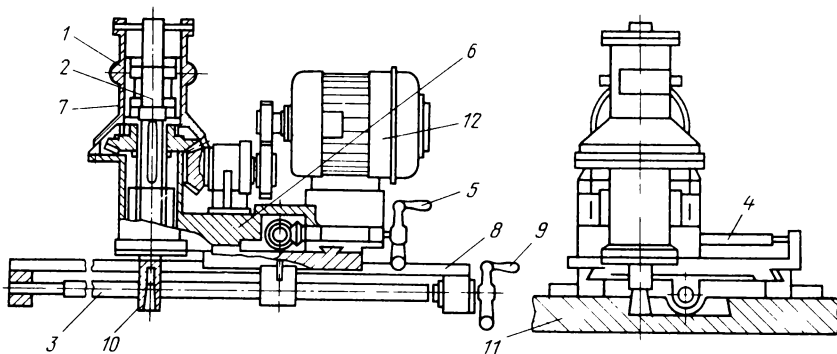


Рис. 120. Приспособление для механообработки корпусных деталей без демонтажа

15. Ремонтный пресс, на сварной раме установлен 2-плунжерный насос масляный с приводом от электродвигателя. Насос соединен с гидроцилиндром, подвешенным на кронштейне. Гидравлический цилиндр располагают у демонтируемой детали. Плунжер через упорный вкладыш упирается в вал снимаемой детали. В деталь ввинчивают шпильки, их длина регулируется гайками.

16. Приспособление для механообработки корпусных деталей без демонтажа (рис. 120) предназначено для фрезерования пазов и плоских поверхностей. Оно имеет фрезерную головку, которая при вращении винтов 3 и 4 с помощью рукояток 5 и 9 может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Вертикальное перемещение шпинделя 2 осуществляется через вал 1 и рейку 7. Рама 8 крепится к обрабатываемой детали 11 четырьмя болтами. При фрезеровании пазов фреза 10 (спиральная торцевая) крепится в верхнем и нижнем конусе шпинделя в зависимости от расположения обрабатываемой плоскости.

Широкое применение на заводах нашло использование приспособления для расточки цилиндров локомотивов. Может быть использован для ремонтных работ станок, с помощью которого можно обрабатывать горизонтальные, вертикальные, наклонные и радиальные поверхности. Его основное назначение — обработка шаботов молотов с массой падающих частей до 10 т [21].

Техническая характеристика

Частота вращения фрезы, об/мин	480
Скорость резания, м/мин	72
Мощность, кВт	4,5
Рабочая подача фрезы, м/мин	0,15
Разворот тележки в горизонтальной плоскости, град	±14
Разворот фрезерной головки в вертикальной плоскости, град	±10
Размеры обрабатываемой поверхности, мм	1500×4500
Масса станка, кг	2800

Станок устанавливается на боковые нерабочие поверхности и закрепляется шарнирными башмаками с насечкой. Предварительная настройка горизонтальности станка достигается при помощи шести домкратов. Применяемый инструмент — торцевая фреза.

Переносный фрезерный станок более массивен [29]. С его помощью обрабатывают горизонтальные, вертикальные и наклонные поверхности, отверстия деталей длиной 5000 мм, шириной 2300 мм, высотой 600 мм.

Техническая характеристика

Число скоростей шпинделей фрезерных головок:	
основной	8
поворотной	1
Частота вращения фрезы, об/мин:	
основной	79—603
поворотной	120
Частота вращения электродвигателей, об/мин:	
основной	1440
поворотной	1420
пределы подачи, мм/мин	25—210
поперечной	25—210
продольной	22—218
Число подач	6
Конус шпинделя фрезерных головок:	
основной	3
поворотной	2
накладной	2
Поперечный ход фрезерной головки, мм	2940
Разворот моста в горизонтальной плоскости	±15 °
Разворот фрезерной головки в вертикальной плоскости	±10 °
Масса станка, кг	18000

На Челябинском тракторном заводе для ремонта шаботов применяется переносный шлифовальный станок [29]. Его главное преимущество — возможность обрабатывать плоскости, наплавленные твердым сплавом, повышение точности обработки.

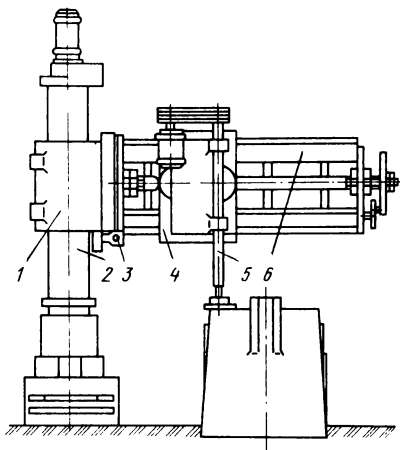


Рис. 121. Переносной станок для шлифования поверхностей шаботов молотов:

1 — гильза; 2 — колонка; 3 — червяк; 4 — суппорт; 5 — шлифовальная головка; 6 — траверса

Для ремонта корпусных деталей можно использовать [29] радиально-сверлильный станок, на котором вместо сверлильной головки закрепляют шлифовальную головку (рис. 121).

Для увеличения износостойкости направляющих патрона заготовки и каретки стержня рекомендуется проводить газоплазменную закалку до твердости HRC 40–45, что увеличивает их срок службы.

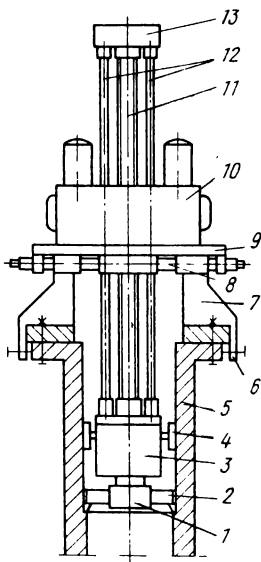


Рис. 122. Приспособление для расточки цилиндров молотов:

1 — резовая головка; 2 — резец; 3 — шпиндель; 4, 7 — опоры; 5 — фланец цилиндра; 6 — прихват; 8–11 — ходовые винты; 9 — фланец корпуса; 10 — корпус; 12 — приводные валы; 13 — траверса

Одной из важных работ, выполняемых во время капитального ремонта, является восстановление гнезд под подшипники кривошипного и приводного узлов. Если эта работа выполняется без демонтажа станины, то используют станок для расточки молотов (рис. 122) с небольшими изменениями крепления приспособления на станке. Приспособление имеет корпус 10, в котором размещены механизмы привода и управления и оснащение для крепления приспособления к фланцу станины. Основание размещено на четырех опорах 7, которые перемещаются вдоль своих направляющих посредством ходовых винтов 8 синхронно. Подвижная траверса 13 перемещается ходовыми винтами 11. Шпиндель 3 с резцовой головкой 1 перемещается ходовым винтом и четырьмя приводными валами, что обеспечивает точность направления и жесткость положения резьбовой головки шпиндельной бабки. Приспособление позволяет растачивать отверстия диаметром до 800 мм при наличии двух комплектов резцедержателей на двенадцати ступенях скоростей и шести ступенях подач.

2. Приспособления для монтажа и демонтажа подшипников

При монтаже и демонтаже подшипников применяют выколотки, монтажные пробки, втулки, трубы, съемники, скобы, прессы гидравлические и винтовые, электроиндукционные устройства и др. [30].

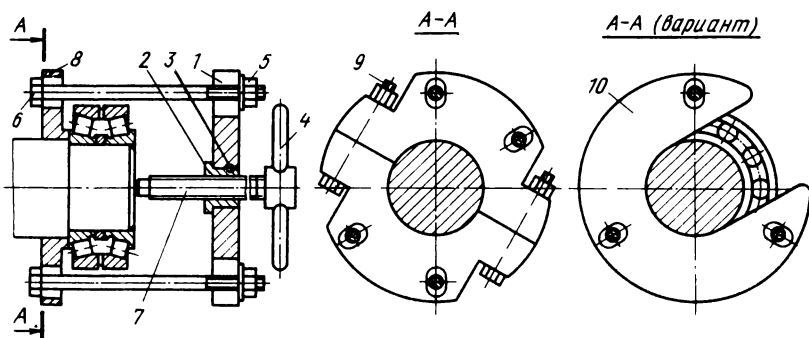


Рис. 123. Съемник винтовой со скобой:

1 — скоба цельная; 2 — втулка; 3 — штифт; 4 — вороток; 5 — гайка; 6 — тяга; 7 — винт; 8 — скоба составная; 9 — болт; 10 — скоба-седло

Осевое усилие при напрессовке и распрессовке должно передаваться вдоль оси вала без перекаса колец. Поэтому съемник (рис. 123) должен иметь регуляторы по длине тяги, а наконечник винта — сферическую поверхность. Накладная скоба в виде седла 10 упрощает сборку приспособления. Таким приспособлением можно демонтировать подшипники с внутренним диаметром до 200 мм. Съемник имеет комплект тяг различной длины и возможность их раздвигания по радиальным пазам скобы 8. Винт в съемнике можно заменить на гидравлический или реечный домкрат. Если усилие распрессовки нельзя передать через кольцо подшипника, то для этой цели используют детали за подшипником (рис. 124). Съемник специальный (рис. 125) применяют для демонтажа наружного кольца роликоподшипника серии 32000. Двухстоеч-

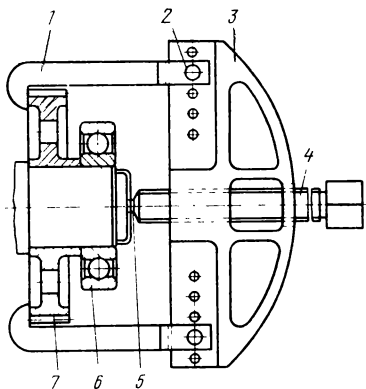


Рис. 124. Съемник со скобой:

1 — тяга; 2 — болт; 3 — скоба; 4 — винт; 5 — шар; 6 — подшипник; 7 — шестерня

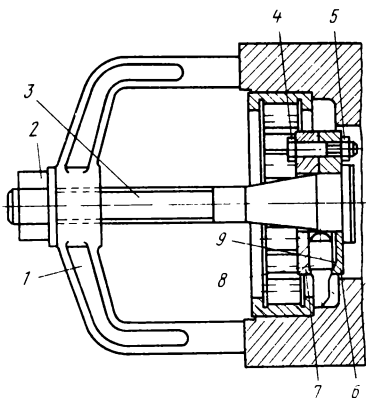
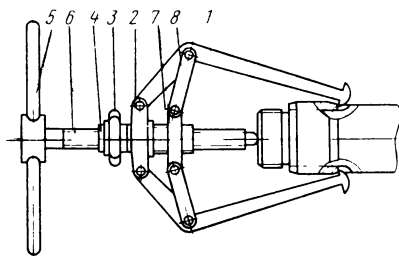


Рис. 125. Съемник винтовой специальный:

1 — кронштейн; 2 — гайка; 3 — винт; 4 — болт; 5 — гайка; 6 — шайба внешняя; 7 — шайба внутренняя; 8 — лапа; 9 — штифт

Рис. 126. Съемник рычажный:
 1 — тяга; 2 — траверса; 3 — маховичок;
 4 — гайка; 5 — вороток; 6 —
 винт; 7 — подвижное звено; 8 — серь-
 га

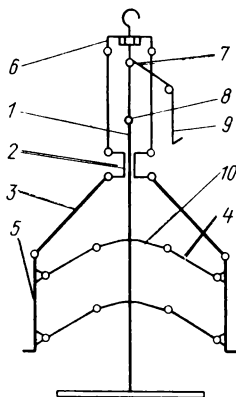


ный кронштейн 1 упирается в корпус, а винтом 3 через шайбы 6 прижимает раздвижные лапки 8 к наружному кольцу. Сферические поверхности лапок 8 контактируют с конической поверхностью винта 3.

Для демонтажа внутренних и наружных колец разборных подшипников применяют съемники рычажного типа (рис. 126), тяги которых выполнены в виде одно- и двухсторонних лап. Тяги шарнирно соединены с траверсой 2 и подвижным звеном 7. Гайка 4 со звеном 7 образуют винтовую пару, а с траверсой 2 — подшипник скольжения.

Для демонтажа колец подшипников из корпусов применяют съемник рычажного типа, изображенный на рис. 127. Он состоит из стержня 1 с приваренными к нему массивным диском и двумя рядами рычагов 10. К рычагам 10 и подвижной втулке 2 шарнирно присоединены лапы 5, которые относительно стержня 1 параллельны. При натяжении троса 9 стержень 1 поднимается вверх, расстояние между лапами 5 уменьшается, и приспособление вводится в подшипник.

Рис. 127. Съемник рычажный с тросом:
 1 — стержень с диском;
 2 — втулка; 3, 4 — тяги;
 5 — лапа; 6 — труба с крюком;
 7, 8 — кольца; 9 — трос; 10 — рычаг



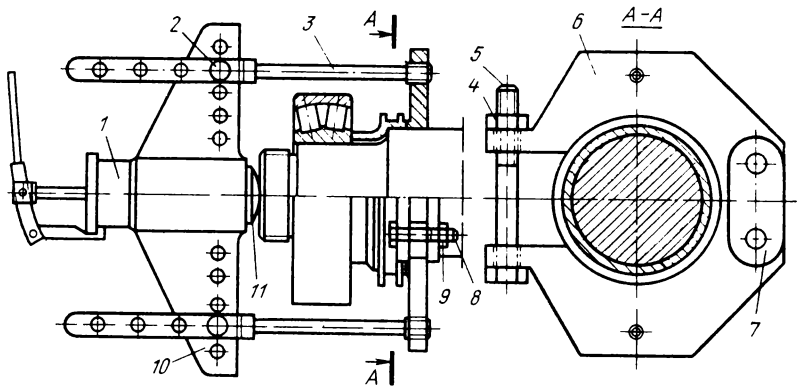


Рис. 128. Съемник универсальный с ручным гидронасосом:
 1 — гидронасос ручной; 2 — палец; 3 — тяга; 4 — гайка; 5, 8 — болты; 6 — скоба из двух половин; 7 — пластинка; 9 — гайка; 10 — траверса; 11 — пята сферическая

Широко применяется приспособление с гидравлическими насосами (рис. 128). Тяги 3 могут крепиться на различном расстоянии от оси вала. Съемник укомплектован сменными полускобами 6, замыкание которых фиксируется болтом 5. Приспособление для демонтажа сферических подшипников на буксовых втулках изображено на рис. 129. Буксовую втулку из подшипника извлекают трубой 2 с двумя нарезками. При

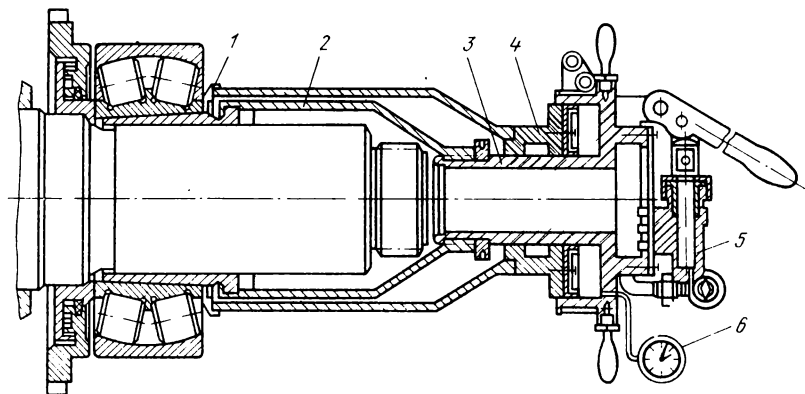
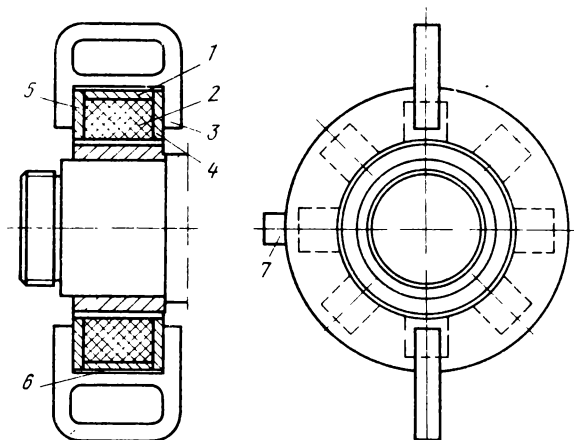


Рис. 129. Специальное гидравлическое демонтно-монтажное приспособление:
 1 — втулка из двух половин; 2 — труба; 3 — гидропресс; 4 — поршень гидропресса; 5 — насос; 6 — манометр

Рис. 130. Съемник электроиндукционный: 1 — сердечник; 2 — катушка электроиндукционная; 3 — рукоятка; 4, 5 — пластины кольцевые; 6 — кольцо дистанционное; 7 — панель



этом поршень гидропресса упирается во втулку 1, состоящую из двух половинок. Труба 2 навертывается на буксовую втулку. При этом поршень 4 находится в крайнем правом положении. Затем устанавливают втулку 1 и насосом 5 до упора во втулку выдвигают поршень 4.

Индукционные катушки индукционного съемника (рис. 130) помещены между пластинками 4 и 5. Катушки должны быть равноудалены от внутреннего кольца на 0,5–1,0 мм, на кожухе смонтирована панель 7 управления электросхемой и две рукоятки 3 для поворачивания приспособления. Приспособление поворачивают до момента страгивания подшипника вручную (для подшипников с диаметром вала до 300 мм).

3. Специальные станки для изготовления прокатного инструмента

Высокий уровень специализации механически обработанного инструмента для трубного производства, сосредоточенный преимущественно на двух заводах: Никопольском южнотрубном (32 %) и Первоуральском новотрубном (43 %), сохраняет необходимость выполнения финишных операций (шлифование оправок и калибров станов ХПТ на окончательный размер) непосредственно в производственных цехах.

Это определяется, с одной стороны, узкой специализацией отдельных цехов по типоразмерам прокатываемых труб, а с другой, широкой номенклатурой конечных параметров про-

дукции в каждом из них. В результате различающиеся требования к настройке, закреплению, повторному использованию инструмента с перешлифовкой на новый размер, существенно различающиеся нагрузки и требования к геометрии готовых труб обусловили частые конструктивные особенности трубопрокатного инструмента, а вместе с тем и способы окончательных операций для его изготовления.

Технологическим инструментом станов холодной прокатки являются калибры и оправки. Основной причиной выхода из строя прокатного инструмента является износ рабочей поверхности, предельные значения которого исключают возможность получения труб требуемой геометрической точности. Качество поверхности прокатываемых труб, интенсивность молекулярно-механического износа (налипания прокатываемого металла на инструмент), энергосиловые показатели процесса прокатки зависят в значительной степени от шероховатости рабочей поверхности прокатного инструмента.

Износостойкость формообразующих поверхностей повышается с увеличением поверхностной твердости, а усталостная прочность при ударном характере нагружения валков также зависит от вязкости материала. Перечисленным требованиям соответствуют следующие марки стали: для калибров станов малого типоразмера преимущественно используют сталь ШХ15, а для станов больших типоразмеров также стали

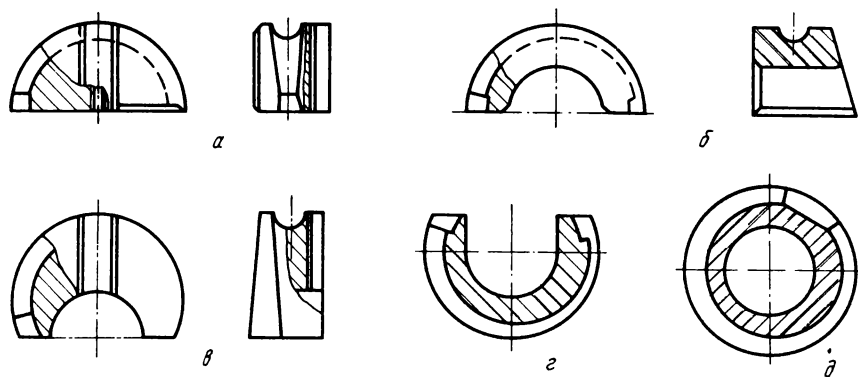


Рис. 131. Типы калибров станов ХПТ:

а — полудисковые; *б* — полукольцевые; *в* — подковообразные; *г* — незамкнутые; *д* — кольцевые

55ХФА, 60ХФА и 4Х8В2, для изготовления оправок применяют марки стали ШХ15, 60ХФА, 60С2ХФА.

Поиски путей увеличения длины зоны деформации, увеличения стойкости рабочих поверхностей, улучшения условий сборки, наладки, настройки, надежности и удобства закрепления определили использование ряда разновидностей технологического инструмента. В настоящее время широко используют калибры (рис. 131) следующих типов: полудисковые (рис. 131, *а*), полукольцевые (рис. 131, *б*), подковообразные (рис. 131, *в*), незамкнутые кольцевые (рис. 131, *г*), кольцевые (рис. 131, *д*).

Оправки станов ХПТ имеют коническую форму (рис. 132). Выбор профиля оправки формы образующей определяется схемой деформированного состояния прокатываемых труб. Часто при профилировании оправки приходится учитывать несовместимые тенденции. Так, например, снижение конусности приводит к увеличению производительности и точности размеров прокатываемых труб, но сопровождается ухудшением качества внутренней поверхности.

Большое распространение получили конические оправки с прямолинейной образующей (рис. 132, *а*) в силу простоты конструкции и изготовления. Однако они во многих случаях не обеспечивают рационального соотношения редуцирования по диаметру и обжатия по стенке прокатываемых труб. Универсальностью обладает способ формирования необходимой

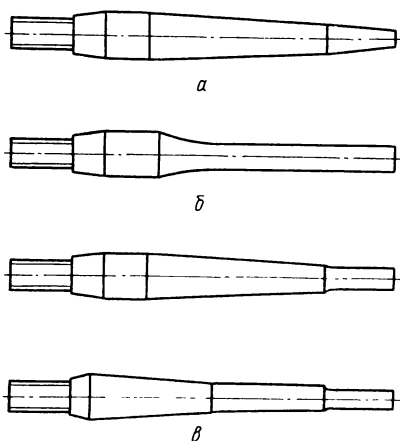


Рис. 132. Оправки станов ХПТ:
а — с прямолинейной образующей; *б* —
вогнутая; *в* — ступенчатая

стенки в пределах рабочего конуса как за счет профилирования ручья калибра, так и оправки. Использование оправок с криволинейной образующей, называемых также вогнутыми (рис. 132, б), расширяет возможности управления качеством прокатных труб за счет выбора соответствующего закона для продольного сечения оправки.

Наряду с однопрофильными оправками в ряде случаев используют не монотонную их образующую: ступенчатую или ломаную (рис. 132, в). Так, применение двухконусной оправки с большой начальной конусностью позволяет вести процесс холодной прокатки труб практически без ее закрепления на стане с возможностью самоустановки. Применение конической оправки с цилиндрическими участками в зоне калибровки стенки (на калибрующем участке) обеспечивает получение труб повышенной геометрической точности на конической оправке с прямолинейной образующей.

Многочисленные исследования по стойкости инструмента свидетельствуют о существенной ее зависимости от прокатаваемого материала труб, режимов и быстроходности работы стана, используемой калибровки, качества изготовления технологического инструмента.

Ориентировочные данные по стойкости оправок и калибров приведены в табл. 45 в следующем виде.

Т а б л и ц а 45. Стойкость инструмента на различных станах

Материал трубы	Объем проката до перешлифовки калибров, тыс.м труб			
	ХПТ 32	ХПТ 55	ХПТ 75	ХПТ 90
Сталь углеродиста и низколегированная	18—32	18—35	20—40	20—60
Сталь высокоуглеродистая	12—27	16—30	18—32	—
Сталь нержавеющая и жаропрочная	8—10	8—12	10—15	—
Материал трубы	Объем проката до перешлифовки оправки, тыс.м труб			
	ХПТ 32	ХПТ 55	ХПТ 75	ХПТ 90
Сталь углеродистая и низколегированная	3—6	4—8	5—9	5—11
Сталь высокоуглеродистая	18—32	1,5—4	2,5—4	—
Сталь нержавеющая и жаропрочная	0,5—2,5	0,5—3	1—3	—

Использование оправок с криволинейной образующей позволяет увеличить стойкость инструмента (преимущественно калибров) за счет снижения технологических нагрузок. По данным работы [31], использование оправок с профилем образующей (МДМ) на заводе VTZ в г.Хомутове (ЧСФР) обеспечивает двух-трехкратную стойкость калибров при прокатке нержавеющей стали по сравнению с вышеприведенными значениями. Так, на стане KPW 75 VMR при производительности 410 м/ч стойкость калибров составляет 42,5 тыс.м, а оправок — 3 тыс.м.

Основной причиной ограниченной стойкости является износ рабочей поверхности инструмента: выработка ручьев калибров и образование шейки на оправке преимущественно в обжимной зоне. К другим видам отказов инструмента относятся: смятие на тяжело нагруженных контактных поверхностях крепления и опирания калибра на валок, образование трещин и сколы рабочих калибров в местах концентрации напряжений (преимущественно по ребордам, пазам под клин), а в ряде случаев вскрытие дефектов термообработки. Для оправок характерна усталостная поломка. Кроме того, выход из строя инструмента нередко объясняется дефектами его настройки и нарушением технологических режимов.

По данным Ю.Ф.Шевакина [32], стойкость подковообразных и полукольцевых калибров выше, чем у полудисковых в 1,5—2 раза из-за стабильности зазоров по длине хода клетки. Согласно тем же данным стойкость калибров преимущественно определяется износом по ширине ручья, поскольку он является преобладающим.

Изготовление прокатного инструмента выполняется централизованно, а окончательное профилирование выполняют в инструментальных участках основных производственных цехов. Технологией изготовления предусмотрено получение необходимых поковок, их предварительный отжиг, последующая механическая обработка всех поверхностей, включая черновую расточку ручья с заданным припуском на окончательную чистовую операцию (шлифование и полировка). После предварительной механической обработки инструмент (калибры и оправки) подвергают упрочняющей термической обработке: закалка и опуск, затем он поступает в производственные цехи, где и подвергается окончательному шлифованию и полировке на необходимый размер. На этих же участках выпол-

Т а б л и ц а 46. Поверхностная твердость прокатного инструмента

Поверхность	Твердость, <i>HRC</i>		
	ХПТ 32, 55, 90	ХПТ 75	ХПТ 120
Рабочая поверхность ручья и реборд, полудисковые, подковообразные, полукольцевые	52	48	48
Остальные поверхности калибров		50—57	
Рабочие поверхности оправок:			
холодной прокатки		54—60	
теплой прокатки		50—54	
хвостовик оправки		25—35	

няют перешлифовку инструмента по мере выработки (износа) рабочих поверхностей на новый размер.

Предварительной механической обработке всех поверхностей калибров, включая и черновую расточку ручьев, предшествует отжиг. При этом твердость поковок определяется значениями *HВ* 170—207. После предварительной механической обработки калибры и оправки подвергают закалке и отпуску (табл. 46).

Для черновой обработки и отделочных операций при изготовлении ручьев калибров станов холодной прокатки труб используют специальные расточные и шлифовальные станки типа 2692, 2692Ш, ЛР-40, ЛР-41, ЛГ-10, ЛЗ-180 и ЛЗ-250. На шлифовальных станках типа 2692Ш и ЛР-41 ручьи получают внутренним шлифованием, а на станках марки ЛГ-10, ЛЗ-180 и ЛЗ-250 — круглым наружным шлифованием.

На станках внутреннего шлифования ЛР-41 (ЛР-40) различают следующие движения подачи: круговая подача — в направлении обхода поперечного сечения ручья, продольная подача в направлении вращения изделия (калибра) вокруг собственной оси и поперечная подача — периодическое поперечное перемещение бабки (ЛР-41) или шпинделя (2692) шлифовального круга.

На станке ЛР-41 (ЛР-40) обрабатываемые изделия (калибры) попарно закрепляют на вращающейся планшайбе так, что собственные оси вращения изделий параллельны, образующие цилиндрической поверхности калибров проходят через ось планшайбы, а шлифуемый ручей и планшайба соосны. Таким образом, круговая подача задается вращением планшайбы, а

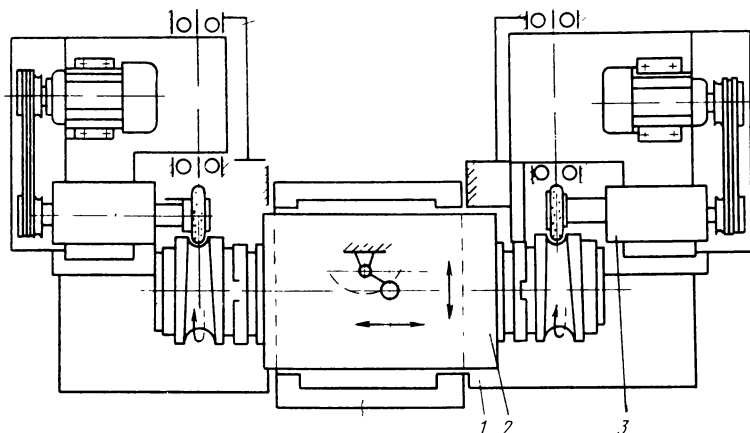


Рис. 133. Станок для шлифования ручьев калибров станков модели ЛЗ 250

продольная — вращением изделий, согласованным с перемещением копирной планки, задающей поперечную подачу.

На станках наружного шлифования ЛЗ-180, ЛЗ-250 (рис. 133) осуществляют следующие основные движения: круговая подача — вращение изделий вокруг собственных осей вращения, продольная подача — обход поперечного сечения ручья и поперечная подача — периодическое перемещение на глубину шлифуемого слоя. Два последних движения на станках ЛЗ выполняются за счет движения бабки изделия, на шпинделе которой закреплены изделия. Кроме того, на станке предусмотрено дополнительное движение — наклон шлифовального круга в направлении образующей сужающегося ручья и исключая подрез профиля. Это движение достигается за счет отклонения шлифовальной бабки от оси изделия и расположенной ниже последней. Наклон бабки шлифовальной кинематически связан с вращением изделия. Станок ЛК-250 состоит из станины 1 с размещенными в ней приводами вращающегося стола бабки изделия и механизмов подач, бабки изделия 2, несущей шпиндель с закрепленным на его концах обрабатываемыми калибрами и шлифовальными бабками 3, расположенных по разные стороны (справа и слева) от бабки изделия.

Обработка желоба ведется с вращением изделия вокруг своей оси и поступательным (плоскопараллельным) перемещением его в плоскости, проходящей через ось изделия и точку контакта его с режущим инструментом по нормали к обрабатываемой поверхности, составляющей с осью угол φ (рис. 134). При каждом повороте изделия центр кривизны режущего инструмента совершает относительное перемещение по постоянному закону, задаваемому кулаком формообразования профиля между точками A и B нормали NN , расстояние OA и OB от центра кривизны желоба (точки O) равны соответственно разности наибольшего и наименьшего значений радиуса кривизны профиля желоба R и радиуса кривизны режущего инструмента r

$$OA = R_{\max} - r, \quad OB = R_{\min} - r.$$

При каждом обороте изделия обрабатывается кольцевой пояс, форма которого определяется значениями двух переменных: угла φ и радиуса-вектора R . Медленно изменяя угол φ путем непрерывного поворота направления поступательных перемещений изделия относительно режущего инструмента, обрабатывается вся поверхность желоба, при этом угол φ изменяется от 0 до 180° .

Синхронно с вращением изделия с целью ликвидации под-

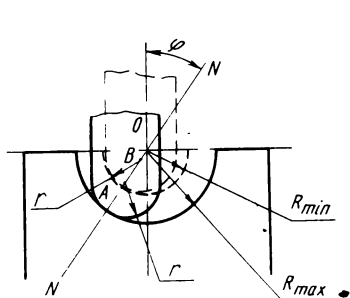


Рис. 134. Технологическая схема внешнего шлифования ручья калибра

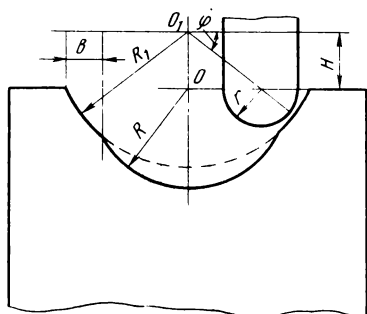


Рис. 135. Технологическая схема внешнего шлифования развалки ручья калибра

резания обрабатываемого профиля шлифовальным кругом проводится поворот плоскости симметрии шлифовального круга вдоль образующих конических участков ручья, причем амплитуда качания изменяет величину и направления по мере обхода режущим инструментом поперечного сечения ручья по синусоидальному закону.

Для обработки выпусков радиусной формы (развалки ручья) (рис. 135) центры кривизны профилей обрабатываемой поверхности переносят из точек O в O_1 , что соответствует отводу инструмента от изделия на расстояние H , и осуществляют обработку развалки по радиусу $R_1 > R$, изменяя при этом величину R_1 способом, описанным выше, но по иному закону, самостоятельным кулаком и, таким образом, что при R_{\min} величина радиуса R_1 также имеет минимальное значение ($b \rightarrow 0$).

Так же, как и обработка желоба, обработка выпусков ведется с использованием поворота шлифовальных кругов вдоль образующей шлифуемого конического участка. Кроме того, развалка может быть обработана по участкам от нескольких кулаков (или с изменением величины H) таким же способом, или только с использованием поворота шлифовальных кругов при обработке участков вблизи пересечения ручья с точкой калибра.

Кинематика формирования сечения ручья

На подвижной станине станка (рис. 136) в радиальных 1 и упорных 2 подшипниках установлен вращающийся стол 3, кулисный механизм которого с изменяющимся эксцентриситетом задает круговую траекторию движения бабке изделия. Бабка изделия состоит из верхнего 4 и нижнего 5 корпусов. Верхний корпус перемещается в направляющих нижнего вдоль оси инструмента, закрепленного на шпинделе этого корпуса с обеих сторон. Нижний корпус бабки изделия перемещается в направляющих станины станка в направлении, перпендикулярном оси изделия. Перемещения нижнего и верхнего корпусов соответствуют линейным координатам кулисного механизма относительно оси стола.

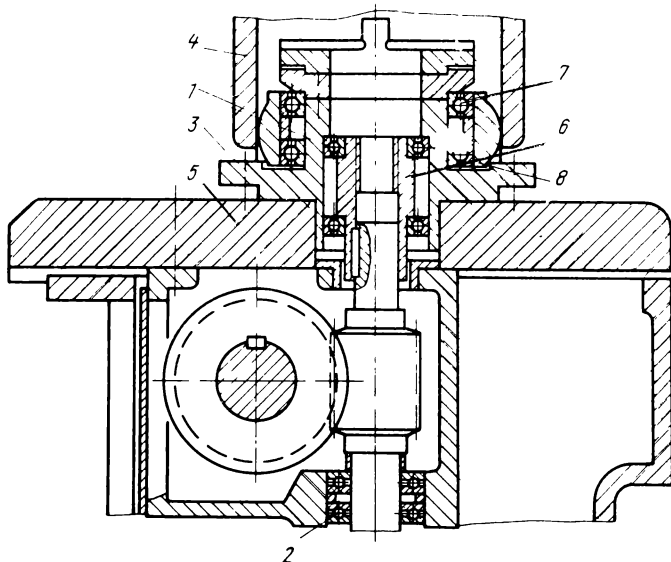


Рис. 136. Установка вращающегося стола

Кулисный механизм. Формирование ручья переменного радиуса

Вращение оси кулисного механизма синхронизировано с приводом вращения шпинделя бабки изделия (рис. 137). Кулисный механизм помимо синхронизирующего устройства вращения 1 включает кулачковый механизм изменением эксцентриситета 6, размещенный в столе станка. Механизм изменения эксцентриситета обеспечивает изменение радиуса ручья по заданному закону калибровки и поперечную подачу (внедрение шлифовального круга по нормали к ручью на глубину резания).

Синхронизирующее устройство вращения состоит из двух соосных валов 1 и 2, связанных шлицевой муфтой 3, установленной в подшипниках 4 каретки стола, с закрепленными на противоположных концах этих валов червячным приводом 5 шпинделя изделия и приводом вращения кулачка изменения профиля калибровки 6 соответственно. Вал кулачка с червячным колесом синхронизирующего устройства установлен в подшипниках каретки подвижной в радиальном направлении по

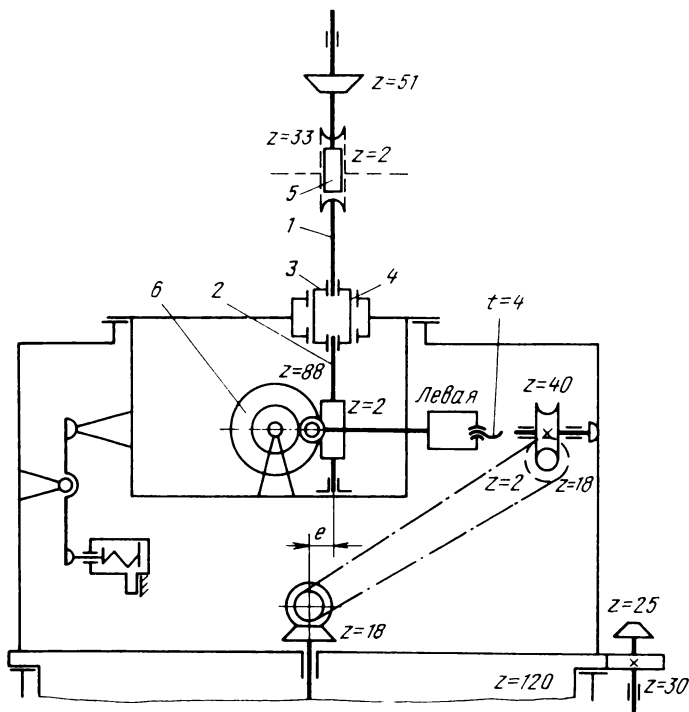


Рис. 137. Схема кулисного механизма

отношению к оси стола. Радиальным перемещением каретки, задаваемым с помощью механизма изменения эксцентриситета, обеспечивается заданное смещение бабки изделия.

Механизм изменения эксцентриситета включает кулачковый вал с червячным колесом $Z_k = 88$ его привода, закрепленный в подшипниках каретки. Кулачок, рабочий профиль которого выполнен по закону изменения радиуса желоба по длине ручья с учетом подрезания профиля кругом, контактирует с роликом толкателя и имеет пружинное силовое замыкание. Толкатель, длина которого изменяется с помощью винтового соединения с шагом $p = 4$, приводимого во вращение через червячную передачу ($u = 40$), опирается своим хвостовиком на стенку корпуса поворотного стола. В результате поворот червячного колеса ($Z_k = 40$) обеспечивает изменением длины толкателя необходимый эксцентриситет и за счет этого —

поперечную подачу в глубину желоба ручья, а вращение червячной передачи ($Z_k = 88$) кулачка, синхронизированное с приводом шпинделя изделия, также за счет изменения эксцентриситета изменяет радиус сечения ручья калибра. На каретке (рис. 136), являющейся камнем кулисы, соосно со шлицевой муфтой 6 вала 1 синхронизации вращения шпинделя и кулачка, закреплен на подшипниках 7 поводок 8, взаимодействующий со стаканом 4 верхнего корпуса бабки изделия.

Стол станка. Механизм подачи (продольной)

Стол станка имеет вертикальную ось вращения (см. рис. 136). Основным назначением стола является формирование круговой траектории сечения ручья (см. рис. 134) и продольной (круговой) подачи. Перемещение в обратном направлении по круговой траектории достигается за счет реверса

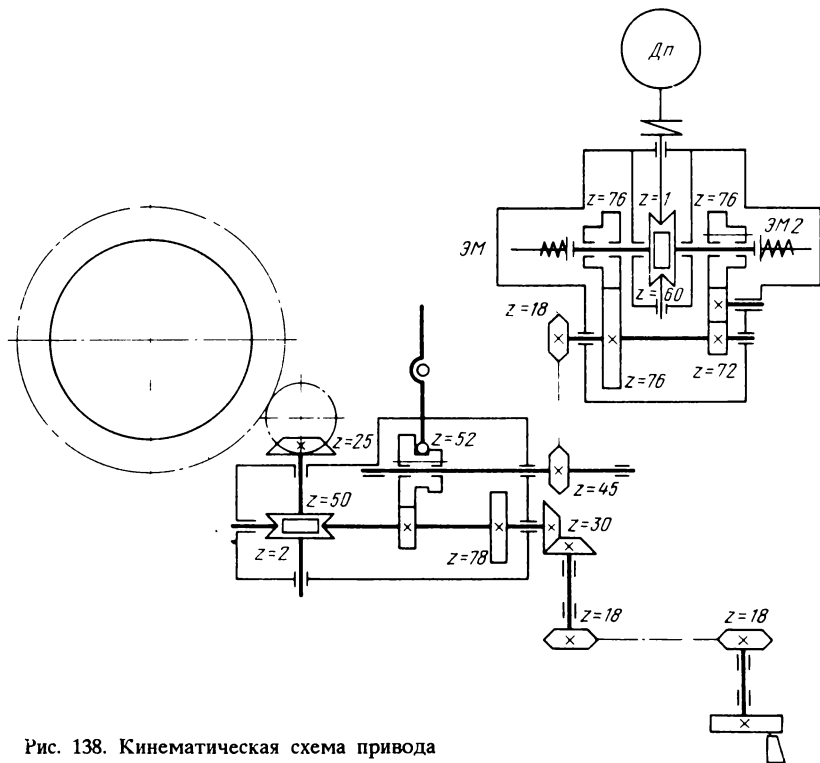


Рис. 138. Кинематическая схема привода

вращения стола. На рис. 138 представлена кинематическая схема привода стола от двигателя ДП мощностью 5 кВт с регулируемой частотой вращения от 300 до 3000 об/мин. Вращение от вала двигателя (рис. 138) через червячную передачу $u = 60$ и цилиндрические зубчатые колеса $Z_1/Z_2 = 76/76$ сообщается цепному приводу $Z_{45}/Z = Z + 8$ механизма подачи.

Механизм подачи включает двухскоростную цилиндрическую зубчатую передачу и червячную передачу, ведомое (червячное) колесо $Z_k = 50$ которой через пару конических $u_k = 25/25$ и цилиндрических зубчатых передач $u_{ц} = 120/30$ сообщает вращательное движение столу на половину оборота. Затем с помощью электромагнитных муфт ЭМ, ЭМ2 происходит переключение передачи с одной цилиндрической зубчатой $Z_1/Z_2 = 76/76$ на другую $Z_3/Z_4 = -76/72$, содержащую паразитную шестерню. В результате выполняется обратное вращение стола. Переключение электромагнитных муфт осуществляется от конечного выключателя, установленного внутри станины на уровне упоров, закрепленных в планшайбе стола под нижним упорным подшипником.

Механизм подачи (рис. 138) имеет блок перекидных зубчатых колес с управлением от рукоятки 1 переключения подач, расположенной на лицевой стороне станка внизу между маховиками ручного привода механизма продольной подачи и

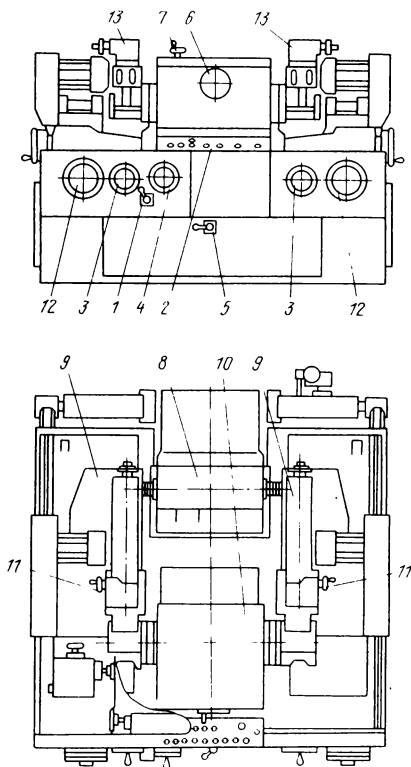


Рис. 139. Общий вид стана ЛЗ 250

управления поперечной подачей 1 (рис. 139). Этой рукояткой следует пользоваться при переходе с черновой подачи (положение II) на чистовую (положение I). При этом скорость подачи увеличивается в три раза. Величина подачи может быть изменена тумблером 2 ее настройки на пульте управления, при повороте которого изменяется плавно число оборотов двигателя подачи ДП в диапазоне от 300 до 3000 об/мин.

Стол поворачивают вручную одним из маховиков 3 (рис. 139), находящихся на фартуке станины (второй маховик слева и справа от краев лицевой части станины) при нейтральном положении рукоятки 1 переключения подач. Вращение этого маховика (см. рис. 138) через цепную $u=18/18$ и коническую зубчатую передачу $u=30/30$ сообщается червяку $u=50/2$ привода вращения стола.

Механизм поперечной подачи и ее включения

Механизм предназначен для осуществления (врезания) поперечной подачи на глубину резания. Врезание осуществляется за счет изменения эксцентриситета кулисного механизма (см. рис. 137) за счет изменения длины толкателя кулачкового механизма 6. Длину толкателя регулируют с помощью резьбового соединения $t=4$ (см. рис. 137) при вращении винта от червячной передачи ($Z_k=40$), червяк которой соединен цепным приводом и конической передачей с валом,

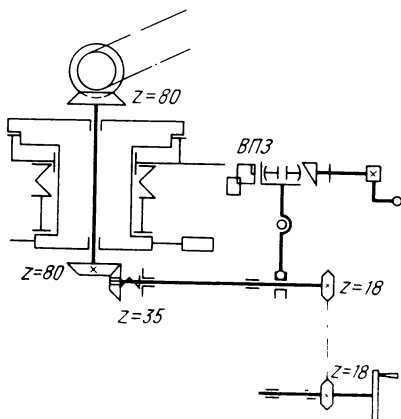


Рис. 140. Механизм поперечной подачи

размещенным на оси стола. Этот вал (рис. 140) приводят во вращение через коническую зубчатую $u = 80/35$ и цепную $u = 18/18$ передачи, связывающие его с маховиком (с лимбом) управления поперечной подачей. Маховик 4 (рис. 139) расположен на фартуке лицевой стороны станка непосредственно под пультом управления.

Включение ручной подачи от маховика 4 (рис. 139) поперечной подачи не допускается при работающем механизме продольной подачи. Это достигается специальной блокировкой и механизмом включения поперечной подачи (рис. 140). Механизм включения (рис. 140) имеет рукоятку 5 (рис. 139), размещенную под фартуком стола по середине лицевой стороны станка. Для включения поперечной подачи рукоятку поворачивают вниз, при этом (рис. 140) торцовый кулак отклоняет через ролик рычаг перемещения вала конической шестерни $Z = 35$ ручного привода поперечной подачи и вводит ее в зацепление. Одновременно включается конечный выключатель, исключающий запуск электродвигателя ДП продольной подачи. Выключение поперечной подачи осуществляется поворотом рукоятки влево или вправо до упора.

Бабка изделия

Функционально бабка изделия состоит из трех частей: собственно бабка изделия с ее приводом механизированным и ручным (через верхний и нижний корпус); механизма синхронности вращения шпинделя изделия и кулачка формообразования сечения ручья; контрпривода вращения кулачка механизма поворота шлифовальных кругов.

Вращение шпинделя с установленными на его противоположных концах изделиями (калибрами) (рис. 141) осуществляется от двухскоростного электродвигателя $n = 955/1449$ об/мин Д197 мощностью 1,1/1,6 кВт через ременную ($D_1 = 87$; $D_2 = 290$) и червячную беззазорную передачу. При этом червячный вал (см. рис. 137), размещенный в подшипниках верхнего корпуса бабки изделия, через шлицевую муфту соединен с червяком привода кулачка формообразования сечения ручья. При этом шлицевая муфта имеет на наружной поверхности резьбу с шагом червяка привода шпинделя. В результате завинчивания в гайку корпуса бабки и перемещения червяка привода шпинделя и вала шлицевого

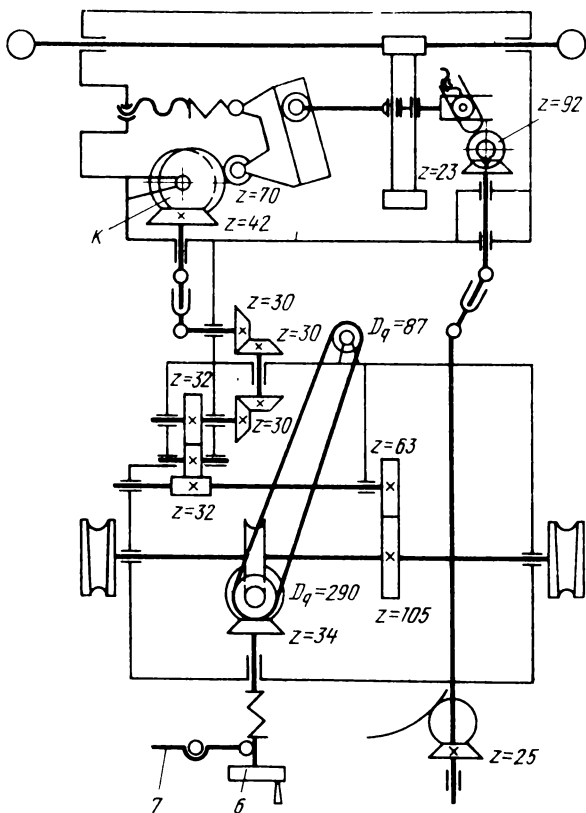


Рис. 141. Кинематическая схема бабки изделия

осуществляется дополнительный поворот шпинделя в ту или другую сторону в зависимости от направления вращения кулисного механизма.

Установленный поворот шпинделя может осуществляться вручную от маховика *б* (см. рис. 139), расположенного на лицевой стороне бабки изделия посередине. Вращение маховика через расцепляемую во время работы станка коническую зубчатую передачу сообщается червяку привода шпинделя и возможно только при отключенном электродвигателе *ДП*. Блокировка включения двигателя обеспечивается конечным выключателем ВП-1. Для включения ручного вращения шпинделя необходимо повернуть рукоятку *7* (см. рис. 139) ручного при-

вода, размещенную на верхней крышке бабки изделия. При этом за счет сжатия пружины вводятся в зацепление конические колеса ручного привода и включается блокировочный конечный выключатель ВП-1.

Кроме перечисленных механизмов в бабке изделия размещен контрпривод механизма поворота шлифовальных кругов.

Механизм поворота шлифовальных кругов

Механизм установлен между шлифовальными бабками за бабкой изделия на станине станка 8 (см. рис. 139) и предназначен для наклона шлифовальных кругов в соответствии с конусностью ручья обрабатываемого изделия для исключения подрезания профиля ручья шлифовальным кругом большого диаметра. Шлифовальные бабки 9 (см. рис. 139), установленные слева и справа от бабки изделия 10 (см. рис. 139), имеют качающиеся корпуса, ось качения которых перпендикулярна оси изделия. Координация и синхронизация наклона шлифовального круга с соответствующим участком калибров (изделия) по периметру ручья достигается наличием кинематической связи механизма поворота кругов с угловыми положениями шпинделя и вала продольной подачи.

Механизм имеет два привода: привод вращения кулака, кинематически связанного с вращением шпинделя бабки изделия, и привод перемещения толкателя, кинематически соединенный с механизмом продольной подачи. Привод кулака К (см. рис. 141) задает наклон шлифовального круга в зависимости от участка обхода ручья изделия, а перемещение толкателя зависит от углового положения шлифуемого участка по отношению к образующей калибров в сечении ручья. При этом неизменная длина штанги, отклоняющей обе шлифовальные бабки, обеспечивает одинаковые их углы наклона.

Штанга отклонения шлифовальных бабок установлена в цилиндрических направляющих скользящая неподвижного корпуса станины и соединена неподвижно с коромыслом и двумя заключенными в нем цилиндрическими параллельными штангами, остающимися всегда перпендикулярными к штанге толкателя. На этих штангах установлен подвижно вдоль них толкатель, имеющий консольно закрепленный ролик линейки и продольный паз для ролика, отклоняющего кривошипа с регулируемой длиной с помощью винтовой пары. Привод отклоняющего кри-

вошипа осуществляется от вала продольной подачи через шлицевую муфту, коническую и цилиндрическую передачи.

Механизм привода вращения кулака, отклоняющего линейку, осуществляется от шпинделя бабки изделия через цилиндрическую зубчатую передачу ($u = -32/32$, рис. 141) с паразитной шестерней и три последовательные конические зубчатые передачи ($Z/Z = 30/30 \cdot 30/30 \cdot 70/42$, рис. 141), соединенные шлицевым валом. Отклоняющая линейка имеет неподвижную ось, закрепленную в станине и соединенную с линейкой подшипником качения, а силовое замыкание линейки осуществляется пружиной с регулируемой величиной развиваемого ею усилия винтом.

Шлифовальная бабка

Шлифовальная бабка состоит из трех механизмов, выполняющих следующие функции. Собственно шпиндель шлифовального круга, соединенный клиноременной передачей с электродвигателем ДП мощностью 5,5 кВт и с частотой вращения вала до 3000 об/мин, обеспечивающим линейную скорость 35 м/с при диаметре шлифовального круга 300 мм. Для полирования паропластовым кругом скорость снижают до 28 м/с заменой шкивов и профиля ремня *A* на профиль *O*. Механизм компен-

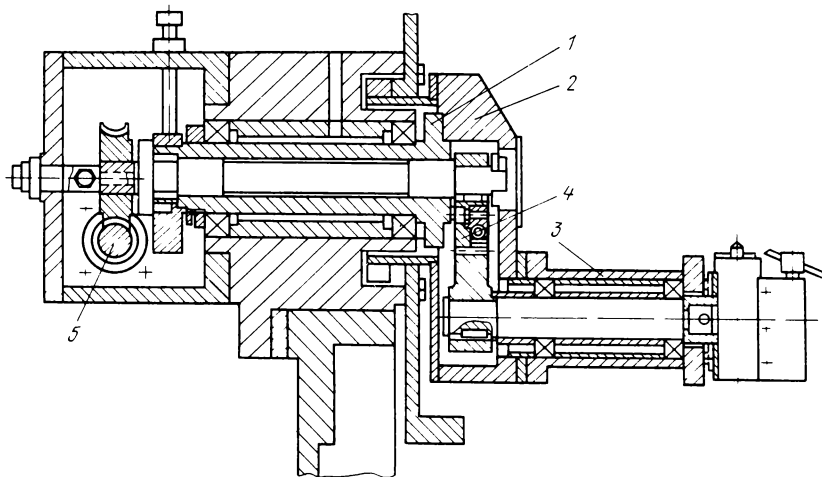


Рис. 142. Механизм компенсации износа шлифовального круга

сацией износа круга (рис. 142), содержащей ходовые винты, приводимые в движение через шлицевую муфту от червячного колеса, червяк которого конической зубчатой передачей соединен с маховиком, контролируемым по лимбу и расположенным на боковой поверхности каждой бабки 11 (см. рис. 139). При смещении винта корректировки глубины желоба, установленного на станине станка в сторону бабки, шлифовальный желоб становится мельче. Смещение винта корректировки глубины желоба выполняется через многоступенчатую двухосную зубчатую цилиндрическую передачу и шлицевую втулку вращения винта корректировки от рукоятки регулирования, расположенной на лицевой стороне станка на фартуке 12 (см. рис. 139).

Механизм правки шлифовального круга 13, предназначенный для его профилирования по заданному радиусу вручную с помощью алмаза, установлен (см. рис. 139) сверху на каждой бабке в направляющих качения с возможностью перемещения вдоль оси качания бабки. Конструкция механизма показана на рис. 142. В корпусе механизма правки на подшипниках установлен полый шпиндель 1, несущий коромысло 2, в корпусе которого на заданном удалении от оси полого шпинделя размещен параллельно ему поворотный вал 3 алмазодержателя. Вращение шпинделя с коромыслом задается от маховика, размещенного сверху бабки шлифовальной на механизме правки. Поворот полого шпинделя до упора совместно с алмазодержателем при дальнейшем вращении маховика обеспечивает поворот вала алмазодержателя от пружиненного сектора 4 до тех пор, пока гайка, размещенная на резьбовом участке червяка 5, не дойдет до упора. Этим движением вала алмазодержателя относительно коромысла осуществляется калибровка шлифовального круга по торцу. После прямого хода осуществляется реверс с обратной последовательностью движений алмаза. Радиус заправки регулируют перемещением державки алмаза в радиальном направлении, перпендикулярном оси полого шпинделя от специального винта.

Для правки круга бабка шлифовальная отводится в крайнее заднее положение (от изделия) с помощью гидроцилиндра до упора на станине. Этот же гидроцилиндр возвращает бабку в рабочее положение, в котором также осуществляется корректировка глубины желоба.

Станки типа ЛР используют для черновой (ЛР-40, с помощью резца) и для чистовой (ЛР-41, с помощью шлифовального круга) обработки ручьев калибров, имеющих преимущественно форму полудисков. Принцип получения ручьев: методом расточки – черновой, внутренним шлифованием – чистовой. Схема обработки показана на рис. 143.

Для этого обрабатываемые калибры, вращающиеся вокруг оси ручьев калибров со скоростью круговой подачи, устанавливают на планшайбе. При этом сами калибры вращаются относительно собственных осей во встречном направлении со скоростью продольной подачи. Обрабатывающий инструмент – резец или шлифовальный круг – установлены на консольной борштанге, совершающей в процессе резания радиальное перемещение по отношению к ручью – перемещение по заданному калибровкой закону изменения диаметра сечения ручья. Радиальные перемещения инструмента совместно с инструментальной бабкой осуществляются от копира, имеющего профиль развертки гребня ручья. Закон его поступательного перемещения задается ходовым винтом, скорость вращения гайки которого зубчатыми передачами (с постоянным передаточным отношением) связана с продольной скоростью взаимного разворота калибров относительно их соответствующих параллельных осей. В результате каждому значению продольной (окружной) координаты развертки соответствует заданное значение диаметра ручья.

Шлифовку ручья осуществляют при вращении валков с ка-

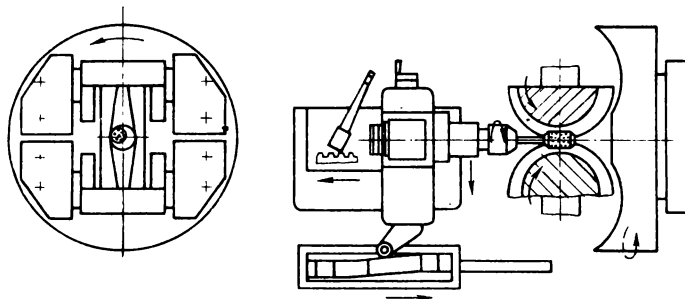


Рис. 143. Технологическая схема внутреннего шлифования ручьев калибров

либрами (продольная подача) в обоих направлениях. При этом реверсирование вращения обрабатываемых изделий и дополнительное радиальное перемещение шлифовального круга на глубину резания происходит автоматически в конце каждого прохода от упоров, расположенных у концов копира. Для увеличения срока службы шлифовального круга предусмотрено его автоматическое возвратно-поступательное перемещение вдоль оси на 24 мм. Глубина резания при черновой шлифовке 0,15–0,3 мм втрое превышает это значение при чистовых отделочных проходах.

Последней операцией при изготовлении ручьев является шлифование выпусков (развалка калибров). Для этого зону обработки смещают от линии центров за счет осевого перемещения борштанги на расчетную величину. В этом сечении плоскостью, параллельной плоскости осей калибров, ручьи обрезают незамкнутую эллиптическую форму, благодаря чему при круговой подаче обрабатывается только часть сечения вблизи образующей бочки калибров. Центральный угол развалки тем больше, чем больше осевое смещение зоны обработки от линии центров.

Внешнее устройство станка ЛР-41 показано на рис. 144. На правой части лицевой стенки станины размещены механизм переключения продольной подачи 1 для осуществления враще-

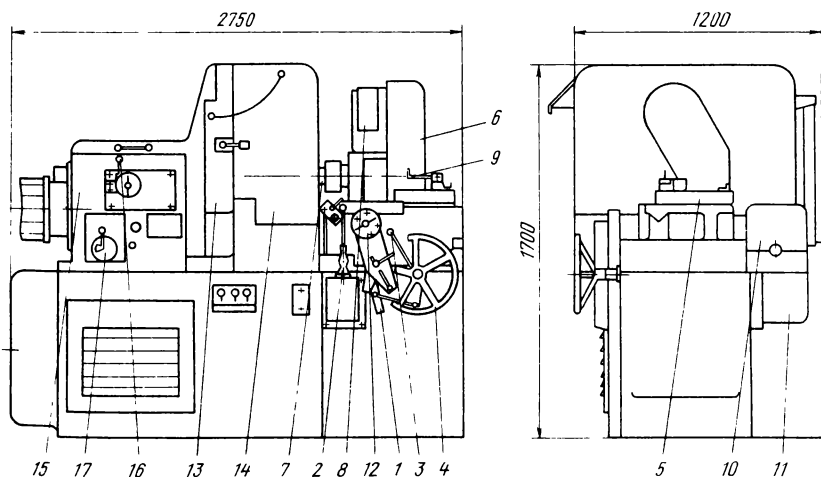


Рис. 144. Общий вид стана ЛР-41

ния валков с калибрами в обоих направлениях. Рычаг 2 имеет три положения: поворот в сторону планшайбы — включение рабочей подачи; вертикальное положение — установочное вращение валков вручную и перемещение копиров; поворот в сторону от планшайбы — ускоренное перемещение калибров. Рукоятка 3, расположенная позади штурвала, предназначена для переключения подачи на ходу при повторном шлифовании отдельных участков ручьев калибров, а штурвал 4 для вращения валков и перемещения копиров вручную.

Сверху станины, в правой ее части, в двойных салазках суппорта 5 установлена шлифовальная (инструментальная) головка 6. Шлифовальная головка имеет борштангу 7 для закрепления обрабатываемого инструмента, приводимую во вращение от электродвигателя 8. Перемещение суппорта вдоль оси борштанги осуществляется рукояткой 9. Позади инструментальной головки 6 установлены салазки 10 с копиром, перемещаемым вдоль оси борштанги. Копир связан роликовым толкателем с инструментальной головкой, обеспечивающим радиальное перемещение оси борштанги в соответствии с заданной калибровкой (профилем гребня ручья калибра). Под салазками 10 с копиром размещен механизм поперечного врезания 11 шлифовального круга от маховичка 12, расположенного на лицевой поверхности станины.

Среднюю часть станка занимает узел планшайбы 13, закрытый откидной в вертикальной плоскости крышкой 14. На планшайбе вокруг оси, параллельной оси борштанги 7, закреплены валки с калибрами, оси вращения которых перпендикулярны оси планшайбы и размещены относительно нее на удалениях, равных радиусу бочки калибров. При этом калибры совершают пространственное планетарное движение, вращаясь вокруг собственных осей (продольная подача) относительно планшайбы и вместе с ней вокруг оси обрабатываемого ручья (см. рис. 143).

В левой от оператора части на станине размещен корпус коробки скоростей и подачи 15 с фланцевым электродвигателем ($P = 2,5$ кВт, $n = 750/1500$ об/мин) привода планшайбы. Для изменения скорости планшайбы служит переключатель 16, а для изменения величины подачи передвижения блоков шестерни — однорукояточный переключатель 17.

Кинематическая схема коробки скоростей шпинделя план-

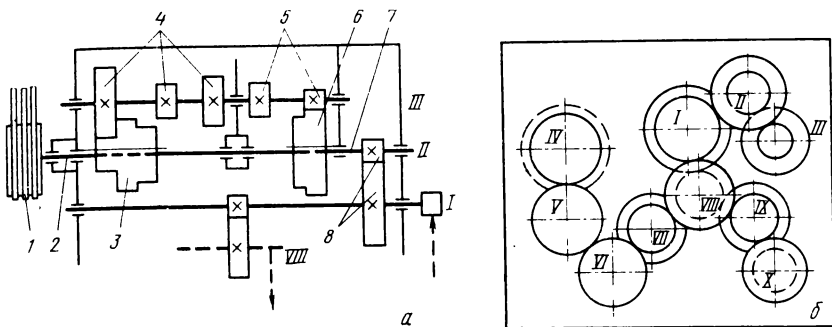


Рис. 145. Коробка скоростей стана ЛР-41:
а — кинематическая схема; *б* — расположение осей

шайбы, реализующей круговую подачу обрабатывающего инструмента, и размещение осей и валов представлены на рис. 145. Вращение от электродвигателя ($P = 2,5$ кВт, $n = 750/150$ об/мин) через ременную передачу 1 сообщается шлицевому валу 2 (ведущий вал на оси II) и через трехвенцовый блок 3 зубчатых колес (24; 28; 20) — на одно из трех соответствующих зубчатых колес 4 (53; 49; 57), расположенных на оси III. Соосными шестернями 5 (44; 22) приводится во вращение двухвенцовый блок 6 ($Z = 33; 57$) ведомого вала 7, соосного валу 2 (ось II), а затем через зубчатую передачу 8 ($u = 22/58$) вращение передается на шпиндель (ось I). Таким образом, на станке ЛР-41 предусмотрено шесть значений угловых скоростей планшайбы.

Для согласованного изменения скорости вращения валков с калибрами относительно собственных осей, реализующей продольную подачу инструмента, и соответствующей скорости перемещения копира служит коробка подач. Одновременно изменение этих скоростей обеспечивает заданное калибровкой формирование профиля гребня ручьев калибров. Продольная подача (рис. 146) осуществляется отбором движения от шпинделя планшайбы, соединенного с ведущим шлицевым валом коробки подач на оси VIII (см. рис. 145), зубчатой передачей с ведомым колесом ($Z = 42, m = 3$). Выбор одного из 12 возможных вариантов подач обеспечивается следующей кинематической цепью зубчатых передач (рис. 146): подвижный трехвенцовый блок зубчатых колес (23; 24; 28) ведущего шлицевого вала, через одно из трех зубчатых колес 2 (46;

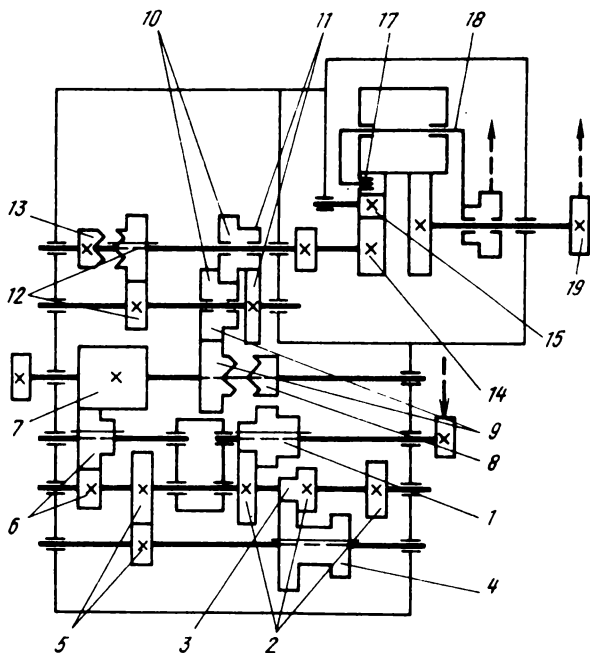


Рис. 146. Кинематическая схема коробки подач станка ЛР-41

34; 40), закрепленных на первом валу оси x , через одну из шестерен блока 3 ($Z=18$ или 34). Сообщает вращение двухвенцовому блоку 4 ($Z=50; 54$) вала x , а затем через зубчатую передачу 5 с соотношением $i=50/18$ (ось IX) и промежуточный двухвенцовый блок 6 ($50; 18$) — зубчатому колесу 7 ($Z=42$) вала VII. При замыкании зубчатой муфты 8 включается последующая группа пар зубчатых колес 9 (51/53), 10 (56/25), 11 (53/58) и 12 (47/34), сообщающая движение кулачковой муфте 13 вала V. Замыкание муфты 13 обеспечивает через передачу (43/45) вращение солнечной шестерни 15 ($Z=20$) дифференциального зубчатого механизма с двумя приводными центральными колесами 15 ($Z=20$), 16 ($Z=24$) и зацепляющимися с ними двумя последовательно расположенными сателлитами 6 (19 и 25), шарнирно установленными в водиле 18.

Водило ускоряющей зубчатой передачей 58/22 с модулем 5 приводится во вращение от шпинделя, а солнечная шестерня 15, соединенная этим же шпинделем, через 12-скоростную

коробку подач, как было показано выше. Ведомое солнечное колесо $Z = 24$ через вал IV и консольное (см. рис. 146) колесо 19 ($Z = 24$, $m = 3$) передает замедленное вращение на ведущее колесо привода валков $Z = 116$, соосное шпинделю. При неподвижной солнечной шестерне шпиндель и ведущее колесо $Z = 116$ (см. рис. 145) привода валков вращается с одной угловой скоростью, при этом валы всех зубчатых и червячных передач, размещенных в корпусе планшайбы, вращающиеся в свою очередь зацело со шпинделем, остаются неподвижными относительно планшайбы. В результате продольная подача отсутствует, а оба калибра, как единая деталь, вращаются вокруг оси ручья. При установке с помощью переключаемых зубчатых блоков (см. рис. 146) одной из скоростей центральной шестерни 18 дифференциала, изменяется относительно его водила угловая скорость солнечной ($Z = 24$) и консольной 19 шестерни, а следовательно, разнятся угловые скорости шпинделя, несущего планшайбу, и солнечного зубчатого колеса ($Z = 116$, $m = 3$), являющегося ведущим для валков с обрабатываемым изделием. В этом случае валы, зубчатые и червячные колеса получают вращение относительно планшайбы и задают вращение подачи изделиям.

Валы коробок скоростей и подач имеют компактную схему расположения осей, представленных на рис. 145 с многочисленными соосными зубчатыми передачами. В результате порядок осей зубчатых передач коробки скоростей может быть представлена следующей последовательностью: $II-III-II-I$, а коробки передач: $I-VIII-IX-X-VIII-VII-VI-V-VI-V-IV-I$. Из приведенных последовательностей следует, что все зубчатые передачи располагаются вокруг оси вала I шпинделя. В отличие от шлифовального станка ЛР-41 расточной ЛР-40, имея иные значения скоростей и подач, сохраняет общие принципы компоновки коробок скоростей и подач и основные внешние габаритные размеры.

Планшайба

На приводном шпинделе изделий закреплена планшайба (рис. 147) с размещенными в ней осями валков (приводных оправок), на которых закрепляются обрабатываемые калибры. Кинематически планшайба является водилом пространственного

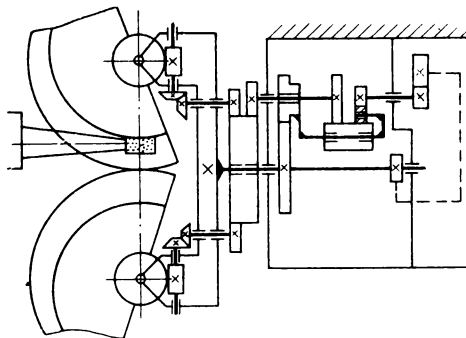


Рис. 147. Кинематическая схема планшайбы

планетарного механизма. Солнечное колесо ($Z = 116$, $m = 3$) приводит во вращение консольная шестерня ($Z = 24$) коробки подач. Два сателлита $Z = 54$, зацепляющиеся с солнечным колесом $Z = 116$ через валы, установленные параллельно шпинделю в подшипниках планшайбы, передают движение через коническую шестерню ($Z = 21$). Шестерни находятся в зацеплении с двумя ведомыми коническими колесами ($Z = 30$), каждое из которых через идентичные червячные передачи ($i = 45/1$, $m = 5$) приводит во вращение валки с калибрами. Червячные пары, непосредственно вращающие валы изделий, имеют устройство для "выборки" зазора. Для этого каждый вал, кроме основной червячной пары, имеет еще дополнительную, червяк которой может перемещаться при помощи специального винта в осевом направлении.

Изменение расстояния между центрами обрабатываемых валков достигается посредством перемещения (винтами) ползунов, несущих валы с изделиями. Во время обработки каждый ползун жестко прижимается к корпусу планшайбы четырьмя болтами. Для установки точного расстояния между осью вращения планшайбы и осями валов, несущих изделия, необходимо иметь точные плитки.

Главной задачей ремонтной службы является обеспечение безаварийной работы оборудования при наименьших затратах трудовых и материальных ресурсов. Важнейшим условием решения этой задачи является применение системы технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), суть которой состоит в проведении профилактических мероприятий и плановых ремонтов [33]. Предусматривается техническое обслуживание: профилактический уход и надзор, регулировка, смазка, очистка, осмотр оборудования, устранение неполадок; подготовка резервных узлов и изготовление запасных частей; расчет и планирование затрат труда ремонтного персонала, материалов и оборудования; плановые текущие и капитальные ремонты.

Положением ТО и Р регламентируются затраты труда на техническое обслуживание оборудования и подготовку ремонтов; периодичность и продолжительность текущих и капитальных ремонтов основного металлургического оборудования; структура ремонтного цикла — чередование видов ремонта между двумя капитальными ремонтами; затраты труда на выполнение ремонтов; нормы материальных затрат. Дальнейшее совершенствование работы механической службы ведется в следующих направлениях: усиление ответственности эксплуатационного и ремонтного персонала за состоянием оборудования; модернизация оборудования; совершенствование технологии ремонта и восстановления изношенных станин, упрочнения деталей, регулировки подшипников; механизация ремонтных работ.

1. Организация технического обслуживания и ремонта станов ХПТ

Ремонтный, дежурный и эксплуатационный персонал должны знать и соблюдать правила технической эксплуатации (ПТЭ) оборудования, на котором они работают, и производственно-должностные инструкции. Все оборудование должно быть закреплено за определенными лицами эксплуатационного и ремонтно-дежурного персонала, который несет ответственность за его состояние и исправность. Эксплуатационный персонал

участвует в техническом обслуживании и ремонте оборудования. Перечень выполняемых ими работ утверждается руководством предприятия. Вся работа по техническому обслуживанию и ремонту регламентируется Положением о техническом обслуживании и ремонтах (ТО и Р) механического оборудования [33], в котором должно соблюдаться выполнение правил и норм по техническому обслуживанию и эксплуатации станков и контроль за их соблюдением; организация учета работы и состояния оборудования, анализа затрат на его техническое обслуживание и ремонт, осуществление мероприятий по модернизации; выполнение норм технического обслуживания, структур ремонтного цикла, длительности межремонтных периодов, состава и содержания ремонтных работ; организация производственной базы для подготовки и выполнения ремонтов, изготовления и упрочнения деталей; организация снабжения необходимыми видами металла, смазочных материалов, оборудования; внедрение совершенных методов ремонта, средств механизации ремонтных работ; организация смазочного хозяйства; разработка и внедрение нормативов технического обслуживания и ремонтов с использованием персональных ЭВМ.

Техническое обслуживание оборудования в основном возлагается на дежурный и эксплуатационный персонал, который обязан выполнять работы: ведение систематического наблюдения за работой оборудования, проверка показаний контрольно-измерительных приборов, степени нагрева узлов трения и достаточности поступления смазки; замену сменного оборудования; устранение мелких неисправностей оборудования; смазку отдельных узлов трения и контроль работы централизованных систем смазки; проверку надежности крепления узлов и деталей; проверку шумовых характеристик и вибрации редукторов; очистку оборудования от технологической смазки, окалины и утечек масел. Состояние оборудования, выполненные работы, обнаруженные дефекты, нарушения ПТЭ, продолжительность простоев на устранении неисправностей заносятся в журнал приемки и сдачи смен, правильность заполнения которого контролируется механиком цеха.

Ремонтный персонал также выполняет работы по техническому обслуживанию: устранение неисправностей оборудования во время пересменок и технологических пауз; внесение

в ремонтную ведомость работ, выявленных по результатам осмотра закрепленного оборудования; выполнение сборки узлов и подготовительных работ к ремонтам, аварийные ремонты оборудования и замену частей, вышедших из строя; участие в приемке и контроле качества ремонтов, выполненных подрядными организациями. Системой ТО и Р предусмотрены плановые технические осмотры оборудования инженерно-техническим персоналом цеха. Выявляются неисправности, уточняются объемы ремонтов. График осмотров составляется на год и утверждается главным механиком по представлению начальника цеха.

Виды ремонтов

Основным видом ремонта, направленным на восстановление работоспособности оборудования, является текущий ремонт. Он состоит из работ по замене или восстановлению изношенных деталей и узлов, выверке отдельных узлов, замене масла, проверке крепления и замене при необходимости крепежных деталей, арматуры охлаждения и смазки, ограждений. В зависимости от объемов работ текущие ремонты станов холодной прокатки труб подразделяются на первый текущий ремонт (T_1) и второй текущий ремонт (T_2), затраты на текущие ремонты относятся на эксплуатационные расходы.

Капитальный ремонт выполняется для восстановления исправности и паспортных характеристик оборудования станов ХПТ. При этом полностью разбирается оборудование, заменяются или восстанавливаются базовые корпусные детали, фундаменты, заменяются все изношенные детали. Оборудование выверяют, регулируют и опробуют вхолостую и под нагрузкой. Капитальные ремонты финансируются за счет амортизационных отчислений, реконструкция финансируется за счет средств на капитальное строительство с изменением балансовой стоимости оборудования.

Периодичность остановок станов ХПТ (как и другого металлургического оборудования) и продолжительность простоев на капитальных и текущих ремонтах регламентируется Положением о ТО и Р (табл. 47).

Обеспечение запасными частями при ремонте является одним из самых сложных вопросов. Корпусные детали, станины, шестерни редукторов главного привода изготавливаются на

Т а б л и ц а 47. Периодичность, продолжительность и трудоемкость ремонтов станов холодной прокатки труб*

Стан (изготовитель)	Периодичность		Продолжительность				Категория ремонтно-монтажной сложности	Трудоемкость одного ремонта, чел.-ч		Трудоемкость ремонта за год, чел.-ч		
	T_1 , сут	T_2 , сут	K , год	T_1 , ч	T_2 , ч	K , год		T_1	T_2			
								капитальный				
ХПТ 32 (ЭЗТМ)	10	60	4	8	48	144	70	140	280	1750	5880	7350
ХПТ 2,5 (Германия)	10	60	4	8	48	144	43	86	172	1075	3612	4515
ХПТ 32 (УЗТМ)	10	60	4	8	48	144	45	90	180	1125	3780	4725
ХПТ 55 (УЗТМ, ЭЗТМ)	10	60	4	8	48	144	85	170	340	2125	7140	10025
ХПТ 75 (ЭЗТМ)	10	60	4	12	48	168	86	172	344	2150	7324	9030
ХПТ 75 (УЗТМ)	10	60	4	12	48	168	100	200	400	2500	7400	9500
ХПТ 90 (ЭЗТМ)	10	60	4	12	48	168	117	234	468	2925	9828	12285
ХПТ 250 (УЗТМ)	10	60	2	32	48	240	—	—	—	—	—	—

* Структура ремонтного цикла $K + 120T_1 + 25T_2$; структура $71T_1 + K$ для стана ХПТ 250.

машиностроительных заводах — поставщиках оборудования. Механические цехи отдела главного механика поставляют реставрированные станины рабочих клетей, валки, шестерни, рейки, основные бронзовые и стальные наделки, детали из отливок и поковок, полумуфты, валы и др. Ремонтно-механические мастерские трубоволоочильных цехов реставрируют детали, изготавливают комплектующие изделия для сборки узлов по широкой номенклатуре. Для хранения корпусных деталей, получаемых от машиностроительных заводов, используют склад отдела главного механика, детали поставки механических цехов и мастерских и подготовленные запасные узлы хранят в непосредственной близости от участка станков ХПТ, в цеховой кладовой и на специально отведенной площадке. В каждом цехе создается перечень узлов неснимаемого запаса. Его несвоевременное пополнение приводит к длительным простоям оборудования.

Система гарантированного ремонта заключается в выполнении ремонта оборудования с гарантией безотказной работы в течение установленного времени и принятии ремонтным дежурным и эксплуатационным персоналом станков ХПТ на сохранность. Это позволяет увеличить межремонтный период, безотказность работы, экономически заинтересовать рабочих в результатах своего труда, повысить уровень технологической дисциплины, внедрить новые способы упрочнения деталей. Систематический анализ причин отказов оборудования и аварий позволяет определить основные направления модернизации оборудования и совершенствования организации и оплаты труда ремонтного персонала.

Основой эффективного использования системы гарантийного ремонта является четкое обслуживание оборудования в промежутках между ремонтами, соблюдение технологических режимов и правил технической эксплуатации, проведение запланированных ремонтов и применение прогрессивной технологии ремонта. Перевод оборудования на систему гарантированного ремонта должен сопровождаться внедрением работ по повышению надежности, определению взаимных обязательств по поставке запасных частей, оборудования и материалов. Причины выхода из строя гарантийно отремонтированного оборудования определяются комиссией, назначенной главным инженером предприятия. Экономия трудовых и материальных

затрат является основой для экономического поощрения ремонтного и эксплуатационного персонала.

2. Организация ремонта и технического обслуживания за рубежом

Расходы на техническое обслуживание и ремонт металлургического оборудования в США составляют 8–9 % от стоимости основных фондов и 14–16 % от производственных расходов по переделу [34]. Каждая фирма выбирает такую систему планирования работ по ремонту, которая наиболее учитывает ее особенности. В промышленно развитых странах 70 % производства запасных частей сосредоточено на специализированных предприятиях; остальное выпускается в металлургических цехах.

Поставщики оборудования обычно в течение 10–12 лет гарантируют поставку любой детали по требованию заказчика. Причем стоимость запасных частей превышает на 20–30 % стоимость оборудования, что обеспечивает машиностроительным компаниям более высокую прибыль. Доля запасных частей составляет 20 % их выпуска, срок поставки 2–3 недели.

Служба оборудования считается "равным партнером" основного производства и обеспечивает высокие прибыли. Планирование ремонтов базируется на разграничении работ по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту.

В США среди систем управления ремонтами широкую известность получила "система ремонтных приоритетов" (СПП). Ее основу составляют два понятия: ранг оборудования и ранг работы. С помощью ЭВМ планируют техническое обслуживание, капитальные ремонты, управление запасами сменных узлов и деталей, движением рабочей силой. Фирмы, не имеющие ЭВМ, пользуются услугами специализированных вычислительных центров.

На предприятиях практикуется сочетание централизованных и децентрализованных ремонтов, но весь ремонтный персонал, независимо от его места нахождения подчиняется главному механику. Основные ремонтные силы сосредоточены в централизованных цехах. При больших объемах ремонтов привлекаются сторонние организации.

В Японии в 50—60-х годах очень широко использовались в ремонтах сторонние организации. Однако со старением оборудования все более широкое развитие получил внутриводской персонал и объемы работ, выполненные им, постепенно возросли. Повышение долговечности оборудования за счет выявления и устранения слабых мест составляют основу системы плано-предупредительного обслуживания. Ассоциация оборудования (Япония) имеет отделение на каждом заводе, которое занимается обучением кадров и улучшением работы оборудования [34]. Центральное техническое бюро (ЦТБ) детально изучает оборудование, его состояние и готовит техническую документацию на ремонт. Центральный ремонтный цех находится в подчинении ЦТБ, выполняет капитальные и текущие ремонты. В основных цехах имеются ремонтные участки, персонал которых обеспечивает уход за оборудованием, ликвидацию аварий, а также участвует в ремонтах.

Для металлургических заводов Великобритании характерна централизованная система ремонтов и технического обслуживания. Ее возглавляет главный инженер завода по техническому обслуживанию и ремонтам. Ремонтный и дежурный персонал (металлургический завод "Спенсер") разделен на четыре группы, подчиненные главному механику, электрику, энергетика, строителю. Подчинение ремонтного персонала главному инженеру способствует качественному выполнению персоналом своих функций и обеспечивает стабильную работу.

На заводах Германии наблюдается повышение оплаты ремонтного персонала, что приводит к определенному росту затрат на ремонты, но к снижению затрат на передел за счет выполнения правил технической эксплуатации и исправного состояния оборудования. Если металлургические заводы находятся на значительном удалении от машиностроительных фирм, то они имеют крупные механические цехи для производства запасных частей и несколько больший запас узлов. Перемещение ремонтных рабочих на значительные расстояния занимает до 25 % их рабочего времени. Поэтому много внимания уделяется транспортным средствам. Применяются автомобили, мотороллеры, скоростные платформы, электрокары. Много внимания фирмы уделяют восстановлению и упрочнению деталей.

3. Периодичность и перечень работ по техническому обслуживанию и ремонту

Проводились исследования [35] для определения рациональной периодичности планово-предупредительных ремонтов (ППР) станов ХПТ. В условиях Никопольского южнотрубного завода специалистами НИИАчермета обследованы 72 стана, проанализированы статистические данные о сроках службы деталей и отдельных узлов за несколько лет. Результаты изложены в табл. 48. Как видно из приведенных данных, в первую группу включены детали со сроком службы 10–30 сут, во вторую – со сроком службы 1,5–3 мес. В связи с этим предложены два вида ремонта T_1 и T_2 . Во время ремонта T_1 ремонтируют и заменяют детали первой группы, во время ремонта T_2 – детали и узлы первой и второй групп.

За определяющие при назначении периодичности ремонтов T_1 были приняты износ накладок направляющих в станине под рабочую клеть, T_2 – износ зубьев валковых шестерен. Значительный износ этих деталей вызывает перемещение рабочих валков относительно оси прокатки, рост динамических нагрузок на привод и снижение точности прокатываемых труб. Как показал опыт эксплуатации, межремонтный период значительно зависит от сортамента прокатываемых труб.

Выполнен анализ [35] специализации всех станов ХПТ трубной подотрасли и определено среднее давление металла при прокатке на валки по методике, изложенной в работе [1].

Все виды нагружения станов были сведены в три группы: максимальные, средние, минимальные. В условиях Никопольского южнотрубного завода были выбраны станы, соответствующие указанным видам нагружения и проведены наблюдения в течение длительного времени.

Предельным при назначении ремонта T_2 был принят износ, равный 20% от номинальной толщины зуба реечной шестерни по начальной окружности; при назначении ремонта T_1 – износ накладок боковых направляющих в станине под рабочую клеть от номинальной толщины: стан ХПТ 32 – 1,8%, стан ХПТ 55 – 1,8%, стан ХПТ 75 – 2,1%, стан ХПТ 90 – 2,2%. Периодичность замеров составляла 60 ч для назначения ремонта T_2 . По достижении предельного износа станы выводились в ремонт.

Т а б л и ц а 48. Периодичность ремонта и замены деталей станов XIII

Узел	Периодичность 240—780 ч работы			Периодичность 1080—2160 ч работы				
	Ремонт	Замена	Ремонт	Замена	Ремонт	Замена		
	деталь	число	деталь	число	деталь	число		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Устройство уравнивающее	Поршень	2	Втулка	2	Клапан	4	Втулка	2
	Клапан	4	Палец	2	Сальник	12	Палец	2
	Кольцо	4			Поршень	2	Кольцо	2
Клеть рабочая	Накладка	4			Клеть	1	Накладка	4
	Вилка	2	Винт нажимной	4	Шестерня	6	Винт нажимной	4
Патрон передний	Зажим	1	Вал плицевый	2	Стакан	1	Вал плицевый	2
	Детали крепежные	8	Втулка	4	Детали крепежные	8	Втулка	4
	Шестерни конические	4			Шестерни конические	4	Зажим	1
	Подшипник	7			Подшипник	4	Подшипник	4
Механизм приводной	Вал приводной	1	Кольцо регулировочное	4	Вал приводной	1	Кольцо регулировочное	4
	Крепежные детали	12			Шестерня	2	Подшипник	2
	Подшипник	6	Подшипник	2	Шатун	2	Палец	34
Редуктор главного привода	Соединительный палец	24				2	Гайка	8
	Уплотнение	4	—	—	Подшипник	6	Стакан	1
Механизм распределительно-подающий	Тяга	1	Камень кулисы	1	Шестерня	4	Тяга	1
	Детали крепежные	40	Палец	1			Детали крепежные	40

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Муфта обгонная	2	Пластинки звездочек	10			Муфты обгонные	2
Станина под рабочую клетку	Рейка	2	Фланец муфты	2			Гайка винта подачи	1
Патрон гильзы и люнеты	Рельс	4	Накладка	2	Рельс	4	Накладка	8
	Накладка	8			Корпус	1	Рейка	2
	Детали крепежные	24			Патрон	1	Подшипник	3
	Подшипники	8					Шпindelъ	1
Каретка стержня	Корпус	1	Шпильки	10	Корпус	1	Накладка	4
	Шпindelъ	1	Шестерня	1			Тяги	10
	Клин	1					Шпилька	1
							Шестерня	2
Передаточная	Вал	4	Втулка зубчатая	2	Вал	4	Накладка	1
							Винт натяжной	1
							Подшипник	4
Редуктор наклонный	Уплотнение	6			Вал		Шестерня	2
Механизм подрезки труб	Диск	3	Пружина	6			Подшипник	2
					Подшипник	1	Вкладыш	4
							—	
							Накладка	9
							Пружина	8
							Подшипник упорный	1

Т а б л и ц а 49. Формулы для определения рациональной периодичности плановых ремонтов T_1 и T_2 в зависимости от давления прокатки

Стан	Число ходов клетей в минуту	Периодичность ППР, ч		
ХПТ 32	120	$T_1 = 141 - 3,10P_{\text{ср}} + 410$	$T_2 = 258 - 5,85P_{\text{ср}} + 1220$	
	90	$T_1 = 140 - 2,92P_{\text{ср}} + 443$	$T_2 = 300 - 7,08P_{\text{ср}} + 1262$	
ХПТ 55	90	$T_1 = 89,5 - 1,53P_{\text{ср}} + 391$	$T_2 = 230 - 4,45P_{\text{ср}} + 1301$	
	70	$T_1 = 217,3 - 3,69P_{\text{ср}} + 483$	$T_2 = 528 - 8,85P_{\text{ср}} + 1326$	
ХПТ 75	80	$T_1 = 113 - 1,95P_{\text{ср}} + 482$	$T_2 = 328 - 5,23P_{\text{ср}} + 1395$	
	65	$T_1 = 156 - 2,18P_{\text{ср}} + 497$	$T_2 = 475 - 6,03P_{\text{ср}} + 1375$	
ХПТ 90	60	$T_1 = 96,3 - 0,93P_{\text{ср}} + 482$	$T_2 = 286 - 2,09P_{\text{ср}} + 1370$	

* $P_{\text{ср}}$ — среднее давление прокатки; определяется по методике, изложенной в [1].

Данные об износе перечисленных деталей с указанием давлений прокатки и быстроходности станов были систематизированы и обработаны на ЭВМ.

Получены уравнения для определения продолжительности межремонтного периода в функции прокатки при фиксированной быстроходности

$$T = aP_{\text{ср}} + bt + c,$$

где $P_{\text{ср}}$ — величина среднего давления металла на валки [1]; t — фактическое время работы стана до предельного износа исследуемой детали, ч; a , b , c — коэффициенты.

В результате расчетов выявлена устойчивая корреляционная связь между износом и давлением металла на валки. Коэффициенты корреляции составляют 0,839–0,796. На основании установленной зависимости получены формулы для определения рациональной периодичности ремонтов T_1 и T_2 для станов ХПТ, специализированных на прокатке труб постоянного сортамента из стали одинаковых марок.

Формулы для различных типов станов приведены в табл. 49. Если на станах прокатывают трубы переменного сортамента, то можно определить среднее расчетное давление как средневзвешенное.

Определение продолжительности межремонтного периода позволяет снизить вероятность аварийных выходов станов из строя и повысить качество выпускаемой продукции.

Для определения рациональной продолжительности и трудоемкости плановых ремонтов проведены замеры затрат рабочего времени на обслуживание и ремонт станов разных конструкций, которые приведены в табл. 50 [35]. При определении трудоемкости учитывались затраты на ремонты по подготовке к ремонту, разборке и демонтажу узлов, ремонту или замене деталей и узлов, обслуживанию, сборке и монтажу, опробованию механизмов после ремонта. Учитывались также затраты по доставке к месту ремонта узлов и деталей, приспособлений, инструмента, вспомогательных материалов.

На основании данных хронометражных наблюдений разработаны технологические графики работ по техническому обслуживанию и ремонту станов ХПТ разных типоразмеров [35].

Т а б л и ц а 50. Нормативы трудоемкости и продолжительности ППР станков ХПТ*

Стан	Завод-изготовитель, страна	Продолжительность ППР, ч		Трудоемкость ППР, чел.-ч	
		T_1	T_2	T_1	T_2
ХПТ 32	ЭЗТМ	13	32	64	148
ХПТ 32	УЗТМ	14	36	86	188
ХПТ, РН-1,5"	США	14	36	86	188
ХПТ, КПВ-1,5"	ГДР	14	36	86	188
ХПТ, КПВ-1,5"	ФРГ	14	36	86	188
ХПТ 40	УЗТМ	14	36	86	188
ХПТ 55	ЭЗТМ	16	40	80	184
ХНТ 55	УЗТМ	16	40	96	208
ХПТ, РС-2,5"	США	16	40	96	208
ХПТ, РН-2,5"	США	16	40	96	208
ХПТ 75	ЭЗТМ	14	36	86	188
ХПТ 75	УЗТМ	17	44	88	202
ХПТ-3,5"	США	20	48	115	250
ХПТ 90	ЭЗТМ	20	48	96	228
ХПТ 90	УЗТМ	21	52	124	270

*Принято: 1) нормативная продолжительность и трудоемкость ППР для станков, имеющих срок службы свыше 10 лет, увеличивается на 6,2%; 2) нормативная продолжительность ППР для станков, работающих на "теплом" прокате, увеличивается на 2 ч.

Для примера в табл. 51 приведен перечень работ по техническому обслуживанию и ремонту стана ХПТ 55-3 конструкции ПО "Электростальтяжмаш". Приведенные данные относятся к плановому ремонту T_1 продолжительностью 16 ч, выполняемого с периодичностью 240–720 ч, и ремонту T_2 продолжительностью 40 ч, выполняемому с периодичностью 1080–2160 ч работы стана. Показана рациональная последовательность выполнения работ с учетом обслуживания ремонта и замены узлов и деталей и трудозатрат. Результаты замеров показали существенные отклонения текущих затрат времени от средних значений. За продолжительность каждой операции принята ее средняя величина. Для выполнения плановых ремонтов необходимо иметь запасные узлы. Трудоемкость их подготовки не входит в значения, приведенные в табл. 50, использование рекомендаций, изложенных в работе [35], позволяет обосновать периодичность остановок, объемы и технологическую последовательность работ по техническому обслуживанию и ремонту. При этом учитывается сортамент про-

Т а б л и ц а 51. Перечень работ по техническому обслуживанию и ремонту стана ХПТ 55-3 конструкции ПО "Электростальтяжмаш"

Наименование работ	Число слесарей	Продолжительность работы, мин
1	2	3
<i>Плановый ремонт Т-1 (16 ч)</i>		
Ревизия гидросистемы	2	115
Ревизия уравнивающего устройства и замены втулок и пальцев	2	155
Отсоединение клетки от шатунов	2	65
Замер зазоров между направляющими станины и рабочей клетью и ее демонтаж	2	30
Очистка станины от технологической смазки	1	20
Демонтаж направляющих пластин станины, шлифовка, регулировка и монтаж	2	130
Выверка рельсов и крепление	1	120
Ревизия подшипников шатунов	2	10
Монтаж рабочей клетки	2	30
Замена бронзовых наделок на люнетах и патроне заготовки	1	100
Ревизия фрикционов подачи и поворота и замена камня кулисы	2	50
Ревизия подшипников РПМ и замена пластин звездочек и фланцев муфт	2	60
Замена планок механизма каретки стержня	1	105
Ревизия рычажной системы РПМ	1	85
Ревизия механизма ускоренного хода патрона заготовки	2	50
Ревизия промежуточного редуктора, при необходимости замена шестерен	3	150
Ревизия переднего патрона и механизма его поворота	2	240
Ревизия подшипников приводного механизма	1	25
Замена шпилек и пальцев приводного механизма	2	75
Регулировка механизма установки патрона стержня	2	20
Ревизия редуктора главного привода	2	105
Замена манжет трансмиссии главного привода	2	40
Соединение рабочей клетки с шатунами и уравнивающим устройством	2	45
Подготовка гидро-маслосистемы стана к запуску	1	75
Монтаж защитных ограждений	2	15
Опробование стана после ремонта	5	30
<i>Плановый ремонт Т-2 (40 ч)</i>		
Ревизия и обслуживание гидро-маслосистемы	2	200
Разборка уравнивающего устройства; замена поршней и пальцев	2	175
Демонтаж ограждений и стола загрузки	3	15
Демонтаж пальцев соединения клетки с приводом и уравнивающим устройством, крышек картеров	3	50
Демонтаж системы поворота переднего патрона	2	30
Демонтаж верхней подушки приводного механизма	1	25

1	2	3
Демонтаж переднего патрона	2	10
Демонтаж рабочей клетки	2	50
Очистка станины от технологической смазки	1	20
Замена бронзовых направляющих клетки	2	140
Монтаж рельсов	1	120
Ревизия подшипников шатунов	1	30
Замена бронзовых наделок на люнетах и патроне заготовки	2	100
Демонтаж узла кривошипных шестерен	1	20
Подготовка резервного узла и рабочей клетки	2	100
Ревизия фрикционов подачи и поворота	1	40
Обслуживание гидро-маслосистем	2	195
Ревизия уравновешивающего устройства	2	180
Замена резиновых колец приводного механизма	1	55
Ревизия зубчатых реек	2	80
Монтаж узла кривошипных шестерен	2	30
Разъединение муфты главного привода	2	25
Установка клетки в станину	2	20
Замена узла приводных шестерен	2	30
Установка шатунов	2	120
Монтаж подушки подшипников узла приводных шестерен	2	30
Ревизия патрона заготовки	1	80
Установка механизма патрона заготовки	2	40
Замена винта подачи	1	110
Замена гайки винта подачи	1	35
Установка люнетов и патрона заготовки в желоб	2	25
Соединение клетки с кривошипно-шатунным механизмом	2	30
Сборка тяги механизма патрона заготовки	2	30
Демонтаж защитных ограждений трансмиссии	2	20
Замена тяги механизма переднего патрона	2	20
Замена втулки, пальцев и ревизия подшипников механизма переднего патрона	2	30
Снятие крышки подшипников трансмиссии	2	40
Снятие крышки картера фрикциона	2	10
Ревизия шпинделя	2	10
Ревизия подшипников, шестерен РПМ	2	30
Ревизия фрикциона ускоренного перемещения патрона заготовки	2	40
Ревизия подшипников трансмиссии	2	25
Замена валов трансмиссии	2	60
Установка патрона в станину	2	25
Ревизия шестерен механизма трансмиссии	2	20
Замена уплотнений трансмиссии	2	30
Сборка системы поворота переднего патрона	2	60
Сборка крышки подшипников трансмиссии	2	30
Соединение муфты трансмиссии	2	40
Соединение клетки с уравновешивающим устройством	2	40
Демонтаж крышки редуктора главного привода	2	50
Регулировка подшипников и зацепления редуктора главного привода	2	30
Монтаж крышки редуктора главного привода	2	90

1	2	3
Соединение муфты	2	60
Ремонт промежуточного редуктора РПМ	2	125
Демонтаж крышки РПМ	2	85
Замена узла фрикциона подачи	2	40
Разборка рамки РПМ	2	30
Замена узла фрикциона поворота	2	20
Сборка рамки РПМ	2	90
Демонтаж тяги кулисы	2	20
Замена звездочек, роликов, стаканчиков и пружин РПМ	2	60
Замена пальцев и шпилек приводного механизма	2	70
Ревизия гидроцилиндра механизма установки стержня	2	20
Замена упорных клиньев каретки стержня	2	40
Ремонт рычажной системы РПМ	3	125
Ремонт кулачков РПМ	2	300
Ремонт механизмов системы поворота стержня и переднего патрона	1	220
Подготовка гидро-маслосистемы к пуску	2	75
Ревизия механизма порезки труб с заменой кулачков с дисковыми ножами	2	145
Монтаж стола заготовки	2	45
Опробование стана	5	30

катываемых труб, создаются предпосылки для снижения затрат и планирования загрузки ремонтного персонала.

4. Техническое обслуживание систем смазки и гидравлики

Соблюдение чистоты является важным условием надежной работы системы смазки. В процессе капитального ремонта необходимо провести ревизию всему смазочному оборудованию. При обнаружении следов ржавчины в трубопроводах их необходимо протравить. После травления трубопроводы нейтрализуют содовым или известковым раствором, промывают чистой водой, продувают сжатым воздухом, просушивают и смазывают минеральным маслом. Внутренние поверхности корпусов фильтров, крышек, патрубков, а также внутренние поверхности резервуаров очищают салфетками, слегка смоченными смесью минерального масла и керосина. Сварные швы после окончания монтажных работ протравливают и нейтрализуют. После сборки систему промывают смесью, состоящей из 50% керосина и 50% минерального масла. Объем промывочной смеси должен быть в пределах 1/2–3/4 объема резервуара.

Промывка ведется в три этапа. Перерыв между этапами должен быть не более 4–5 ч. Перед началом промывки необходимо тщательно проверить качество монтажа трубопроводов. Подводы от магистральных трубопроводов к точкам смазки отсоединяют, а отверстия заглушают. Магистральные трубопроводы закольцовывают так, чтобы не образовалось полостей, в которых могла бы скапливаться грязь. Промывку ведут 24 ч. В промежутке между окончанием первого и началом второго этапа промывки подсоединяют к магистральным трубопроводам отводы, закольцовывают их непосредственно в местах подсоединения к точкам смазки. Во втором этапе промывку ведут 12 ч через фильтры. После окончания второго этапа промывки промывочную смесь удаляют, закольцовки разбирают, трубопроводы продувают сжатым воздухом, фильтры вскрывают и очищают.

Для проведения третьего этапа промывки в резервуар станции заливают рабочее масло и подогревают до 45 °С. Подводы соединяют к точкам смазки. Третий этап ведется 12 ч с пропуском масла через механизмы стана. В процессе промывки регулируется подача масла, отмечают места утечек и готовят станцию к эксплуатации. По окончании промывки необходимо провести анализ масла, если содержание механических примесей в масле превышает допустимую норму, то промывку необходимо продолжить.

При *подготовке системы смазки к работе* следует залить необходимый сорт масла в резервуар-отстойник. Заполнение резервуара должно быть полное (недолив должен быть 50–100 мм). Включить электроподогрев и подогреть масло до 38–45 °С, если масло имеет вязкость выше чем 7 сСт при 100 °С (при температуре окружающего воздуха не ниже +5 °С); при более низких температурах окружающего воздуха масло нагреть до 60 °С. Необходимо проверить правильность положения кранов, состояние труб и трубной арматуры на линии, открыть вентиль на подводе к точкам, включить насос и настроить предохранительный клапан на необходимое давление (0,4 МПа). После регулировки рабочего давления в системе следует проверить указатели течения масла и отрегулировать подачу, устранить утечки. Проверить исправность всех предусмотренных в системе блокирующих устройств, средств автоматического управления и сигнализации. При какой-либо неисправности в системе управления

пуск системы смазки в работу запрещается. После проверки полной готовности системы к работе ее можно выключить. Включить систему в работу необходимо не позднее чем за 5 мин до пуска оборудования. При этом надо заранее включить подогрев масла, чтобы система всегда была готова к пуску.

Во время работы смазочная система может быть остановлена в следующих случаях: по распоряжению оператора с пульта управления станом и в случае понижения давления ниже допустимого (по сигналу). Систему смазки можно остановить только после остановки обслуживаемого оборудования.

Настройка и проверка приборов автоматического регулирования и сигнализации должна выполняться еженедельно. Рабочее давление масла в системе (показания манометров) должно быть в пределах 0,2–0,35 МПа. При этом наибольшее давление у насосов перед фильтрами не должно быть более 0,4 МПа. При настройке электроконтактного манометра (ЭКМ) на подачу сигнала "аварийно-низкое" давление обеспечивается передвижкой на 0,08–0,1 МПа.

Специальные требования к эксплуатации системы следующие: отклонение от необходимой вязкости масла не должно быть более $\pm 20\%$; содержание воды в масле не допускается; содержание механических примесей не более 0,1%; масло в системе необходимо заменять один раз в 1–2 года. Первую замену масла провести через 6 мес эксплуатации. Подготовка системы охлаждения к ее эксплуатации аналогична системе жидкой смазки.

Запуск гидропривода в эксплуатацию. Избежать поломки при первом запуске гидропривода поможет соблюдение следующих правил [14]: заполнить бак маслом; ослабить регулировочный винт предохранительного клапана; при первоначальном запуске возможны любые случайные движения рабочих органов, поэтому их следует установить в неопасной зоне и поставить распределители в положение, обеспечивающее поджим рабочих органов к упору; вал насоса провернуть рукой на несколько оборотов; приводной двигатель запустить коротким включением и проверить правильность вращения (по стрелке); проверить наличие давления при включении насосной установки; устранить утечки; начать работу на низком давлении; выпустить воздух из трубопроводов и

гидродвигателей, расположенных наверху; проверить уровень масла и при необходимости долить его; промыть гидросистему. Взять пробу масла и определить класс чистоты. При необходимости масло заменить; установить нормальное давление в гидросистеме; проверить полный ход всех рабочих органов, переключая распределители; наличие пены на поверхности масла в баке свидетельствует о повышенном содержании воздуха в нем. Проверить уплотнение трубопроводов, валы насосов, увеличить подпор в сливной линии, установить в напорной линии обратный клапан, использующий слив масла из системы при остановке; провести регулировку аппаратов на заданный режим работы; подключить схему электроавтоматики; определить температуру масла через 1,5–2 ч работы в установленном режиме. При перегреве проверить устройство разгрузки и систему охлаждения.

Заправка гидросистем. Ручная заливка масла в гидробаки ограничена наличием тонких заливных фильтров (80–160 мм), поэтому следует применять специальные заправочные станки, которые оборудованы фильтрами тонкой очистки масла. Ими также можно проводить профилактическую очистку масла в гидроприводе с периодичностью 20–200 ч работы. Стенд очистки систем типа СОГ [17] состоит из корпуса 5, баков 2 и 11 (рис. 148) центрифуги-насоса 12 типа ГЦН, кранов 8, 10, 13, приемного штуцера 6, маслоохладителя 4, всасывающего

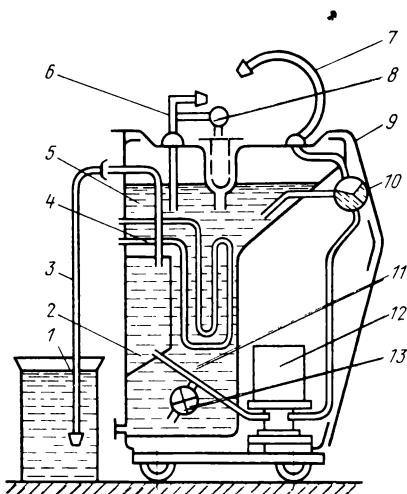


Рис. 148. Станция очистки гидросистем типа СОГ П1М

ваяющего 3 и напорного 7 шлангов. Насос забирает масло из
 встроенного бака 11 или дополнительного резервуара 1 и
 подает очищенное масло по шлангу 7 в гидросистему. На
 крышке 9 можно установить промывочные гидроагрегаты. Кран
 8 служит для отбора проб. Стенды СОГ-903А, СОГ-904А
 (ТУ 1.94.0237-79) Саратовского электроагрегатного ПО
 (СЭПО) имеют следующие параметры: вязкость очищенных жид-
 костей, сСт; тонкость очистки (при вязкости $15 \text{ мм}^2/\text{с}$)
 1,5-3 мкм; расход жидкости из дополнительного резервуара
 10-20 л/мин; грязеемкость очистителя 0,3 кг; мощность
 2,2 кВт; масса 200 кг; емкость встроенного бака 80 л. При

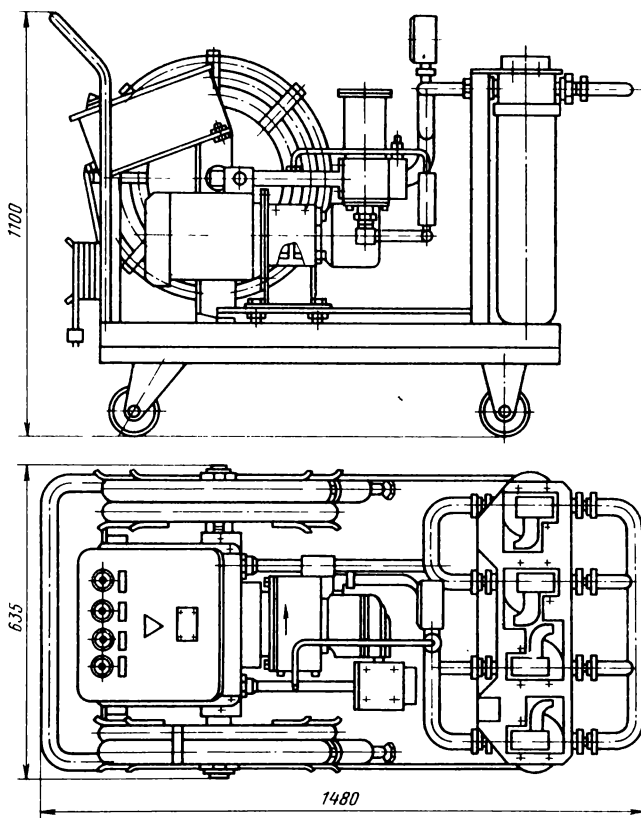


Рис. 149. Схема передвижной малогабаритной установки УМЦ-901А для тонкой
 очистки жидкости

многократной циркуляции масла через стенд обеспечивается удаление частиц до 1 мкм.

СЭПО также изготавливает передвижную малогабаритную установку УМЦ-901А (рис. 149) с массой 100 кг. Установка обеспечивает заправку гидросистем из емкости, установленной рядом, или очистку масла в баке гидросистемы при замкнутой циркуляции. Тонкость очистки 1–5 мкм.

Режим эксплуатации масел. Для сокращения расхода масел необходимо: исключить утечки масел через уплотнения; организовать систематический контроль качества масел; производить смену масел, руководствуясь нормами, изложенными в табл. 52; организовать систематический уход за маслами, работающими в циркуляционных системах; установить centrifуги для очистки масел от воды и механических примесей без его слива.

На всех циркуляционных системах должно быть организовано: лабораторный анализ свежих масел и масел, находящихся в эксплуатации; учет залива и замены масел; график забора проб из всех систем.

Эксплуатационный персонал должен: вести необходимые наблюдения за температурой, давлением и уровнем масла в системах; вести наблюдения за состоянием узлов трения; периодически очищать масло от воды, механических примесей (шлама) путем сепарирования без слива его из систем.

В зависимости от назначения анализа определяется место отбора проб. При определении качества масла, поступающего на узлы трения, пробу берут из контрольного крана нагнетательной системы после фильтра из маслобака через верхний люк с помощью стеклянной трубки; для анализа отстоя — из краника нижней части маслобака. Отбор средней пробы масла из масляного бака проводят с помощью длинной стеклянной трубки. Одна объемная часть извлекается с уровня 100 мм от дна бака, три части — со среднего уровня, одна часть — с глубины 100 мм от поверхности. Стеклянная трубка перед погружением в масло должна быть закрыта сверху, погружена на нужную глубину, затем открыта сверху, чтобы масло заполнило трубку. После заполнения маслом трубка сверху снова закрывается и вынимается из бака для слива в отборную банку. Для отбора проб применяются стеклянные банки с притертыми пробками емкостью 0,75–1,0 л. Каждая банка заполняется на 2/3 объема (для возможности переме-

Т а б л и ц а 52. Периодичность отбора проб

Характер контроля	Смазываемое оборудование	Сроки отбора проб для испытаний Масел	Объем анализа масла
Полный контроль	Все виды оборудова- вания	Перед заливом или до- ливом свежего масла в систему смазки	Свежие масла проверяются на весь объем физико- химических показателей качества согласно ГОСТ и техническим условиям на свежее масло
Эксплуатационный анализ	Приводы прокатных станов	1 раз в 2 мес при кис- лотном числе масла до 0,5 кг КОН	Кислотное число, водорастворимые кислоты, вяз- кость, температура вспышки, содержание механи- ческих примесей, содержание воды
То же	Остальное оборудо- вание	1 раз в 3 мес при кис- лотном числе масла до 1 мг КОН	То же
" "	ПЖТ	1 раз в месяц при кис- лотном числе более 1 мг КОН	
Цеховой анализ	ПЖТ	1 раз в 2 недели 1 раз в сутки	Кислотное число, водорастворимые кислоты, со- держание механических примесей Содержание воды, содержание механических примесей

шивания). Периодичность забора проб регламентируется Правилами технической эксплуатации.

Ревизия насосов и маслоаппаратуры. В насосной установке НРЖ-150 подшипники насоса не должны нагреваться выше 70 °С. Ревизия насоса проводится 1 раз в 3 мес. При ревизии следует проверить состояние уплотнительных устройств, затяжку крепежных винтов, состояние пружин и подшипников. Износ ротора и внутреннего поршня допускается до увеличения зазора не более 0,20 мм. Ревизия винтовых насосов проводится 1 раз в 6 мес. Необходимо проверить центровку насоса и электродвигателей, проверить состояние уплотнительных устройств и крепежа, проверить состояние быстроизнашивающихся деталей.

Включение и выключение электродвигателя проводится вручную или автоматически по достижении перепада давления в щелевом фильтре предельной величины. Ревизию фильтров проводят 1 раз в 6 мес. Необходимо проверить состояние уплотнений, ножей и пластин, а также промыть патрон.

Ревизию пластинчатых теплообменников проводят при снижении перепада температур масла на входе и на выходе на 2 °С относительно обычного перепада, но не реже одного раза в год [15]. При ревизии необходимо промыть каналы теплообменника без разборки, используя вспомогательную систему, разбирают только при необходимости (нарушение герметизации). При разборке теплообменника необходимо очистить пластины, проверить состояние резиновых уплотнений и состояние пластин.

После сборки теплообменник подвергают гидравлическим испытаниям. В водные каналы подают воду под давлением 1,25 от рабочего в течение 15 мин. При этом масляные каналы открыты для контроля случайных перетоков внутри теплообменника. В масляные каналы подается смазочный материал под давлением 1,25 рабочего в течение 15 мин и проверяется, не протекает ли смазка в воду. Кожухотрубные теплообменники ревизируют один раз в год. При ревизии необходимо очистить внутренние поверхности трубок ершами, провести гидравлические испытания межтрубного пространства давлением 1,25 рабочего в течение 15 мин, проверить состояние уплотняющих элементов. При ремонте разрешается глушить с обеих сторон не более 10 % трубок.

Регламентированное техническое обслуживание повышает надежность гидропривода. Стоимость узлов гидропривода невелика, поэтому целесообразно заменять изношенные узлы и выполнять ремонтные работы в специально оборудованной мастерской. Сюда относится замена быстроизнашиваемых элементов: уплотнений, пружин, электромагнитов, шариков и др. Периодичность и содержание работ уточняются конкретными условиями и нагрузкой оборудования. В качестве исходных данных может быть рекомендован регламент обслуживания гидроприводов в металлорежущих станках [17].

Ежесменно:

проверить уровень масла и при необходимости его восстановить;

проверить температуру масла в баке, при необходимости проверить работу системы охлаждения;

проверить степень засорения фильтра по манометру или индикатору; засоренные фильтроэлементы промыть или заменить новыми;

проверить уровень давления в напорной линии и других точках гидросистемы по манометрам и при необходимости произвести регулировку клапанов;

проверить давление зарядки аккумуляторов по манометру и при необходимости подзарядить;

проверить визуально наружные утечки и при необходимости устранить течи;

проверить шум и вибрацию гидронасосов и электродвигателей.

Через 60–80 ч работы:

проверить расход масла через дренажные линии;

проверить наличие пены на поверхности масла в баке и устранить попадание в него воздуха;

проверить состояние заделок гибких металлорукавов и при необходимости заправить рукава в концевые соединения.

Через 240–360 ч работы:

определить мощность холостого хода регулируемых насосов и максимальную подачу по скорости движения рабочих органов;

произвести при необходимости регулировку дросселей, клапанов уравновешивания, реле давления.

Через 720—960 ч работы:

определить величину утечек в сливную линию при неработающих электродвигателях и при необходимости заменить дефектные узлы;

проверить срабатывание аварийных блокировок и при необходимости провести регулировку;

проверить надежность крепления гидроагрегатов;

взять пробу масла на анализ, при отрицательном результате очистить бак и заменить масло.

Организация обслуживания и ремонта гидрооборудования

Ресурс отечественных шестеренных и поршневых насосов и моторов доведен до 6000—8000 ч, распределителей до 10^7 циклов, клапанов и дросселей до 12 тыс.ч [38]. Наибольшее упрощение оборудования достигается за счет применения электрогидравлических и электронных систем управления. Отказы гидросистем связаны с загрязнением рабочей жидкости, абразивным износом трущихся пар (50—90 %), нарушением уплотнений (до 40 %), неисправностью распределителей (до 30 %), механических элементов (до 10 %), фильтров (3 %). Наибольшую частоту имеют отказы, вызванные заклиниванием золотника из-за загрязнения масла, задиров на штоке, недопустимого износа уплотнений.

Для определения состояния гидросистем широкое применение получили методы функциональной акустической диагностики [39]. Для функциональной диагностики выбирают параметры контроля, которые дают сведения о состоянии объекта в целом. Например, показания манометра позволяют судить об утечках гидравлической жидкости или неисправности насоса. Работа силовых цилиндров может оцениваться по времени срабатывания или сравнением его с эталонным значением.

Вибрационная диагностика основана на регулярных заменах параметров колебаний, имеющих место в золотниках, клапанах, насосах, подшипниках при сравнении их по времени с предыдущими. Имея подбор эталонных характеристик колебаний, можно контролировать состояние узлов и принимать решения по их ремонту или замене.

Акустическая диагностика основана на зависимости показателей системы в целом или отдельных ее элементов от издаваемых ими акустических сигналов. Систематическая обработка данных периодических замеров, выполненных с помощью ультразвукового течеискателя, позволяет сделать вывод о степени изношенности приборов гидравлики.

При большом числе эксплуатируемых единиц технологического оборудования с гидравлическими приводами (опыт Волжского автомобильного завода) целесообразно создавать центральные лаборатории ремонта и наладки гидроаппаратуры. На нее возлагаются следующие задачи: ремонт наиболее сложных систем; оказание технической помощи в работе и наладке систем; отработка технологии разборки, ремонта и сборки гидросистем в основных цехах; подготовка неснижаемого запаса оборудования. В ремонтный участок входят бригады входного контроля по дефектам и малому ремонту; по ремонту насосов, гидромоторов, гидropередач; по ремонту аппаратуры КИП; по механической обработке деталей. Это производственное и техническое подразделение обеспечивает исправную работу гидро-пневмоприводов, выполняя до 60 % объемов всех работ. Остальная работа выполняется силами специализированных бригад основных цехов и ремонтными участками спецработ.

После проверки и испытаний на стендах аппаратура сдается на склад годного гидро-пневмосмазочного оборудования и в ЭВМ вводится о ней информация. По каждой позиции имеется не менее чем 6-мес запас.

В лаборатории имеются следующие стенды испытаний: насосов и гидромоторов малой серии (10 кВт), средней серии (35 кВт), тяжелой серии (75 кВт); гидрораспределителей диаметром прохода до 16 мм, свыше 16 мм; гидропанелей; гидropередач; сервоклапанов; гидрокопировальных суппортов; пневмораспределителей; логических элементов и др.

На заводах организована [40] специальная служба по регулярному осмотру гидро-пневустройств и систем смазки. На участке ремонта гидравлики вся аппаратура, поступающая в ремонт, проходит мойку, очистку, дефектовку. На все ремонты разработана конструкторская документация.

Особое внимание уделяется обеспечению качества очистки рабочих жидкостей систем гидравлики. Причины загрязнений

следующие: накопление продуктов износа; неудовлетворительные хранение и заправка масел в гидроприводы; отсутствие очистки аппаратуры от продуктов консервации и загрязнений, связанных с их хранением и ремонтом. Нормальная работа объемных гидросистем обеспечивается при степени очистки масла не ниже 0,025–0,040 мм. Нормированы материалы и термическая обработка деталей гидропанелей, отработана технология обеспечения герметичности соединений. Уделяется внимание повышению качества обслуживания гидропневмосистем. В ОГМ имеется бюро гидроприводов. Разработаны карты и методики обнаружения неисправностей в гидросистемах и их наладки. Выпущена серия плакатов для обучения ремонтного персонала.

Г л а в а 8. ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА

1. Стойкость и восстановление основных деталей станов ХПТ

По оценкам специалистов на металлургических предприятиях страны находится в эксплуатации несколько сот станов холодной прокатки труб выпуска 50–70-х годов примерно одной конструкции с одинаковой технической характеристикой. Станы более старой конструкции реконструированы. Основным преимуществом действующих станов является то, что их легко перестроить с размера на размер, они имеют малую массу оборудования и унифицированные вспомогательные механизмы; конструкция деталей простая, что позволяет изготовить почти все детали в механических цехах металлургических заводов. К числу недостатков следует отнести довольно низкий срок службы основных деталей, высокую трудоемкость ремонта и обслуживания – значительные простои на внеплановых ремонтах, связанных с отказами (2–4 % номинального времени) и большие эксплуатационные расходы на сменное оборудование и запчасти [8]. В течение длительного времени обрабатывали конструкции основных деталей и варианты ремонта. Рассмотрим некоторые из них (табл. 53).

Валок рабочий изготавливают из стали марок 35ХНМ, 34ХН1М, 30ХГСА, твердость 280–320 НВ. Износ посадочных

Т а б л и ц а 53. Средний срок службы основных деталей станов ХПТ при прокатке стальных труб

Деталь	Марка стали	Вид упрочнения	Срок службы	Причина вы- браковки	Метод рестав- рации	Вид упроч- нения	Срок службы после рес- таврации
1	2	3	4	5	6	7	8
Станина под рабо- чую клеть	35Л	—	3 года	Смятие резьбовых отверстий	Увеличение диамет- ра резьбы	—	3 года
Станина под при- водной механизм	35Л	—	3 года	Износ посадочных мест	Наплавка и механо- обработка	—	3 года
Станина рабочей клетки	30Л	—	1,5—2 года	Потеря точности	Установка наделок	Поверхност- ная закатка наделок	1,5—2 года
Валок рабочий	35ХНМ	Улучше- ние, на- катка шеек	1год	Износ подшипников, шеек, подошвы и пазов	Наплавка шеек, уве- личение глубины паза	—	0,5—1 год
Подшипник валко- вый	77741	—	4 мес	Износ сепараторов и колец	Регулировка	—	1—2 мес
Опорный брус	ШХ15	Закалка	2—3 мес	Износ, задир	Уменьшение толщины, установка подкладок	Перешлифовка	2—3 мес
Рейка зубчатая	55ПП	Закалка	1 год	Износ	Наплавка	—	0,5 года
Щестерня рабочая	55ПП	Закалка	1—1,5 года	То же	—	—	—
Подушка валка	35Л	—	3 года	Потеря точности	Наплавка	Отжиг	2 года
Узлы кривошипных	—	—	6—12 мес	Износ подшипников,	Замена вала	Накатка шеек	6 мес

шестерен ХПТ 55 Подшипник	2097730	6—12 мес	и зуба Износ сепараторов и дистанционных колец	—	—
Колесо зубчатое узла кривошипных шестерен (с банда- жом)	40ХН	1—2 года	Износ посаженного места, зуба	Замена вала	1 год
Узел приводного вала	—	1 год	Износ зуба шестерни и подшипника	—	—
Шестерня редуктора главного привода ведущая	—	1 год	Износ зуба	—	—
Муфта главного привода	—	3 года	Износ гнезд	Наплавка	3 года
Муфта обгонная	—	300 ч	Износ полушек и роликов	Замена полушек и роликов	300 ч

шек против минимальных по чертежу до 0,3—0,5 мм устраняют наплавкой с последующим точением на чертежный размер. Для исключения возникновения концентраторов напряжений наплавку начинают, отступив от галтели 8—10 мм. Наплавку ведут по обычной технологии. Пазы под клинья и калибр разделявают на ремонтный размер с постепенным увеличением абсолютного размера на 2—5 мм, подкладки под калибр выполняют из стали марки Х18Н10Т или 30ХГСА.

Восстановить на первоначальный размер паз под калибр путем наплавки изношенных мест пытались неоднократно. Однако возникающие при наплавке остаточные напряжения приводили к поводке вала, так как конфигурация паза является несимметричной относительно продольной оси вала.

Стойкость вала после ремонта составляет 50 % стойкости нового вала. Поскольку стоимость вала велика, то ремонт его экономически целесообразен. Станина под рабочую клеть выполнена из отливки стали марки 35Л. В результате длительной эксплуатации нарушаются глухие резьбовые отверстия в пазах для установки опорных брусьев, по которым перемещается рабочая клеть. Выби-

ваются гнезда под подшипники кривошипного и приводного узлов, ослабевают резьбовые отверстия крепления подушек кривошипного и приводного узлов. Как правило, посадочные места под подшипники восстанавливают методом наплавки электродами МР-3, диаметром 4 мм с зачеканкой швов и последующей расточкой гнезд на расточном станке или без демонтажа станины на месте с помощью переносного станка (для расточки цилиндров локомотивов). При этом удается достичь удовлетворительной точности и стойкости.

Ремонт опорных поверхностей под брусья без демонтажа станины выполняют с помощью переносного шаботофрезерного станка. По такой же технологии ремонтируют направляющие под патрон заготовки.

Станина рабочей клетки выполнена из отливки из стали марки 35Л. Имеет основные дефекты: износ лицевых направляющих в месте установки подушек рабочих валков, износ опорных поверхностей от воздействия верхних направляющих станины под рабочую клеть, трещины в углах окон.

Лицевые плоскости обрабатываются на ремонтный размер и устанавливаются пластины большей толщины. Болты для крепления пластин выполняются, как правило, сквозными. Трещины разделяются фрезерованием и завариваются с помощью полуавтоматической сварки в среде углекислого газа с последующим усилением накладками, которые крепятся сваркой.

Узел кривошипных шестерен и приводной узел подвергаются знакопеременным нагрузкам предельной величины, что приводит к ослаблению посадок под подшипники и шестерни. Ремонт узлов, как правило, выполняют изготовлением новых валов с ремонтными размерами, а шестерни растачивают на ремонтный размер. Валы изготавливают из стали 30ХН3А, 40ХН твердостью 280–320 НВ с накаткой роликами посадочных мест под подшипники; шестерни устанавливаются по прессовой или горячей посадке.

Конфигурация *обгонной муфты подачи и поворота* сложная. Трудоемкость механообработки высокая. изнашивается внутренняя поверхность, которая контактирует с роликами. Поэтому ее растачивают на больший размер и гильзуют. Ремонт внутренней втулки обгонной муфты производится заменой стальных сменных пластинок (подушек) и роликов.

Ремонт корпусных деталей без демонтажа. Станина под

рабочую клеть. Объем работ по демонтажу станин с фундамента и последующему монтажу после ремонта настолько велик, что часто выбирают вариант ремонта станины переносным станком, устанавливаемым рядом со станией.

1. Разборка оборудования и дефектация деталей

Разборка оборудования проводится с использованием электромостовых кранов и кран-балок грузоподъемностью 15, 10, 5, 3 т, обслуживающих участок станов холодной прокатки труб. Применяется типовой слесарный инструмент. При демонтаже маховиков может применяться гидравлический переносный пресс [29]. На рис.150 изображен переносный пресс в подвесном варианте. На раме 1 подвешен цилиндр гидравлический 2, который с помощью специальных шпилек 3 крепится к демонтируемому маховику 4. Масло подается под давлением в цилиндр от насосной установки 5. Максимальное усилие снятия достигает 2800 кН.

Корпусные детали очищают от масла, окалины и коррозии с помощью металлических щеток, шаберов, скребков. При пескоструйной очистке необходимо обеспечить сохранность базовых поверхностей.

Удаление загрязнений с поверхности детали и перевод их в моющий раствор в виде растворов и дисперсий составляют сущность процесса мойки. В качестве моющих средств применяют синтетические моющие средства (СМС) типа лабомит и МС или водные растворы каустика и кальцинированной соды [12]. СМС более экономичны, не оказывают вредного воздей-

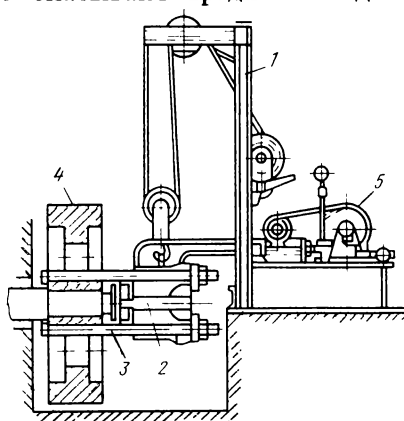


Рис. 150. Переносной ремонтный пресс для запрессовки и распрессовки деталей

ствия на рабочих. Детали, вымытые в этих растворах, не требуют последующего смывания остатков с их поверхности чистой водой или специальной смазки, так как они не подвергаются коррозии.

Для промывки деталей применяют водные растворы смеси электролитов (кальцинированной соды, фосфатов, силикатов) и синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ). ПАВ увеличивают смачивающую, эмульгирующую (отрыв жидкой фазы загрязнений), диспергирующую (измельчение загрязнений) и стабилизирующую способности растворов. Наличие щелочных добавок повышает их эффективность. Моющий раствор готовят из трех-четырех щелочных добавок и одно-двух наименований ПАВ. В качестве щелочных добавок применяют едкий натр (каустик), кальцинированную соду, жидкое стекло, метасиликат натрия, тринатрийфосфат и триполифосфат натрия. В качестве ПАВ используют сульфат, сульфанола НП-1 и НП-3, препарат ОС-20, ОП-4, ОП-10, проксанол 186, синтаמיד-5, синтанол ДС-10, оксифос Б и КД-6.

Эффективная очистка обеспечивается при щелочности $pH = 11,5 \div 13,0$. Наиболее часто применяется кальцинированная сода. Фосфаты (тринатрийфосфат) являются умягчителями воды и повышают диспергирующие свойства, а силикаты — метасиликат натрия и жидкое стекло, выполняют роль ингибиторов коррозии, повышают диспергирующие свойства растворов и предотвращают осаждение загрязнений из растворов на очищенную поверхность.

Ниже приведен состав наиболее распространенных синтетических моющих средств:

Марка моющих средств	МС-6	МС-8	МС-15	Лабомид 101	Лабомид 203
Состав, %:					
сода кальцинированная	40	38	44	50	50
триполифосфат натая	25	25	24	30	30
метасиликат	29	29	28	16,5	10
синтанол ДС-10	6	—	—	3,5	8
синтаמיד-5	—	8	—	—	—
алкилсульфаты	—	—	8	—	—
оксифос Б	—	—	8	—	—

Для струйной мойки применяют лабомит-101 и МС-6 с концентрацией $10 \div 20 \text{ кг/м}^3$. Рабочая температура растворов $70 \div 85 \text{ }^\circ\text{C}$. Достаточно эффективно используют состав: кальцинированная сода $40 \div 45 \%$, тринатрийфосфат или триполи-

фосфат натрия 20–25 %, жидкое стекло или метасиликат натрия 20–25 %, а также поверхностно-активные вещества 3–6 %.

Для уменьшения пенообразования добавляют 0,2–0,3 % присадок (дизельное топливо, керосин, уайт-спирит). Хлорированные углеводороды по очищающей способности в десятки раз более эффективны вышеуказанных материалов, но они высокотоксичны. Их применение нецелесообразно.

Для промывки деталей из черных металлов рекомендуется применять моющий раствор следующего состава: сода кальцинированная 3–5 %, мыло хозяйственное 1 %, остальное вода. Для деталей из сплава алюминия применяется моющий раствор: углекислый натрий 0,45 %, едкий натр 0,15 %, фосфорнокислый натрий 1,45 %, зеленое мыло 1 %, остальное вода.

Дефектация деталей

Все детали подвергаются тщательному осмотру. Обращают особое внимание на качество поверхностей: наличие следов износа, задигов, забоин, трещин у галтелей валов, шпоночных пазов, оснований зубьев шестерен. Для тщательной проверки рекомендуется использовать увеличительную лупу (пятикратную). Замеряют все посадочные размеры и сравнивают их с чертежами. Проверяется правильность геометрической формы деталей (овальность, конусность, неплоскостность). Наиболее ответственные детали (валки, кривошпы, коленчатые валы) подвергаются специальным видам контроля: магнитной или ультразвуковой дефектоскопии или дефектоскопии с использованием рентгеновских лучей.

Мерительные инструменты, используемые при дефектации деталей станов холодной прокатки труб: штангенциркули с пределами измерений 0–125, 0–200, 0–320, 0–500, 250–710, 320–1000 мм; штангенглубиномеры с пределами измерений 0–200, 0–320, 0–500 мм; штангенрейсмусы с пределами измерений: 0–200, 3–300, 40–500, 60–800, 60–1000 мм; микрометры для измерений наружных размеров с пределами измерений 0–25, 25–50, 50–75, 75–100, 125–150, 150–175, 175–200, 200–225, 225–250, 250–275, 275–300, 300–400, 400–500 мм; микрометрические глубиномеры с пределами измерений 0–25, 25–50, 50–75, 75–100 мм, угольники под 90 °,

угломеры с конусами, оптические угломеры, синусные линейки; индикаторы часового типа с пределами измерений 0—2, 0—3, 0—5, 0—10 мм; резьбомеры, резьбовые кронциркули, резьбовые микрометры; штангензубомеры, микрометрический зубомер; линейки с широкими рабочими поверхностями, поверочные плиты, рамные уровни.

Хорошие результаты при поиске повреждений в корпусных деталях, валах, шестернях дает керосиновая проба. Контролируемую деталь погружают на 20—30 мин в ванну с керосином (или смачивают керосином), тщательно вытирают и покрывают тонким слоем меловой обмазки. В местах трещин обмазка потемнеет, так как из трещины выделяется керосин. В настоящее время широко применяется люминесцентная дефектоскопия: на проверяемую поверхность наносится флюоресцирующая жидкость, через 10—15 мин раствор смывают холодной водой, деталь просушивают горячим воздухом и посыпают порошком силикагеля. Через некоторое время счищают силикагель, и на поверхности детали появляются желто-зеленые очертания наружных дефектов.

3. Восстановление деталей сваркой и наплавкой

Сварку и наплавку широко применяют при упрочнении и восстановлении деталей станов ХПТ. При этом можно руководствоваться рекомендациями, изложенными, например, в работе [13]. Свариваемость стали оценивается показателями: хорошая (Ст3, 20, 20ХГСА, 15ХМ, 10ХСНД, 20Л), удовлетворительная (Ст5, 35, 15ХСНД), ограниченная (Ст6, 45, 60, 30ХГС, 5ХНМ, 40Л, 50Л), плохая (60Г, 50ХН, 9Х, 55Л, У7). Механические свойства шва приведены в табл. 54. Для наплавки применяют электроды с защитно-легирующими обмазками [23]. Вещества, входящие в состав обмазок, повышают устойчивость горения дуги, выполняют функции шлакообразования, газозащиты, раскисления и легирования. Электроды с обмазками ОММ-5 и ОММ-2 применяют для наплавки деталей из низкоуглеродистых сталей без последующей термообработки. Электродами с обмазкой типа УОНИ-13/55 наплавляют детали из стали марки 40, 45. Электроды ОЗН-300, ОЗН-350 применяют для наплавки деталей из среднеуглеродистых сталей, которые подвергают в дальнейшем термообработке. Электро-

Т а б л и ц а 54. Механические свойства металла шва и сварного соединения при ручной дуговой сварке углеродистых и низколегированных сталей

Тип элект-рода	Марка электрода	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	a_n , %	Угол заги-ба, град		Кoeffи-циент наплав-ки, г/(А · ч)	Род тока	Назначение
							+20 °С	-40 °С			
1	2			5	6	7	8	9	10	11	12
Э42	ОММ-5	362	470	22,0	55,0	980	490	160	7,2	Постоянный	Сварка ответственных кон-струкций из низкоуглеро-дистых сталей
Э42	СМ-5	314	451	25,0	69,0	1176	784	180	7,2	Постоянный	Сварка конструкций из низ-коуглеродистых сталей
Э42	АНО-5	343	460	25,0	60,0	1372	784	180	11,0	То же	Сварка низкоуглеродистых сталей
Э42	АНО-6	323	441	26,0	60,0	1372	784	180	8,5	" "	То же
Э42	АНО-1	373	451	28,0	60,0	1274	784	180	15,0	" "	Сварка низкоуглеродистых и некоторых низколегированных сталей
Э42	ОМА-2	—	451	19,0	—	—	—	150	10,0	" "	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей малых толщин
Э42	ВСЦ-2	363	460	28,0	60,0	882	—	180	10,5	То же, любой полярности	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей
Э42А	УОНИ-13/45	353	451	26,0	65,0	2127	1765	180	8,5	Постоянный обратной полярности	Сварка наиболее ответствен-ных и напряженных конструк-ций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей
Э42А	СМ-11	353	470	28,0	60,0	21,57	1091	—	9,5	Постоянный обратной по-лярности или переменный	Сварка ответственных кон-струкций из низколегирован-ных и низкоуглеродистых сталей

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Э42А	УП-1/45	343	470	28,0	65,0	1961	1176	180	10	То же	Сварка наиболее ответственных конструкций из низколегированных сталей
Э42А	УП-2/45	373	451	26,0	70,0	2353	—	180	10,0	" "	Сварка наиболее ответственных конструкций из низколегированных и низкоуглеродистых сталей
Э42А	ОЭС-2	373	451	24,0	55,0	1765	—	180	8,5	" "	То же
Э46	АНО-3	373	470	25,0	65,0	1471	980	180	8,5	Постоянный и переменный	Сварка низкоуглеродистых сталей
Э46	МР-1	373	470	25,0	65,0	1471	980	180	8,5	То же	То же
Э46	АНО-4	363	470	25,0	65,0	1471	980	180	8,3	" "	" "
Э46	МР-3	373	470	25,0	65,0	1471	980	180	7,8	Постоянный	Сварка ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей
Э46	РЕУ-5	372	465	21,0	56,0	1400	800	150	9,0	Постоянный и переменный	Сварка низкоуглеродистых сталей
Э46	ЗРС-2	385	470	23,5	60,0	1300	600	150	10,5	То же	Сварка ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей
Э46	ОЭС-3	392	480	25,0	60,0	1200	700	180	15,0	Постоянный	Сварка низкоуглеродистых сталей
Э46	ЗРС-1	372	470	24,0	68,0	1200	700	150	14	Постоянный и переменный	Сварка ответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей
Э50А	УОНИ-13/55	412	509	24,0	62,0	2000	—	165	6,0	Постоянный	Сварка ответственных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей

Э50А	ДСК-50	—	509	28,6	—	2000	1400	180	10,0	Постоянный обратный полярности и переменный То же	Сварка низколегированных сталей 14ХГС, 15ХСНД
Э50	УП-1/55	392	529	25,0	62,5	2400	—	165	10,0	То же	Сварка ответственных конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей
Э50	УП-2/55	392	529	25,0	62,0	2400	—	165	10,0	" "	То же
Э50	К-5А	—	509	24,0	—	1471	—	165	9,0	Постоянный обратный полярности и переменный	Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей
Э60	УОНИ-13/65	461	608	21,0	65,0	1765	—	180	9,8	Постоянный обратный полярности	Сварка низколегированных хромистых, хромолегированных и хромокремнистомарганцевых сталей

ды с обмазкой 12АН-ЛИИВТ или Т-590 позволяют получить высокую твердость без термообработки. Обработка деталей при этом возможна только абразивными материалами.

При сварке и наплавке деталей из чугуна происходит его отбеливание, выгорание кремния, образование больших внутренних напряжений. Для их снижения применяют специальные приемы сварки [23]: с применением стальных шпилек; электродами со специальной обмазкой;

электродами из монель-металла; комбинированными электродами. Сварку с применением стальных шпилек применяют при восстановлении толстостенных чугунных деталей. В месте грешины после ее разделки устанавливают на резьбе шпильки диаметром 5–12 мм (рис. 151) [23]. Рекомендуются режимы сварки:

электрод диаметром 3 мм — 120А, 4 мм — 150 А, 5 мм — 220 А. Наплавленный металл должен быть надежно соединен со шпильками.

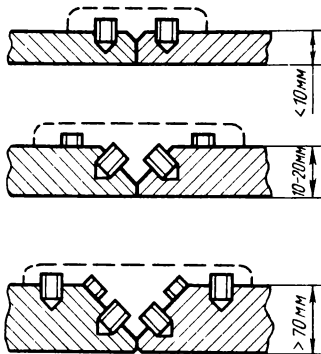


Рис. 151. Схема постановки упрочняющих шпилек

Без применения шпилек используют стальные электроды со специальной обмазкой, состоящей из смеси 40–50 % графита и 50–60 % ферросилиция тонкого помола, замешанной на жидком стекле. За счет обмазки получают в шве плотный серый мелкозернистый чугун, который хорошо сплавляется с основным металлом. Рекомендуемая сила тока при электроде диаметром 4 мм – 200 А, диаметром 5 мм – 250 А.

При заварке трещин в ковком чугуне используют монель-металл состава: 30 % Cu; 60 % Ni; 2 % Mn; 3 % Fe. На электроды диаметром 2–6 мм наносят обмазку состава: 45 % графита, 15 % кремнезема, 20 % огнеупорной глины, 10 % золы, 10 % соды. Сварку ведут при постоянном токе обратной полярности валиками длиной не более 50 мм с перерывами для охлаждения. Металл шва проковывают, сила тока 100–140 А.

При заварке трещин в ненагруженных местах применяют электроды, изготовленные из стального стержня (диаметр 3 мм), обмотанного плотно медной проволокой диаметром 1–1,5 мм и покрытого сверху обмазкой: 30 % графита, 40 % ферросилиция, 30 % мела, разведенной на жидком стекле.

Для обеспечения герметичности корпусов из чугуна используют метод ремонта с применением медных шпилек и пайки (рис. 152, а). Засверливают концы трещин 1, 2 сверлом диаметром 3–5 мм, чтобы трещины не распространялись дальше. Просверливают, нарезают резьбу и устанавливают медные шпильки 3, 4 с шагом (1,3–1,4 мм). Затем засверливают отверстия в перемычках, в которые завертывают шпильки. Выступающие на 2–3 мм части шпилек расчеканивают молотком. Для большей герметичности шпильки пропаивают. Запла-

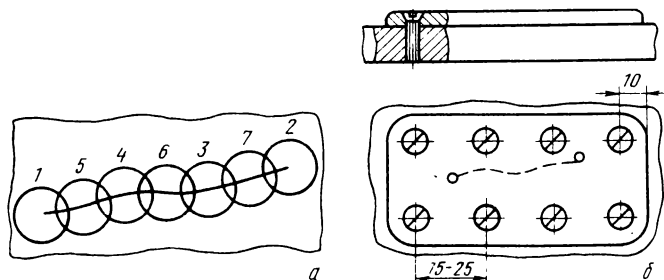


Рис. 152. Вариант ремонта:

а — последовательность сверления отверстий (1–7) при штифтовке трещин; *б* — заплатка на винтах

ты (рис. 152, *б*) устанавливают на винтах. Под ней для герметичности устанавливается прокладка. В табл. 55 приведены электроды для сварки и наплавки чугуна без подогрева [13].

Автоматическая наплавка. Наплавка на автоматических станках с применением флюсов позволяет получить различную твердость металла. При применении флюса АН-348А и сварочной проволоки Св-08 получается твердость металла 160–165 *НВ*; с электродной проволокой марки Св-30ХГСА и Св-1012 — 250–350 *НВ*; на детали из стали 45 и с проволокой Св-18ГСА 300–320 *НВ*; с проволокой 50ХФА — более 320 *НВ*.

Наиболее широкое применение получили флюсы ОСЦ-45А и АН-348А, которые имеют малую склонность к трещинообразованию. Флюс АНК-18 обеспечивает твердость наплавляемого металла 350–450 *НВ*.

Для получения особых свойств на поверхности деталей, работающих в тяжелых режимах, применяются специальные электроды (табл. 56). Наплавленная поверхность имеет высокую твердость и прочность [13].

Хорошие результаты при ремонтах деталей дает сварка и наплавка в среде защитного газа — аргона. При этом не требуется применение флюсов, обеспечивается высокое качество сварного шва и высокая производительность. Низкоуглеродистую сталь сваривают на постоянном токе прямой полярности.

Мелкие детали сваривают без подогрева, а крупногабаритные с предварительным подогревом до 200–300 °С. Элект-

Т а б л и ц а 55. Электроды для сварки и наплавки чугуна без подогрева

Электрод	Диаметр, мм	Назначение	Особенности сварки
ОЗЧ-2. Сердечник — медная проволока МТ	3—6	Для сварки и наплавки в нижнем и вертикальном положениях серого и ковкого чугуна, заварки дефектов чугуна литья. Электроды имеют кислое покрытие, содержащее железный порошок	Сваривают участками длиной 30—60 мм с последним охлаждением до 60 °С, шов проковывают легкими ударами молотка
МНЧ-2. Сердечник — проволока НМЖМШ (монель-металл)	3—6	Для заварки брака литых деталей из серого высокопрочного и ковкого чугуна в нижнем, вертикальном и полуположном положениях. Рекомендуются для заварки первого слоя ответственных деталей; твердость наплавленного металла 160—190 НВ	Сваривают короткими швами длиной 25—30 мм, каждый шов проковывают легкими ударами молотка, сварка продолжается после охлаждения шва до 60 °С
ЦЧ-4. Сердечник — проволока Св-8, Св-08А	—3—5	Для сварки в нижнем положении конструкций из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом и серого чугуна с пластинчатым графитом, а также их сочетаний со сталью; твердость наплавленного металла 160—190 НВ	Сваривают швами длиной 25—30 мм с сплошным охлаждением на воздухе до 60 °С. В случае сварки ковкого и высокопрочного чугуна длину валков увеличивают до 80—100 мм
ОЗЖН-1. Сердечник — проволока 08Н50	2—5	Для наплавки и заварки дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугуна в нижнем и вертикальном положениях, могут использоваться вместе с электродами ОЗЧ-3 и МНЧ-2, твердость наплавленного металла 180—210 НВ	Сваривают швами длиной 30—50 мм, каждый шов проковывают, сварку возобновляют после охлаждения шва до 60 °С
ОЗЧ-3. Сердечник — проволока НП-2	2—5	Для сварки в нижнем и вертикальном положениях заварки дефектов литья в деталях из серого и высокопрочного чугуна; рекомендуется соединений с повышенными требованиями к шероховатости обрабатываемой поверхности. Твердость наплавленного металла 150—180 НВ	Сваривают швами длиной 30—50 мм, каждый шов проковывают, для сварки чугуна, подвергнутого в эксплуатации термическому воздействию, применяют специальную технологию
ОЗЧ-4. Сердечник — проволока НП-2	2—5	С основным покрытием, рекомендуются для сварки в нижнем и вертикальном положениях деталей из серого и высокопрочного чугуна, для наплавки последнего слоя при работе деталей на истирание	Аналогичны электродам марки ОЗЖН-1

или при наличии ударных нагрузок. Подслои наносятся электродами ОЗЧ-3. Твердость наплавленного металла 160—190 НВ

И р и м е ч а н и я. 1. Сварку выполняют на постоянном токе обратной полярности. 2. Подготавливают детали к сварке механическим способом. Огневую резку не применяют. 3. Сварку ведут с наименьшей глубиной провара основного металла.

Т а б л и ц а 56. Электроды для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами

Марка электрода	Диаметр, мм	Назначение	Особенности наплавки
ОЗН-250У. Сердечник — проволока Св-08, Св-08А	4,0—5,0	Для наплавки быстронашающихся деталей из углеродистых и низколегированных сталей, подерженных ударным нагрузкам. Твердость наплавленного металла 225—275 НВ	При постоянном токе в нижнем положении
ОЗН-300У. Сердечник — проволока Св-08, Св-08А	4,0—5,0	То же. Твердость наплавленного металла 275—325 НВ	То же
ОЗН-350У	4,0—5,0	То же. Твердость наплавленного металла 325—375 НВ	" "
ОЗН-1. Сердечник — проволока Св-08А	— 3,0—5,0	Для наплавки молотковых и высадочных штампов. Наплавка при постоянном токе обратн- обрабатываемых без отжига, электроды с основ- ным покрытием. В качестве "подслоя" для всех типов штампов. Твердость наплавленного метал- ла 320—365 НВ	Для постоянной полярности, наплавленный металл обеспечивает повышение износостойко- сти в 1,5—2 раза. Наплавляют с подог- ревом до 300—500 °С с проковкой каж- дого слоя в горячем состоянии
ОМГ-Н	4,0—5,0	Электроды с основным покрытием, предназначены для наплавки изношенных деталей из высокомар- ганцевистых сталей типов Г13 и Г13А. Твердость наплавленного металла 25—33 НВ	Для наплавки в нижнем и наклонном по- ложениях на постоянном или переменном токе. Наплавку следует вести при ми- нимально возможном разогреве детали
ЦНИИИ-4. Сердеч- ник — проволока Х14Г4НЗТ	4,0	Для наплавки и заварки пороков деталей из вы- сокомарганцевистых сталей типов Г13 и Г13А. Электроды с основным покрытием. Твердость на- плавленного металла после наплавки 250—310 НВ, после наклепа 450—500 НВ	Наплавка проводится в нижнем положи- нии на постоянном токе обратной по- лярности при небольшом подогреве

родная проволока диаметром 0,5–2,5 мм подается в зону горения дуги со скоростью 120–620 м/ч. При этом можно получить слой толщиной 0,8–1,5 мм. Чаще применяют сварочную проволоку марки Св08ГС, Св08Г2С, Св12ГС, Св18ХГСА, порошковую проволоку ПП-АН4, ПП-АН5, ПП-АН8, наплавочную проволоку марки НП-30ХГСА, ПП-3Х2В8Т, ПП-30Х10Г10Т; применяют полуавтоматы А547Р, А547У, ЦДПГ-300, а для наплавки – головку ОКС-1252М.

При сварке необходимо иметь высокую плотность тока (100 А/мм² при диаметре до 2 мм) и очень короткую дугу (до 1,5–4 мм).

При наплавке деталей малого диаметра используют проволоку диаметром 0,8–1,0 мм, скорость подачи 160–200 м/ч, напряжение 17–18 В, силу тока 70–90 А, слой наплавленного металла 0,8–1,0 мм.

Значительно уменьшаются внутренние напряжения в деталях, если вместо наплавки применить плазменную наплавку. Принцип плазменной наплавки заключается в следующем. Плазмообразующий газ под давлением пропускают через узкий канал, в котором между двумя электродами создают дуговой разряд большой длины. Под действием электрического поля создается плазменная дуга, выходящая из сопла со скоростью 1500 м/с при давлении газа 0,3 МПа, силе тока 400–500 А и 10000–18000 °С. На рис. 153 показана принципиальная схема горелки [23]. Дуга 5 горит в канале 3, охлаждаемом проточной водой 4, через который пропускают плазмообразующий газ 2. Открытая струя 6 образуется, если

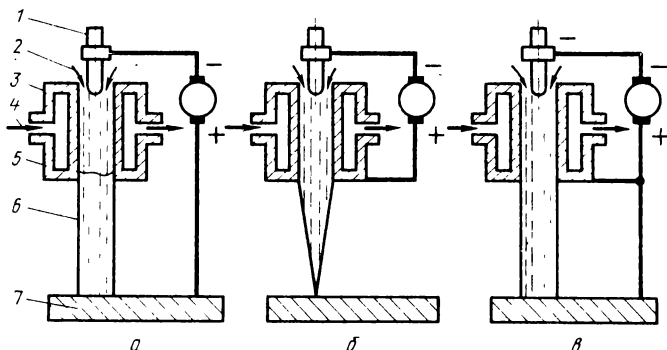


Рис. 153. Схема устройства для получения плазменной струи

Т а б л и ц а 57. Материалы, применяемые для плазменной наплавки и напыления

Марка сплава	Твердость, HRC	C, %	Si, %	Cr, %	B, %	Fe, %	Ni, %	Mn, %
СНГН	53-57	0,5-1,0	3,5-5,0	14-18	3,5-5,0	1,0-3,0	Остальное	-
ВСНГН	58-62	Сплав СНГН с 30-50 % гранулята на основе карбида вольфрама						
ПГ-ХН80СР2	35-45	0,3-0,5	1,5-3,0	12-15	1,5-2,5	5,0	Остальное	-
ПГ-ХН80СР3	45-55	0,4-0,8	2,5-4,5	12-16	2-3	5,0	То же	-
ПГ-ХН80СР4	55-62	0,6-1,0	2,0-5,0	13-17	2,5-4,0	5,0	" "	-
ФБХ	54-58	3,5-5,5	1,0-2,5	32-37	1,3-2,0	Остальное	-	1,5-4,0
КЕХ	58-62	4,5-5,5	До 1,3	47-50	До 1	То же	-	-
УС-25	53-57	4,5-5,4	1,8-2,8	38-44	-	" "	1,0-1,8	До 2,5
Сормагг 1	46-50	2,5-3,3	2,8-3,5	35-31	-	" "	3,0-5,0	До 1,5

анодом служит деталь 7 (схема *а*). Она применяется для нагрева детали. Если анодом служит сопло (схема *б*), образуется закрытая струя в виде факела. Ее применяют для поверхностной закалки и напыления. При схеме *в* горят две дуги: одна между вольфрамовым электродом и деталью, другая между вольфрамовым электродом и каналом горелки. При этом порошок вдувают в плазменную струю. Изменяя силу тока обеих дуг регулируют количество тепла, расходуемого на плавление порошка, нагрев и оплавление порошка, нагрев и оплавление основного металла.

В качестве плазмообразующего газа применяют аргон, гелий, водород, азот, кислород, воздух. Наилучший из них - аргон. Присадочные материалы применяют в виде проволоки, ленты, порошка. Тепловую мощность плазменной струи регулируют изменением силы тока и напряжения, расхода и состава газа, диаметра сопла и расстояния от сопла до детали [23]. Плазменной струей режут чугун, цветные металлы, керамику, сваривают металлы. В табл. 57 приведены характеристики порошковых материалов, в табл. 58 - основные режимы плазменной наплавки.

Т а б л и ц а 58. Режим плазменной наплавки

Параметр	Наплавка вдуванием порошка в дугу	Наплавка по слою порошка	Покрытие оплавлением	Металлизация проволокой	
	ПГ-ХН80СР2, сор-гранулы 60–100 мкм	сормайт 1, гранулы 100–300 мкм	сплавы СНГН, ВСНГН	сталь 65Г	
Наплавляемая деталь	Валы	Валы	Листовая сталь	Валы	Из чугуна
Напряжение основной дуги	45	50	50	85	30
Сила тока основной дуги, А	115	160	150	300	450
Напряжение дежурной дуги, В	15	25	20	20	30
Сила тока дежурной дуги, А	80	45	40	50	50
Расход плазмообразующего газа, л/ч	90	120	120	780	200
Расход защитного газа, л/ч	720	900	720	—	900
Производительность, кг/ч	2–3	4–5	4–5	4,6	7
Расстояние от горелки до детали, мм	10–12	12	12	200	120

В случае абразивного износа применяют наплавку твердыми сплавами. Наиболее часто для упрочнения применяют сплавы сормайт 1 (ЦС-1), сормайт 2 (ЦС-2), сталинит [23]. Сормайт 1 содержит 25–31 % Cr и 3–5 % Ni и применяется в условиях абразивного изнашивания. Сормайт 2 содержит 13–17 % Cr, 1,3–3,2 % Ni и применяется для упрочнения деталей, работающих при ударных нагрузках. Применяют прутковый электрод диаметром 5–7 мм или порошковую проволоку. Твердость поверхности после наплавки ЦС-1 оставляет 48–54 HRC, а после наплавки ЦС-2 – 39–45 HRC, после закалки 58–60 HRC.

4. Обслуживание подшипников качения

Подшипники основного исполнения изготавливают с габаритными размерами по ГОСТ 3478—78 из стали ШХ; по нормальному классу точности с радиальным зазором по основному ряду; с цилиндрическими или коническим отверстием; с нормальным уровнем вибрации; с температурой отпуска в пределах до 175 °С [30]. Места цифр в основном условном обозначении считают справа налево. Расшифровка основного условного обозначения подшипника ГПЗ приведена ниже (расшифровываются цифры справа).

Первая, вторая цифры — внутренний диаметр подшипника [число из первых двух цифр (04—99), умноженное на 5, дает внутренний диаметр, кроме 00—11 мм, 01—12, 02—15, 03—07, 04—20 мм].

Третья цифра — серия подшипника по наружному диаметру:

сверхлегкая	8; 9
особолегкая	1; 7
легкая	2
легкая широкая	5
средняя	3
средняя широкая	6
тяжелая	4
особо тяжелая	5

Четвертая цифра — тип подшипника (форма тела качения):

шариковый радиальный однорядный	0
шариковый радиальный сферический	1
роликовый радиальный с короткими роликами	2
роликовый радиальный сферический	3
роликовый радиальный с длинными роликами	4
роликовый радиальный с витыми роликами	5
шариковый радиально-упорный	6
роликовый конический	7
шариковый упорный	8
роликовый упорный	9

Пятая, шестая, седьмая цифра — конструктивной разновидности подшипников.

Основное условное обозначение записывают максимальным числом цифр, характеризующих габаритные размеры, серию диаметра и ширины.

Изменение и регулировка зазоров в подшипниках

При монтаже и эксплуатации подшипников качения измерение зазоров в них проводят с помощью шума или индикатора. С

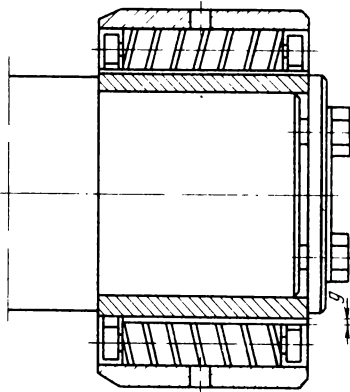


Рис. 154. Схема измерения радиального зазора подшипника с гладким внутренним кольцом

помощью индикатора замеряют осевую игру и радиальный зазор. При измерении осевой игры перемещают вал в обе стороны, в торец которого упирают ножку индикатора. Разность крайних замеров и покажет осевую игру [30]. Радиальный зазор замеряют с помощью шупа с обоих торцов. При правильном замере шуп проходит при небольшом усилии от руки между телами и дорожками качения (рис. 154). Замеры проводят, поворачивая одно из колец через 90–120°. У двухрядных сферических роликоподшипников зазоры измеряют в обоих рядах в ненагруженной зоне.

При проверке осевой игры двухрядного конического подшипника его устанавливают на разметочную плиту без дистанционного кольца (рис. 155, а, б). Замеряют расстояния, указанные на рис. 155, а, б. Начальная осевая игра подшипника с дистанционным кольцом толщиной t равна $S = H - (h_1 + h_2)$; без дистанционного кольца $S = H - (h_a + h_c)$.

При замере осевой игры собранного подшипника его укладывают на разметочную плиту и замеряют между торцами наружного и внутреннего колец с одинаковой маркировкой, когда они находятся сверху и внизу (рис. 155, в).

Осевая игра равна: $S = a_2 - a_1$ или $S = C_2 - C_1$. Осевую игру двухрядного конического подшипника, установленного на валу, определяют полным смещением наружного кольца относительно внутреннего в осевом или радиальном направлении (рис. 156). Осевая игра (S) определится по формуле: $S = \delta / (2 \sin \beta)$, где δ — замеренный зазор, равный при ра-

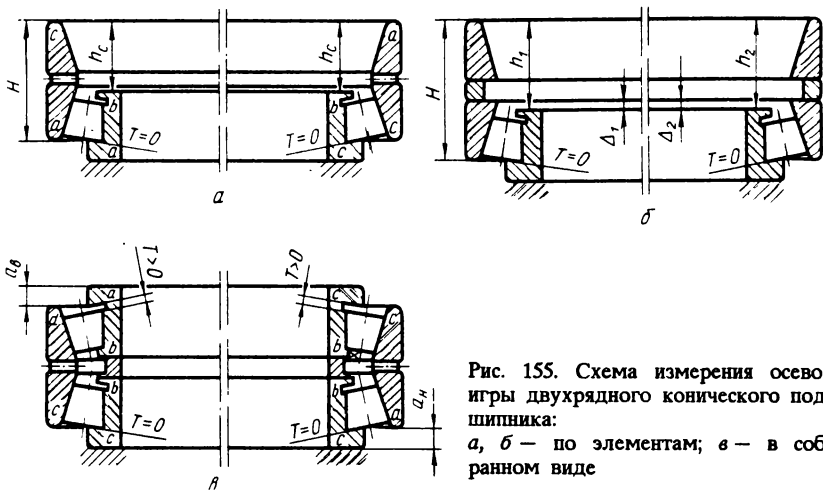


Рис. 155. Схема измерения осевой игры двухрядного конического подшипника:
 а, б — по элементам; в — в собранном виде

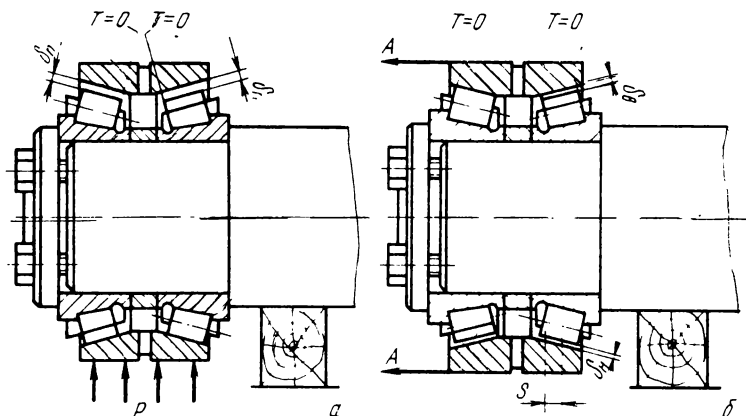


Рис. 156. Схема измерения зазора по линии давления в двухрядном коническом подшипнике:

а — при радиальном смещении наружного кольца; б — при осевом смещении наружного кольца

диальном смещении $\delta = \delta_{\text{п}} + \delta_{\text{л}}$; при осевом смещении $\delta = \delta_{\text{в}} + \delta_{\text{н}}$.

Конический четырехрядный подшипник изображен на рис. 157. Осевая игра каждого двух рядов равна разности высоты дистанционных колец $B'B'$; $D'D'$; $C'C'$ и ширины соответствующих пазов BB ; DD ; CC . Допустимая разница осевой игры по рядам одного подшипника не должна превышать 0,1 мм. Неравномерная нагрузка на отдельные ряды тел качения при-

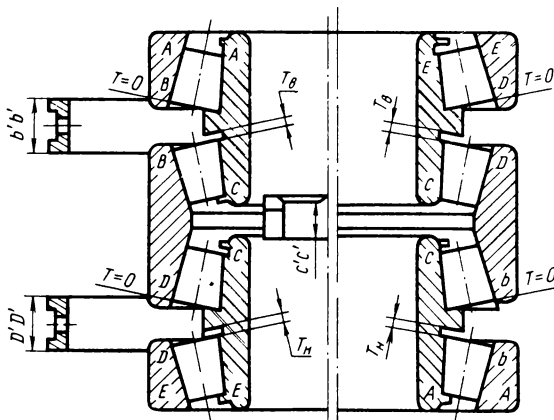


Рис. 157. Положение колец в четырехрядном коническом подшипнике: AB, BD, DE, AC и CE — кольца подшипника; $B'B', D'D', C'C'$ — дистанционные кольца; T_H и T_B — торцевые зазоры в нижнем и верхнем рядах

водит к снижению долговечности (в кубической от нагрузок зависимости). Неравенство зазоров в рядах четырехрядного конического подшипника достигается изменением высоты дистанционных колец (рис. 157).

На рис. 158 изображены два случая неравенства радиальных зазоров [30]:

один из внешних рядов имеет увеличенный радиальный зазор (рис. 158, *а*) из-за неправильной фиксации подшипника торцевой крышкой;

два внутренних ряда имеют уменьшенный зазор (рис. 158, *б*) из-за износа торцов дистанционного кольца $C'C'$ при провертывании внутренних колец $A'C$ и $B'C$ относительно шейки и самозатягивания гайки, фиксирующей их осевое по-

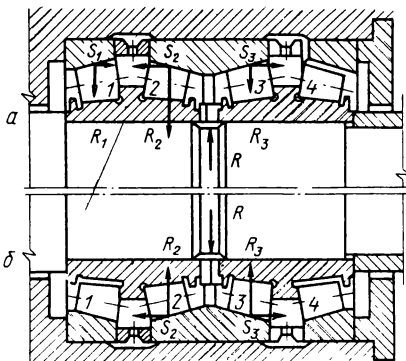


Рис. 158. Схема перегрузки рядов роликов из-за неравенства осевой игры: *а* — одного ряда; *б* — двух рядов; R — радиальная сила, воспринимаемая подшипником; R_i — радиальная сила, воспринимаемая соответствующим рядом роликов; S_i — осевая составляющая R_i

ложение. В первом случае внешнюю нагрузку воспримут только три ряда роликов:

из условия равновесия осевых составляющих (рис. 158)

$$S_1 + S_3 = S_2;$$

из условия $S_i = 1,25R_i \operatorname{tg} \beta$ получим

$$R_1 + R_3 = R_2. \quad (8.1)$$

Но для равновесия радиальных нагрузок, воспринимаемых подшипником, справедливо равенство

$$R_1 + R_3 = R - R_2. \quad (8.2)$$

Из выражений (8.1) и (8.2) следует, что $R_2 = 0,5R$. Таким образом, перегруженный ряд роликов воспринимает в два раза большую нагрузку. Его расчетная долговечность сокращается в 10 раз, контактное напряжение возрастает на 40%. В случае уменьшенных зазоров двух рядов возрастает вероятность преждевременного разрушения подшипников, так как нагрузку от внешних сил воспринимают только они.

Для регулировки четырехрядных конических подшипников следует точно измерить ширину пазов BB , DD , CC . Для этого устанавливают кольца таким образом, чтобы ролики находились выше рабочих торцов внутренних колец. Размеры пазов по методу фирмы "Timken" (рис. 159) определяются по следующим зависимостям [30]:

$$CC = BC + DC - BD; \quad BB = AD + DC \pm AA - (BD + AB);$$

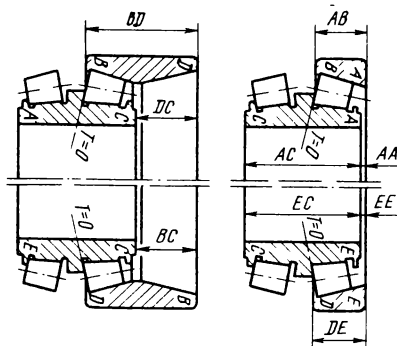


Рис. 159. Схема установки колец для определения расстояния между торцами смежных колец четырехрядного роликоподшипника по способу фирмы "Тимкен" (Швеция)

$$DD = EC + BC \pm EE - (BD + DE).$$

В процессе измерения требуется четыре раза переставить кольца и измерить девять размеров. Это обеспечивает требуемую точность регулировки. Толщина колец $B'B'$, $C'C'$, $D'D'$ должна быть больше замеренных пазов (BB , CC , DD) на величину осевой игры подшипника.

Ревизия подшипников и монтаж опор

Оборудование ремонтных площадок включает верстаки, столы для укладки подшипников и деталей опор, ванну для нагрева масла, ванну для промывки подшипников, столы для контроля подшипников, шкафы и стеллажи для хранения деталей, стенды для сборки и разборки опор. Ниже приведен перечень материалов, необходимых для монтажа подшипниковых узлов [30]:

Мерительный и
проверочный
инструмент

Микрометры соответствующих размеров, класс точности — первый и второй; нутромер микрометрический, класс точности — второй; плоскопараллельные концевые меры длины, набор из 87 или 42 плиток, класс точности — третий или четвертый, разряд — пятый и шестой; индикатор часового типа на штативе (с магнитом и без магнита), цена деления индикатора 0,01 мм; штангенглубиномер; штангенциркули соответствующих размеров, метр складной, метр ленточный, шуры № 3, 5 и 7. Длина пластин шура — 100 и 200 мм, угломер, радиусные шаблоны (координатомеры), рамные и слесарные уровни первой и второй групп точности (0,02—0,05 мм и 0,06—0,10 мм. на 1 м), тахометр, проверочные линейки двутаврового сечения соответствующей длины (3000, 4000, 5000 мм), проверочные линейки мостовые, линейки стальные прямоугольного сечения соответствующей длины, плиты проверочные, калибры для проверки соосности корпусов

Прокладочный
материал

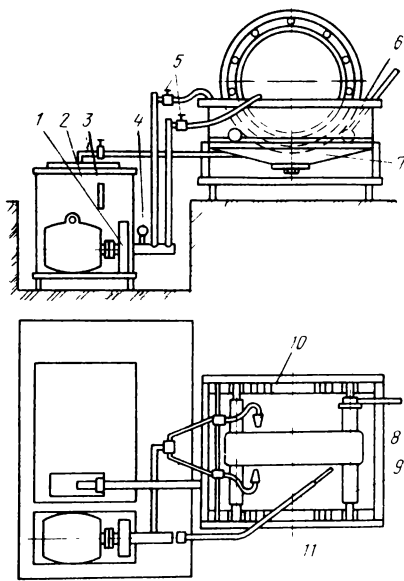
Жесть белая (толщина листов 0,25; 0,32; 0,40; 0,50 мм), жесть черная полированная (толщина листов 0,2; 0,27; 0,35; 0,50 мм), лента стальная (толщина ленты 0,08; 0,10; 0,15; 0,20 мм), лента латунная (толщина ленты 0,08; 0,10; 0,15; 0,20 мм); пресс-шпан (толщина листов 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80 мм), картон прокладочный промасленный (толщина листов 0,3; 0,8; 1,0; 1,0; 1,5 мм), бумага чертежная промасленная

Протирачный
материал

Салфетки хлопчатобумажные, концы хлопчатобумажные, лак-герметик

Материал для уплотнения . . .	Бакелитовый лак, резиновый шнур, войлок технический тонкошерстный, войлок технический полугрубшерстный
Промывочный материал	Масло индустриальное 12,20, 30, бензин, керосин
Смазка для консервации подшипников .	Технический вазелин УН, смазка пушечная УНЗ
Материал для смазки подшипников	Пластичные смазки, масло индустриальное 12, 20, 30, 45, 50; масло прокатное П-28, солидол жировой УС-3 и др.
Материал для зачистки коррозии	Шлифовальные бруски плоские, шлифовальные бруски полукруглые, шкурка шлифовальная на бумажной основе, шкурка шлифовальная на тканевой основе, паста полировочная хромовая литая (паста ГОИ)
Оборудование стационарных и временных мастерских	Ванна с паро- или электроподогревом масла, ванна с паро- или электроподогревом воды, шприцы для промывки, шприцы винтовые для заправки подшипников смазкой, противни, ведра оцинкованные с крышками, черпаки, лейки, воронки; шланги резиновые, слесарные верстаки, стеллажи металлические, демонтажно-монтажные приспособления соответствующих конструкций и размеров, домкраты. Выколотки и молотки из цветных сплавов или мягкой стали
Другие материалы	Синька, сетка латунная, свинец, асбест, круги войлочные абразивные, круги проволочные, термометр со шкалой до 200 °С, противопожарное оборудование

Рис. 160. Агрегат для промывки крупногабаритных подшипников:
 1 — насос; 2 — ванна нагревательная; 3 — термометр; 4 — манометр;
 5 — трубопроводы с вентилями; 6 — ванна промывочная; 7 — отстойник;
 8 — храповой механизм; 9 — ролик;
 10 — насадок переносной



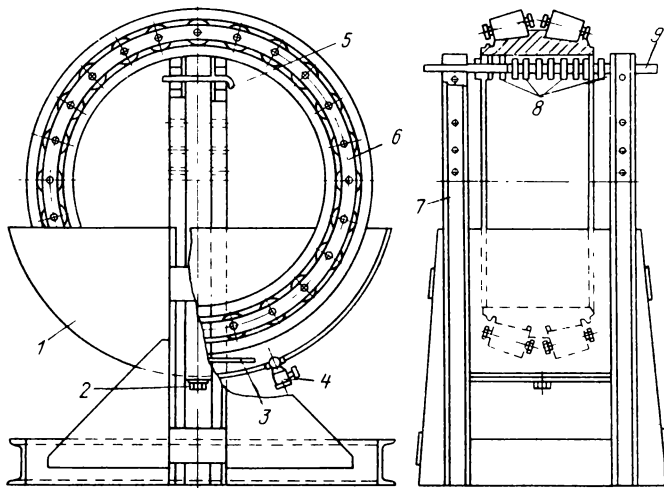


Рис. 161. Переносная установка для промывки крупногабаритных подшипников: 1 — ванна; 2 — кран сливной; 3 — решетка; 4 — кран сливной; 5 — ось; 6 — подшипник промываемый; 7 — стойка; 8 — подшипник; 9 — труба

Объем ванны для нагрева масла при монтаже определяет габарит наибольшего подшипника. Ванну оборудуют крышкой, решеткой для укладки подшипников, электронагревателем, кранами для слива чистого и отработанного масла из отстойника. Тепловое реле должно регулировать температуру масла в диапазоне 105–115 °С.

Промывку подшипников перед регулировкой ведут струей жидкости или туманом (для уменьшения расхода жидкости). Крупногабаритные подшипники промывают на агрегате (рис. 160), состоящем из нагревательной 2 и промывочной 6 ванн, расположенных на разных уровнях, и насоса 1. Моющую жидкость подают к телам качения с помощью трубок 5 и насадок 10 и 11. Подшипник вращают храповым механизмом 8. На переносной установке (рис. 161) промывку подшипников совмещают с ревизией [30].

Осевую игру четырехрядных конических подшипников контролируют на столе с подкладными башмаками, обработанными на станке с одной настройкой.

Промывка подшипников

Подшипники промывают минеральным маслом, бензином, обезвоженным керосином для снятия консервационной смазки, технической водой, мокрым паром, 2–3 %-ным раствором соли или мыла в воде, смесью бензина (6–8 %) с минеральным маслом, туманами (масляным, керосиновым, бензиновым) [30].

Воду применяют в нагретом до кипения состоянии, пар с температурой не выше 120 °С, масло при 105–115 °С (для испарения воды). Бензин и керосин применяют при температуре окружающей среды. Чистовую промывку проводят бензином, смешанным с маслом. После испарения бензина на поверхности остается слой масляной пленки, которая защищает от коррозии.

После промывки подшипники обрабатывают горячим маслом. Промывку производят длительным погружением в ванну с моющей жидкостью, многократным окунаем, струей под давлением. Ускоряет промывку повертывание колец, развертывание наружных обойм сферических подшипников.

После промывки подшипников водой, керосином их погружают на 10–15 мин в ванну с минеральным маслом. Помытые подшипники обертывают плотной бумагой или пленкой. Ткань не применяют, так как она впитывает масло и пропускает пыль.

Контроль качества подшипников и их монтажа

При ревизии подшипников проверяют:

состояние колец и тел качения на отсутствие на их поверхности трещин, сколов, забоин;

состояние сепараторов — отсутствие трещин, механических повреждений, дефектов клепки, защемление тел качения; величину радиальных зазоров и осевой игры; легкость и шум вращения; правильность сборки по комплектовочной маркировке; качество установки подшипников на посадочных местах.

Вращение наружных колец должно быть ровным с медленной остановкой без рывков, стука, заеданий. Рывки указывают на наличие в подшипниках механических или абразивных час-

тиц, резкое торможение — на малую величину радиального зазора, стук — на вмятины и раковины на дорожках качения в телах качения, на большие зазоры в гнездах сепараторов. В нагруженной зоне все тела качения должны вращаться.

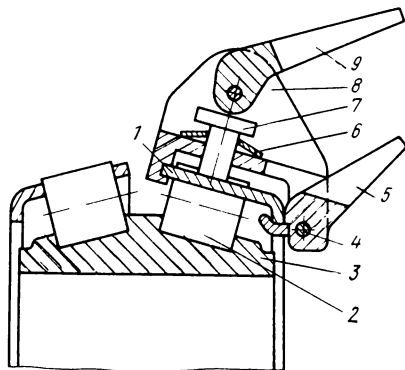
Подшипники выбраковываются в случаях обнаружения трещин на кольцах, телах качения, сепараторах, сколов на кольцах, рабочих буртах колец и тел качения, забоин, вмятин и шелушения на дорожках и телах качения; обнаружения нарушения клепки и сварки сепараторов или их провисания; неполного комплекта роликов или шариков; наличия коррозионных раковин на рабочих поверхностях тел и дорожек качения, продольных лысок на роликах; обнаружения тугого вращения или чрезмерно большого зазора [30]. Выбракованные подшипники заменяют.

В некоторых случаях допускают подшипники с дефектами. При небольшой частоте вращения, малых нагрузках, в узлах отдельно стоящих машин оставляют в работе конические и двухрядные сферические подшипники со сколами нерабочих буртов, подшипники с незначительной коррозией на дорожках качения. При малых частотах вращения и большой радиальной нагрузке допускают подшипники с уменьшенным радиальным зазором, если в работе обеспечивается хороший отвод тепла. В опорах с невысокой скоростью вращения можно оставить подшипники с увеличенным в два раза зазором. Допускают к работе вновь скомплектованные из разных комплектов подшипники после их регулировки.

Коррозионные пятна и неглубокие раковины на телах и дорожках качения устраняют вручную или шлифовальными машинками с помощью войлочных кругов мелкозернистой пастой ГОИ или порошка окиси хрома, смешанными с минеральным маслом.

Острые края глубоких раковин зачищают шлифовальными кругами. На посадочных и торцовых поверхностях колец коррозию устраняют мелкозернистым наждачным полотном, смоченным минеральным маслом. При этом следует добиваться, чтобы сохранились плавность, легкость вращения и нормальный шум при рабочей частоте. Напльвы металла в местах забоин зачищают шлифовальными брусками. Трещины на торцовых посадочных поверхностях колец, а также на дорожках качения колец с местным нагружением вышлифовывают мелкозер-

Рис. 162. Приспособление для обжатия штампованных сепараторов конических подшипников:
 1 — сепаратор; 2 — ролик; 3 — кольцо подшипника; 4 — ось; 5 — рычаг; 6 — пружина; 7 — пуансон; 8 — корпус; 9 — рычаг



нистыми абразивными кругами. Глубина шлифования зависит от глубины трещин.

Провисание сепаратора устраняют обжатием их специальным приспособлением (рис. 162). Рычаги 5 и 9 шарнирно закреплены на корпусе 8. Пуансон 7 под действием пружины 6 постоянно находится в контакте с эксцентриком рычага 9. На большом диаметре сепаратор захватывает зев корпуса 8, на меньшем — зев рычага 5. Подшипники с деформированными сепараторами допускают к работе до частоты вращения не выше половины предельной. Подшипники с остаточным магнетизмом к работе не допускаются.

Контроль деталей, сопрягаемых с подшипниками

При ревизии подшипниковых узлов контролируют сопряжение наружных колец с корпусами, внутренних — с валами, осевую фиксацию, наличие зазоров между выступающими за габаритные размеры колец сепараторами и смежными деталями, проверяют надежность фиксирующих устройств. Должна быть гарантирована доставка масла к телам качения. Снимают транспортные заглушки, очищают каналы от консервации, проверяют совпадение каналов между собой, герметичность технологических заглушек.

В уплотнительных устройствах контактного типа проверяют состояние уплотнительных кромок и схему их установок. Высохшие фетровые уплотнения промасливают, при необходимости заменяют резиновые манжеты. Наличие браслетных пружин обязательно. В уплотнениях лабиринтного типа кон-

такт между металлическими деталями не допускается. При необходимости проверяют параллельность посадочных гнезд в подушках их боковым граням.

5. Восстановление деталей с использованием прессовых соединений

Восстановление изношенной детали экономически целесообразно в том случае, если имеется местный износ, устранение которого дешевле изготовления новой. Оно может быть осуществлено с изменением первоначальных размеров или без их изменения — на размер чертежа.

По первому методу обычно восстанавливают более дорогую деталь: маховик, зубчатое колесо, муфту растачиванием на большой ремонтный размер. По новому размеру охватывающей детали вытачивают новый вал. К недостаткам метода следует отнести нарушение взаимозаменяемости и необходимость хранения информации по конкретному ремонтному узлу.

По второму методу восстанавливают размеры вала и отверстия "наращиванием" металла. При этом используют технологические способы, широко применяемые в ремонтах металлургического оборудования [23], часть из них описана выше. Среди них наиболее распространены: наплавка ручная, на наплавочных станках, вибродуговая, полуавтоматическая под слоем флюса или в среде защитного газа; плазменная наплавка; гальваническое покрытие (хромирование, никелирование, омеднение); электроискровое легирование; применение эпоксидных смол и др. И по первому и по второму методу необходимо обеспечить шероховатость поверхности детали и посадку в соответствии с требованиями чертежа, так как многие детали станов ХПП работают в условиях знакопеременных динамических нагрузок. Даже незначительные отступления от требований чертежа приводят к нарушению посадок, отказу и остановке стана. Многие детали обрабатываются в ремонтно-механических мастерских, где отсутствуют приборы для определения шероховатости, но имеется необходимый набор токарных, фрезерных, шлифовальных станков. В этом случае при назначении технологии механообработки в условиях механической мастерской следует руководствоваться следующими критериями [29]:

Вид обработки:

	Класс чистоты	Шероховатость, мкм
точение и строгание чистовые	4—7	R 40—1,25
точение тонкое (алмазное)	7—9	1,25—0,32
расточивание чистовое	4—7	R 40—1,25
фрезерование чистовое	5—7	R 20—1,25
развертывание черновое	7	1,25
развертывание чистовое	8—9	0,62—0,31
шлифование:		
черновое	7	1,25
чистовое	8—9	0,62—0,31

Часто отверстие ремонтируют установкой дополнительных втулок. Втулки фиксируют применением дополнительных крепежных деталей: винтов, накладок или посадками с гарантированным натягом, при этом очень важно обеспечить достаточную прочность соединения, втулки, ступицы и передачи расчетного крутящего момента. Напряжения в сопрягаемых деталях в зависимости от величины натяга и величину передаваемого момента можно определить по методике, изложенной в [24].

Соединение с натягом создается и поддерживается силами упругой деформации сжатых и растянутых (вала и втулки) деталей, ЕСДП СЭВ устанавливают следующие посадки с натягом: в системе отверстия — p, r, s, u, x, z ; в системе вала — P, R, S, U, X, Z .

На рис. 163, *a* приведены средние значения натягов $\Delta_{\text{ср}}$ при различных посадках в зависимости от диаметра вала.

Наибольший крутящий момент, передаваемый соединением [24],

$$M_{\text{кр}} = 5 \cdot 10^{-4} k p d^2 l f,$$

где k — давление на посадочной поверхности, МПа; d, l — диаметр и длина посадочной поверхности, мм; f — коэффициент трения между сопрягающимися поверхностями (для стали и чугуна $f = 0,10 \div 0,15$).

Давление на посадочные поверхности (k) согласно формуле Ламе зависит от натяга и толщины стенки втулки и (полого) вала. Величины $a_1 = d_1/d$; $a_2 = d/d_2$ назовем относительной тонкостенностью охватываемой и охватывающей деталей (рис. 163, *б*). Напряжение сжатия в охватываемой детали (σ_1) и напряжение растяжения в охватывающей детали (σ_2) имеют на внутренней поверхности наибольшую величину

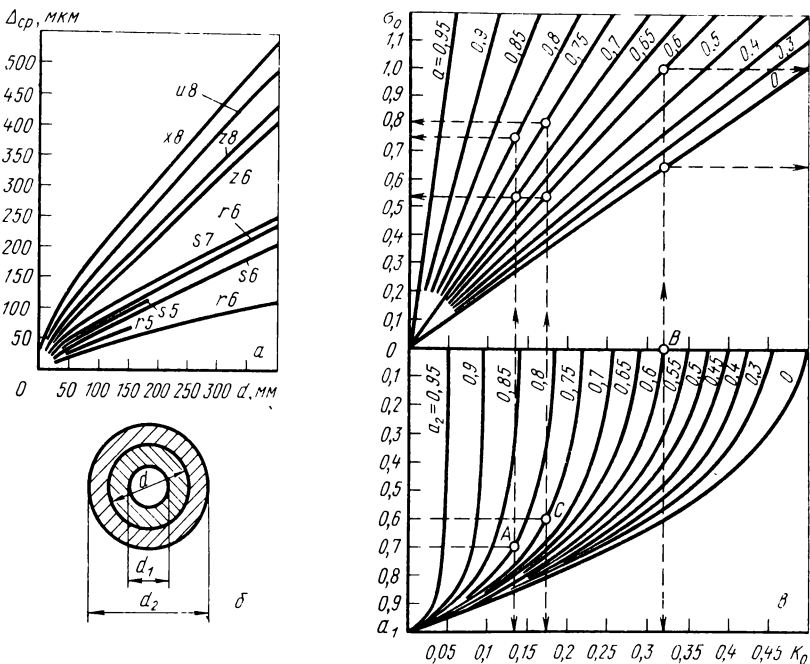


Рис. 163. Определение натяга неподвижного соединения:
 а — средние значения натяга; б — схема соединения; в — кривые для расчета соединения

$$\sigma_1 = 2k/(1 - d_1^2); \quad \sigma_2 = 2k/(1 - d_2^2), \quad (8.3)$$

σ_2 является лимитирующим для несущей способности соединения.

Для увеличения прочности вала целесообразно увеличить толщину стенок полого вала и уменьшить толщину стенок ступицы (охватывающей детали). Для увеличения прочности ступицы целесообразно увеличить толщину ее стенок и уменьшить толщину стенки полого вала. В массивных деталях ($a_1 < 0,5$; $a_2 < 0,5$) напряжения изменяются незначительно и их влиянием можно пренебречь. Величина коэффициента трения зависит от шероховатости поверхностей и способа сборки (соединение напрессованием, охлаждением вала, нагревом ступицы). При сборке с нагревом или охлаждением деталей коэффициент трения в 1,3–2,5 раза выше, чем при

сборке напрессовкой. Коэффициент трения можно увеличить гальваническим покрытием.

При расчетах применяют $f = 0,10 \div 0,15$, а возрастание коэффициента позволяет повысить запас прочности.

Влияние качества поверхностей. При измерении диаметров деталей шероховатость входит в размер, при напрессовке деталей микронеровности сминаются и фактический натяг уменьшается. У деталей малых размеров (менее 40 мм) величины микронеровностей и натяга одного порядка. Натяг в таких соединениях может исчезнуть в результате смятия микронеровностей. При расчете натяга следует вводить поправку на высоту микронеровностей, снимаемых при посадке (0,5–0,6 от первоначальной величины их средней высоты). Коэффициент запаса надежности посадки выбирают равным 1,5–3,0.

Выбор посадок. Несущая способность посадки пропорциональна кубу диаметра вала, поэтому следует при возможности увеличивать размер сопрягаемых деталей. Следует избегать больших натягов при низкой точности, так как из-за большого поля допуска можно получить натяги, опасные для прочности охватываемой (реже вала) детали. Целесообразно применять посадки $H7/r6$; $H7/u6$; $H8/u8$. Большие натяги применяют в случае посадок в тонкостенные корпуса, корпуса из легких сплавов, расширяющиеся при нагреве.

При запрессовке тонкостенной втулки в корпус ее внутренний размер уменьшается, поэтому после сборки нужно предусматривать дополнительную обработку отверстия. Тонкостенные втулки обычно устанавливают по посадке $H7/r6$.

Несущую способность посадки рассчитывают по минимальному натягу, а напряжения, возникающие в охватываемой детали, — по максимальному. На диаграммах (рис. 163, в) приведены кривые для расчета соединений с натягом. Принято для стали $E = 21 \cdot 10^4$ МПа; $\mu = 0,3$. В нижней части диаграммы приведено относительное давление $k_0 = 1/(C_1 + C_2)$ в функции a_1 для различных значений a_2 , а в верхней — относительные напряжения σ_0 . Абсолютные величины K , σ_1 , σ_2 получают умножением k_0 , σ_{01} , σ_{02} на коэффициент $E\Delta/d$.

Пример 1. Стальной полый вал имеет наружный диаметр $d = 100$ мм и внутренний $d_1 = 70$ мм ($a_1 = 0,7$). Запрессован в стальную ступицу с наружным диаметром $d_2 = 125$ мм ($a_2 = 0,8$) по посадке $H7/u6$. Длина соединения $l = 100$ мм. Вал и отверстие обработаны по 8 классу шероховатости (R_z суммарное = 6,4 мкм), коэффициент трения $f = 0,10$.

Необходимо определить давление K на посадочной поверхности; средний крутящий момент $M_{кр}$, который можно передать через соединение; максимальное напряжение σ_1 в вале и σ_2 в ступице. Теперь определим $E\Delta/d$. При посадке $H7/r6$ средний диаметральный натяг при $d = 100$ мм равен 137 мкм. Действительный натяг с учетом микронервозностей $137 - 6,4 = 130,6$ мкм; $E \frac{\Delta}{d} =$

$= \frac{21 \cdot 10^4 \cdot 130,6}{10^4 \cdot 10^2} = 274$ МПа. От точки $a_1 = 0,7$ (нижняя часть диаграммы на рис. 163, а) проводим горизонталь до пересечения с кривой $a_2 = 0,8$ (точка А) и находим на оси абсцисс значение $k_0 = 0,135$.

Давление $K = E \frac{\Delta}{d} k_0$; $K = 274 \cdot 0,135 = 37$ МПа. Средний крутящий момент, который может передать соединение $M_{кр} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 37 \cdot 3,14 \cdot 100^2 \cdot 100 \cdot 0,1 = 5800$ Н·м.

Для определения напряжений проводим от точки А вертикаль до встречи с прямыми $a = 0,7$ (вал) и $a = 0,8$ (ступица). На оси ординат находим $\sigma_{01} = 0,52$; $\sigma_{02} = 0,75$.

Напряжения в вале и ступице: $\sigma_1 = 274 \cdot 0,52 = 144$ МПа; $\sigma_2 = 274 \cdot 0,75 = 205$ МПа.

Сделаем вал более массивным (сплошным) $d_1 = 0$, наружный диаметр ступицы увеличим до 165 мм ($a = 0,6$). Точка В пересечения абсциссы $a_1 = 0$ с кривой $a_2 = 0,6$ дает $k_0 = 0,32$, тогда $K = 0,32 \cdot 274 = 87,5$ МПа. Таким образом, крутящий момент, передаваемый соединением, возрастет с $87,5/37 = 2,4$ раза.

Проводя через точку В вертикаль до пересечения с прямой $a = 0$ (вал) и $a = 0,6$ (ступица), находим на оси ординат $\sigma_{01} = 0,64$; $\sigma_{02} = 1,0$. Следовательно, напряжение в вале увеличивается в $0,64/0,52 = 1,23$ раза, а в ступице $1,0/0,75 = 1,33$ раза.

Таким образом, при небольшом увеличении напряжений на 23 % и на 33 % несущая способность соединения возрастет в 2,4 раза.

Пример 2. Задана величина передаваемого крутящего момента $M_{кр} = 2$ кН·м. Наружный диаметр вала $d = 100$ мм, внутренний $d_1 = 60$ мм ($a = 0,6$). Наружный диаметр ступицы $d_2 = 130$ мм ($a_2 = 0,76$), вал и отверстие обработаны по 8 классу шероховатости (суммарное $R_z = 6,4$ мкм). Длина соединения $l = 100$ мм, коэффициент трения $f = 0,10$.

Необходимо найти посадку для передачи крутящего момента. Принимаем коэффициент запаса $n = 1,5$. Получим расчетное значение $M_{кр} = 3$ кН·м. Давление на посадочной поверхности:

$$K = 2 \cdot 10^3 \frac{M_{кр}}{\pi d^2 l f} = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 100^2 \cdot 100 \cdot 0,10} = 19 \text{ МПа.}$$

Проведем из точки $a_1 = 0,6$ горизонталь до пересечения с кривой $a_2 = 0,75$ (точка С), находим на оси абсцисс $k_0 = 0,175$.

Решим уравнение $K = K_0 \frac{E\Delta}{d}$ относительно Δ :

$$\Delta = \frac{Kd}{k_0 E} = \frac{19 \cdot 100}{21 \cdot 10^4 \cdot 0,175} = 0,052 \text{ мм.}$$

С поправкой на смятие микроповерхностей: $52 + 6,4 = 58,5$ мкм.

Посадка $H7/r6$ ($\Delta_{\min} = 69$ мкм)

$69 - 6,4 = 62,6$ — расчетный натяг

$$\frac{E\Delta_{\min}}{d} = \frac{21 \cdot 10^4 \cdot 62,6}{10^3 \cdot 100} = 131 \text{ МПа,}$$

$$K = E \frac{\Delta}{d} k_0 = 131 \cdot 0,175 = 23,0 \text{ МПа.}$$

Передаваемый крутящий момент $M_{кр} = 5 \cdot 10^{-4} K \pi d^2 l f = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 23 \cdot 3,14 \cdot 10^4 \cdot 10^2 \times 0,10 = 3580 \text{ Н} \cdot \text{м.}$

Для определения напряжений в вале и ступице проводим из точки $k_0 = 0,175$ вертикаль до встречи с прямыми $a = 0,6$ (вал) и $a = 0,75$ (ступица) и находим на оси ординат $\sigma_{01} = 0,52$; $\sigma_{02} = 0,80$. Наибольшие напряжения в вале и ступице: $\sigma_1 = 250 \cdot 0,52 = 130 \text{ МПа}$; $\sigma_2 = 250 \cdot 0,8 = 200 \text{ МПа}$.

6. Повышение прочности зубчатых колес

Значительная часть отказов станков ХПТ приходится на зубчатые передачи, среди которых наибольшую долю составляют цилиндрические. Повышение их надежности ведется за счет совершенствования конструкции и рационального выбора материалов [11]. Выбор параметров профиля зубьев связан с их поперечной и продольной модификацией. Отступление от стандартного исходного контура позволяет увеличить долговечность зубчатых колес по основным критериям. С увеличением угла исходного контура увеличивается изгибная и контактная прочность. Прочность при изгибе возрастает примерно на 30 %, а контактная прочность в 1,5–2 раза при переходе от стандартного угла зацепления $\alpha = 20^\circ$ к исходному контуру с 28° . Изгибная прочность особенно заметно возрастает при малом числе зубьев. Контактная выносливость с увеличением профильного угла возрастает тем больше, чем больше передаточное число. Для косозубых передач вследствие уменьшения суммарной длины контактных линий не рекомендуется использовать исходные контуры с $\alpha > 25^\circ$. Однако применение нестандартных исходных контуров требует специального инструмента и может быть рекомендовано в виде исключения, когда исчерпаны возможности, получаемые при смещении нарезающего инструмента.

Смещением инструмента при нарезании зубьев добиваются повышения изгибной и контактной прочности, сопротивления изнашиванию и заеданию. Для повышения изгибной прочности оптимальным является случай усиления коррегированием меньшего колеса за счет большего. У колес с малым числом зубьев их изгибную прочность можно повысить за счет угло-

вой коррекции на 100 %. По данным работ [11], за счет увеличения угла зацепления в неравносменном зацеплении можно повысить контактную прочность на 17–57 %. Долговечность по контактной прочности при этом может быть увеличена на 200 %.

Поломка зуба по наклонному сечению, начиная от торца зубчатого колеса, свойственна как прямозубым, так и косозубым. В первом случае она является результатом неравномерности распределения нагрузки по длине зуба, а во втором — расположением контактных линий. При этом излом развивается со стороны действия растягивающих напряжений. Для устранения этого дефекта целесообразно, особенно для косозубых колес, выполнение скосов торцев по углом 50–55° с наибольшей глубиной 1,5–2 мм. Снижению концентрации нагрузок по длине контактных линий способствует придание зубьям бочкообразной формы с разницей по толщине в середине венца и по краям около 0,3 мм.

Известным способом повышения работоспособности зубьев является использование термической или химикотермической обработки. Использование различных марок стали позволяет выполнять термообработку — улучшение или нормализацию — до нарезания (при твердости не выше 350 *HВ* и с содержанием углерода 0,3–0,5 %) и после нарезания зубьев (при твердости свыше 40 *HRC*₃). При этом максимально допустимые по контактной прочности нагрузки пропорциональны квадрату твердости. В меньшей степени возрастает прочность на изгиб.

Для зубчатых колес из стали марок 40ХН, 40ХНМА, работающих в условиях ударного нагружения, рекомендуется выполнять "избирательную закалку", при которой зубчатый венец получает твердость 48–56 *HRC*₃, а остальная часть колеса 20–40 *HRC*₃. Учитывая повышенную чувствительность объемно-закаливаемых сталей к концентрации напряжений и образованию закалочных трещин, рекомендуется получать предел прочности не более 1200 МПа. Снижению дефектов способствует медленный нагрев перед закалкой и специальные методы закалки (с подстуживанием; с частичным охлаждением в воде и последующим в масле; с самоотпуском; в горячих средах).

Эффективным способом повышения несущей способности по-

верхностного слоя и изгибной усталостной прочности является цементация и последующая закалка с низким отпуском, обеспечивающая твердость 58–63 HRC_3 . Для этой цели рекомендуются марки стали являются 15X, 20X, 12XН3А, 15XФ, 18XНВА, 20XНМ, 2XГН, 18XГМ, 18XГТ и ряд других легированных сталей с низким содержанием углерода. Повышенная изгибная усталостная прочность сердцевины детали (предел текучести 1200–1400 МПа) достигается использованием стали марок 20XН3А, 20X2Н4А, 18XНМА, 20XНМ, 18XГМ. Большое значение для увеличения несущей способности имеет выбор материала с регламентированной прокаливаемостью. Повышение изгибной прочности обеспечивается увеличением прочности цементованного слоя и снижением его чувствительности к поверхностным дефектам. Сталь с содержанием никеля 3,5–3,75 % обеспечивает повышение вязкости цементованного и закаленного слоя.

Усталостная изгибная прочность хромоникелевой цементованной стали находится на верхней, а хромомарганцовистой — на нижней границе при одинаковых пределах их прочности. Содержание никеля до 4 % практически не влияет на контактную прочность цементованной стали.

Высоколегированные стали (12X2Н4А, 18XНВА и др.) обуславливают возникновение значительных деформаций и требуют последующей шлифовки зубьев колес. Использование стали 12X2Н4А после окончательной термической обработки часто сопровождается образованием закалочных трещин. Для предотвращения этого дефекта шестерни после цементации отпускают до 100–150 °С. При закалке после газовой цементации таких дефектов не возникает. Увеличение твердости цементованной и объемно-закаленной стали с высоким содержанием никеля до 58 HRC_3 приводит к снижению их противозадирных свойств. Вместо стали марок 12XН3А, 20XН3А для зубчатых колес успешно используют бористую сталь 15X1НР, 20XГНР, обеспечивающие высокую прокаливаемость при содержании бора 0,0008–0,003 %. В целом же противозадирная стойкость повышается с увеличением твердости поверхностного слоя материала лишь до 58 HRC_3 , при дальнейшем ее повышении противозадирная стойкость почти не меняется.

При чрезмерном насыщении углеродом цементованный и закаленный слой деталей, изготовленных из стали марок

12ХН4А, 18ХГМ, 20ХН3А, имеет повышенную хрупкость, а образующиеся в поверхностном слое остаточные напряжения растяжения иногда приводят к образованию трещин при закалке. Практически толщину цементованного слоя рекомендуют назначать при модуле (m_n) до 4 мм — 1 мм, а при $m_n = 4 \div 30$ мм — $0,5\sqrt{m_n}$ мм.

Малое коробление после азотирования позволяет использовать его для повышения изгибной контактной прочности буются специальные марки стали 38ХМЮА, 38ХЮА-С, 38ХВФЮА-С, 38ХВЮТ-С, 35ХЮА, 40ХФ, 40Х. По данным работы [11], азотирование повышает изгибную прочность на 20–25%. Контактная прочность колес, изготовленных из стали марок 35ХЮА и 38ХМЮА, увеличивается за счет азотирования соответственно в 3–3,5 и 4–5 раз. Для повышения контактной прочности азотированию следует подвергать не только профильные, но и торцовые поверхности зубьев. Острые кромки деталей, подлежащих азотированию, рекомендуется закруглять радиусом не менее 1–3 мм. При температурах азотирования выше 600 °С поверхностный слой может обезуглероживаться и становится хрупким.

ким.

Широко распространенная поверхностная закалка позволяет заменить легированную сталь углеродистой. Для этих целей обычно используют сталь с содержанием углерода 0,3–0,5 % марок: 40, 45, 50, 50Г, 40Х, 40ХН. В основном применяют закалку с нагревом ТВЧ, а для крупногабаритных колес из среднеуглеродистой стали — газоплазменную. Достигают твердость 50–60 HRC. Глубину упрочненного слоя устанавливают в зависимости от модуля, в частности 0,3–0,5 мм при модуле 1,5 и до 1,2–1,4 мм при модуле 5 мм.

Оптимальная глубина закалки (в основном впадины между зубьями) при $m = 6$ мм из условий усталостности изгибной прочности составляет 0,6–0,8 мм. Поверхностная закалка с выходом закаленного слоя у основания зубьев снижает прочность вдвое по сравнению с зубьями, закаленными по контуру, включая дно впадины. Однако при этом способе закалки имеют место наибольшие деформации, приводящие к погрешности профиля, окружного шага и радиальному биению. Сталь некоторых марок (в частности, 45Х) при закалке с нагревом ТВЧ и охлаждения водой склонна к образованию трещин. Зуб-

чатые колеса, подвергнутые поверхностной закалке, уступают цементированным по пределу выносливости и долговечности, особенно при ударных нагрузках. В связи с этим использование закалки с нагревом ТВЧ рекомендуют лишь для средне- и слабонагруженных колес.

В настоящее время, в частности для речных шестерен станов ХПТ, хорошие эксплуатационные результаты показала сталь с пониженной прокаливаемостью марки 55П3 с использованием объемной закалки. Сравнение различных способов термической и химико-термической обработки показывает, что цементация с последующей закалкой повышает предел выносливости зубьев по сравнению с улучшенными в 1,4–1,7 раза, а по сравнению с объемно-закаленными при одинаковых свойствах сердцевины — в 1,5–1,6 раза. Перегрузочная способность у цементированной и закаленной стали составляет 4–7, а у улучшенной 2,5–3,5. Контактная прочность цементированных закаленных и азотированных колес выше, чем у нормализованных или улучшенных, в 5 раз. Износостойкость и противозадирные свойства азотированных зубьев значительно (в 1,5–3 раза) выше, чем закаленных по контуру зубьев из стали 45 и 40Х, соответственно на 20 и 45 % выше прочности улучшенных колес. Контактная выносливость поверхностно-закаленных зубьев ниже, чем цементированных и закаленных.

7. Особенности монтажа и настройки станов ХПТ

Согласно требованиям технической документации завода-изготовителя при монтаже станов за продольную базу принимают ось прокатки, а за поперечную — ось быстроходного вала приводного механизма. Местные отклонения механизмов не должны превышать 0,5 мм, общее отклонение оси прокатки от номинала допускается не более 2 мм на длине 40 мм. Смещение плоскостей рам подвижных люнетов между собой и со станиной рабочей клетки, направляющих механизма установки стержня в местах стыка не должно превышать 0,1 мм.

Для настройки оси прокатки в передний и промежуточный патроны, выбранные в качестве базы настройки, зажимают прямолинейную скалку (холоднокатаную трубу), диаметр которой соответствует калибрующему диаметру ручьев калибров. В промежуточный патрон устанавливают втулку, внут-

ренный диаметр которой совпадает с диаметром скалки, а наружный — с диаметром заготовки.

Рабочую клеть из крайнего заднего положения начинают перемещать вперед, при этом поверхность ручьев калибров сближается с поверхностью контрольной "скалки" до касания. В момент начала касания калибров скалки определяют (по зазору) величину смещения рабочих валков. Положение валков в горизонтальной плоскости корректируют поджатием (отпускаяем) накладок на подшипниковых подушках. Совпадение осей по вертикали достигают за счет своевременной замены прокладок на направляющих станины под клеть. Несовпадение оси калибров рабочей клетки и осей переднего и промежуточного патронов допускается в пределах $\pm 0,5$ мм. В процессе эксплуатации необходимо постоянно контролировать положение оси прокатки. Оси рабочих валков должны быть строго горизонтальны и параллельны между собой. Отклонение не более чем на 0,1 мм на длине бочки валка. Неприлегание контрольной линейки, приложенной ко дну пазов валков, при снятых калибрах не должно превышать 0,2 мм. Регулировкой необходимо обеспечить одновременное прилегание зубьев реечных шестерен к зубьям реек без перекоса рабочей клетки. Недопустима работа клетки, когда реечные шестерни работают в "обкат" без радиального зазора по рейкам из-за выработки направляющих. Не следует допускать работу клетки с сильно изношенными подшипниками рабочих валков. При зазорах выше допустимых (нормальный осевой зазор подшипника № 2097732 клетки стана ХПТ 32-3 0,3—0,4 мм; подшипника № 77741 клетки стана ХПТ 55-3 0,35—0,5 мм; подшипника № 77752 клетки стана ХПТ 90-3 0,45—0,6 мм) следует заменить валковые подшипники. Особое внимание должно быть обращено на работу предохранительных устройств. Срез диска пуансоном должен происходить под усилием 400 кН для станов ХПТ 32-3; 750 кН для стана ХПТ 55-3 и 1000 кН для стана ХПТ 90-3.

Для смены калибров клеть останавливается так, чтобы болты, крепящие калибры и клинья, расположились горизонтально, после чего эти болты на два-три оборота отвинчивают. Далее ударами по болтам, затягивающим клинья, ослабляют последние, после чего ударами по центральному болту выбивают калибр. Во избежание порчи болтов и резьбы

вместо болтов могут применяться прутки соответствующего диаметра. Монтаж калибра производится в обратной последовательности. В процессе прокатки от непрерывных ударов калибра о валок и клинья, удерживающие калибр, контактные поверхности в валке и клиньях деформируются, так как твердость их значительно ниже, чем у калибра. Кроме того, валки и клинья находятся в работе со многими калибрами в течение более длительного времени. Деформации контактных поверхностей приводят к ослаблению крепления калибра, взаимному перемещению калибров относительно валка и клиньев, что прогрессивно увеличивает износ плоскостей, ухудшает качество прокатываемых труб. Поэтому подгонке и затяжке клиньев к калибрам и пазам валков должно быть уделено самое большое внимание.

Работа станов ХПТ второй, третьей и четвертой моделей при прокатке из различных материалов должна соответствовать следующим режимам:

Типоразмер стана	32	55	90
Вертикальное усилие на валок, кН	800	1500	2000
Осевое усилие на винт подачи, кН	70	150	200
Крутящий момент, передаваемый муфтой обгона подачи, Нм	5000	5000	5000
При этом, с ростом быстроходности снижается подача			
для станов ХПТ 32:			
быстроходность, дв. ход/мин	80	100	120 150
наибольшая подача, мм	30	15—18	12 10
для станов ХПТ 55:			
быстроходность, дв.ход/мин	68	80	100 130
наибольшая подача, мм	20	20	15—18 12—15
для станов ХПТ 90:			
быстроходность, дв.ход/мин	60	65	70 100
наибольшая подача, мм 7	30	20	15 12

В первые шесть месяцев после ввода стана в эксплуатацию он должен работать с минимальной быстроходностью. Необходимо при освоении каждого конкретного маршрута прокатки определять усилия, возникающие в очаге деформации (вертикальное усилие на валок и осевое — на винт подачи) и не допускать превышения рекомендуемых величин.

Библиографический список

1. Кофф З.А. и др. Холодная прокатка труб. — Свердловск: Metallurgizdat, 1962. — 431 с.
2. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. — 4-е изд. — М.: Metallurgizdat, 1973. — 480 с.
3. Шевакин Ю.Ф., Сейдалиев Ф.С. Станы холодной прокатки труб. — М.: Metallurgiya, 1966. — 212 с.
4. Чечулин Ю.Б., Покровский В.Б., Соколовский В.И.//Metallurg. 1991. № 3. С. 36–38.
5. Гриншпун М.И., Соколовский В.И. Станы холодной прокатки труб. — М.: Машиностроение, 1967. — 239 с.
6. Соколовский В.И., Горонков Е.С. Оптимальная тахограмма движения ведущего звена распределительно-подающих механизмов станов холодной прокатки труб: Сб.науч.тр./УПИ — Свердловск: Изд. УПИ, 1964. — Вып. 136.
7. Носаль В.В., Богданов Н.Т., Чувашов Ю.Н.//Цветная металлургия. 1966. № 11.
8. Кондратов Л.А.//Некоторые вопросы стойкости узлов и механизмов станов холодной прокатки труб: Сб.науч.тр./УПИ — Свердловск: Изд. УПИ № 180. 1970.
9. Кожевников С.Н., Климовский Б.М., Ткаченко А.С. Способы выравнивания нагрузок на приводном валу и уравнивание сил инерции возвратно-поступательно перемещающихся масс главного привода станов ХПТ: Сб.науч.тр./Днепропетровск: Metallurgiya, 1965. — Вып. 20.
10. Кожевников С.Н. и др.//Вестник машиностроения. 1976. № 5.
11. Кораблев А.И., Решетов Д.Н. Повышение несущей способности и долговечности зубчатых передач. — М.: Машиностроение, 1968. — 287 с.
12. Румянцев С.И. и др. Ремонт автомобилей: Учебник для техникумов. — М.: Транспорт, 1988. — 200 с.
13. Шляпин В.Б., Павленко А.Ф., Емельянов В.Ю. Ремонт вагонов сваркой: Справочник. — М.: Транспорт, 1983. — 350 с.
14. Никифоров А.С. Монтаж и наладка механического оборудования прокатных станов. — М.: Metallurgiya, 1975.— 262 с.
15. Руководящие указания по применению смазочных материалов для прокатного оборудования предприятий черной металлургии СССР: Центртрансэнергочермет. Черметэнерго/МЧМ СССР. — М.: Metallurgiya, 1978.
16. Тетинкичиев В.К. Металлорежущие станки. — М.: Машиностроение, 1978. — 471 с.
17. Кондаков Л.А. и др. Машиностроительный гидропривод. Под ред. В.Н.Прокофьева — М.: Машиностроение, 1979. — 300 с.
18. Кондаков Л.А. Рабочие жидкости и уплотнения гидравлических систем. — М.: Машиностроение, 1982. — 400 с.
19. Гребеник В.М., Цанко В.К. Надежность металлургического оборудования. — М.: Metallurgiya, 1980. — 344 с.
20. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.З. Надежность машин — М.: Высшая школа, 1988. — 238 с.
21. Чечулин Ю.Б., Каузов А.М., Богомолов А.О.//Сталь. 1980. № 4. С. 317–319.
22. Чечулин Ю.Б., Каузов А.М., Богомолов А.О.//Сталь. 1989. № 2. С. 71–73.
23. Цеков В.И. Ремонт деталей металлургических машин: Справочник.— М.: Metallurgiya, 1987. — 400 с.
24. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. Книга 2. — М.: Машиностроение, 1988. — 360 с.
25. Ваткин Я.Л. и др.//Сталь. 1970. № 6.

26. Сотников Г.А. Средства малой механизации/Серия, эксплуатация, модернизация и ремонт оборудования. ЦНИИТЭнефтехим. М., 1975.
27. Средства механизации, применяемые при судостроении и судоремонте. М.: УТНИТИ. Минречфлот РСФСР, 1975.
28. Катунин В.В., Стальский А.И., Кирцер И.М. Производство запасных частей и сменного оборудования для черной металлургии. — М.: Металлургия, 1986. — 262 с.
29. Анисимов М.И., Кудинов О.В., Украинцев В.П. Ремонт и монтаж кузнечно-прессового оборудования/Справочное пособие.— М.: Машиностроение, 1973. — 400 с.
30. Чуб Е.Ф. Реконструкция и эксплуатация опор с подшипниками качения: Справочник. — М.: Машиностроение, 1981. — 450 с.
31. Станкевич В.А., Усинко А.П., Павлов А.А. Холодная прокатка труб. — М.: Металлургия, 1982. — 255 с.
32. Шевакин Ю.Ф., Литвак Е.А., Шайкевич В.С. Новые конструкции валов и калибров станов ХПТ с двухвалковыми клетями/Экспресс-информация. М.: Черметинформация, 1978. Сер. 8. Вып. 4.
33. ВНИИОчермет. Временное положение о техническом обслуживании и ремонтах (ТО и Р) механического оборудования предприятий системы Министерств черной металлургии СССР/РИО Тулаупрполиграфиздат. — Тула, 1983.
34. Лебедев Ю.Г. Совершенствование ремонтного хозяйства черной металлургии.— М.: Металлургия, 1983.
35. Белошанка А.И., Малкин А.С. Периодичность, продолжительность и трудоемкость планово-предупредительных ремонтов станов холодной прокатки труб/Экспресс-информация ЦНИИчермет. — 1975. — Сер. 17. — Вып. 2.
36. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник. — М.: Машиностроение, 1988.
37. Башта Т.М. Машиностроительная гидравлика: Справочное пособие. — М.: Машгиз, 1963. — 400 с.
38. Сырицин Т.А. Надежность, гидро- и пневмопровода. М.: Машиностроение, 1981. — 214 с.
39. Дуров В.С., Рахмилевич З.З., Черняк Ю.С. Эксплуатация и ремонт компрессоров насосов: Справочник. — М.: Химия, 1980. — 272 с.

