

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт

Факультет Материаловедения и металлургических технологий
Кафедра процессов и машин обработки металлов давлением

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой,
доцент, канд. техн. наук.

_____/ Л.В. Радионова
« ____ » _____ 2018 г.

Тема работы «Анализ технологии производства холоднокатаных труб высокого
качества»

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
ЮУрГУ–22.03.02–2018–102–00.00.00 ПЗ

Руководитель работы:

_____/ М.А. Соседкова
« ____ » _____ 2018 г.

Автор работы:
студент группы П-438

_____/ К.В. Шендяпин
« ____ » _____ 2018 г.

Челябинск 2018

АННОТАЦИЯ

Шендяпин К.В. Анализ технологии производства холоднокатанных труб высокого качества – Челябинск: ЮУрГУ, П-438, 35с., 8 ил., 5 табл., библиогр. список – 9 наим.

Данная выпускная квалификационная работа выполнена с целью анализа и перспектив развития производства холоднодеформированных труб.

В выпускной квалификационной работе проанализирована технология производства холоднодеформированных труб на стане ХПТ–250 ПАО «ЧТПЗ», рассчитана калибровка рабочего инструмента стана, предложен вариант автоматизации управления процессом прокатки и регулирования размеров труб.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ.....	6
2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ ТРУБ НА СТАНЕ ХПТ-250 ОАО «ЧТПЗ».....	16
3. КАЛИБРОВКА РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА СТАНА ХПТ-250.....	23
4. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ НА СТАНЕ ХПТ-250.....	29
4.1 Система автоматического управления процессом прокатки.....	29
4.2 Система автоматического регулирования размеров труб.....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	34
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	35

ВВЕДЕНИЕ

В мировой промышленности требования к качеству металлопродукции неизменно возрастают. В условиях кризиса возрастает спрос на высококачественные трубы, получаемые на станах холодной прокатки (ХПТ). Это обуславливает интенсивное развитие процесса холодной прокатки труб и оборудования, необходимого для осуществления данного процесса.

В связи с этим, целью данной дипломной работы является анализ технологии и оборудования для производства холоднокатаных труб высокого качества.

Для проведения качественного анализа, с помощью которого в дальнейшем можно предлагать варианты совершенствования технологии и оборудования необходимо:

- провести обзор состояния и развития станов холодной прокатки
- проанализировать и описать технологический процесс производства холоднокатаных труб на стане ХПТ–250 ПАО «ЧТПЗ»
- провести расчет калибровки инструмента стана ХПТ–250
- рассмотреть варианты по автоматизации производства.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ СТАНОВ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ ТРУБ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

В начале и середине XX века около половины холоднодеформированных труб производилось различными способами волочения, что было обусловлено простотой конструкции станков и несложной технологией получения труб высокого качества из относительно легко деформируемых углеродистых и низколегированных сталей, цветных металлов и сплавов. [3,4,8]

Способ холодной пильгерной (*pilger*) прокатки труб, изобретенный в США в конце 20-х годов, как альтернатива волочению для мало-пластичных материалов, за время своего существования стал основным для производства труб из большинства известных металлов и сплавов. Основными преимуществами этого способа являются значительное обжатие металла как по диаметру, так и по толщине стенки, высокая дробность деформации и небольшие технологические потери металла.

Принципиальное отличие холодной пильгерной прокатки от горячей, изобретенной братьями Маннесманн в конце XIX века, заключается, помимо температуры металла, в том, что при холодной прокатке характерные возвратно-поступательные движения, совершает рабочая клетка с валками, а не заготовка, как в горячем процессе.

В 30-е годы холодная пильгерная прокатка применялась в трех странах с наиболее интенсивно развивающейся промышленностью – Германии, СССР и США. Сегодня, пильгерная прокатка применяется на десятках фирм Великобритании, Франции, Швеции, Италии, Японии, Австрии, Чехии, Испании, Индии, Польши, Китая, Кореи и других стран.

Широкому распространению, содействовало увеличение объема применения в различных областях техники высоколегированных сталей и сплавов, многие из которых относятся к трудно деформируемым, а производство из них труб традиционными способами волочения – затруднительно.

В условиях непрерывного повышения стоимости энергоносителей, металла и других компонентов технологии, рентабельность изготовления холодноотянутых труб падает, что приводит к сокращению объема производства, а в ряде случаев – к сворачиванию и перепрофилированию производственных программ изготовления холодноотянутых труб.

В то же время, возрастающие потребности в холоднодеформированных трубах из высоколегированных сталей, сплавов титана, циркония и других металлов, в своем большинстве трудно деформируемых и плохо поддающихся волочению, обуславливают тенденцию к увеличению производства таких труб способами валковой холодной и теплой пильгерной прокатки.

Также важную роль в распространении холодной пильгерной прокатки играет высокая мобильность способа, что особенно важно при производстве малых партий труб. Так для перехода на прокатку другого размера труб требуется замена всего двух валков (калибров) и оправки.

Развитие технологии и оборудования для холодной пильгерной прокатки труб позволило улучшить геометрические показатели качества, приблизив их вплотную к качеству труб, получаемых способами волочения, при существенном преимуществе в производительности и цикличности технологических операций.

В настоящее время способом холодной прокатки производят трубы из большинства известных металлов и их сплавов при удовлетворении самых жестких требований по качеству.

Основными потребителями этих труб являются:

- атомная и тепловая энергетика;
- химическая промышленность;
- все виды машиностроения, включая самолетостроение и космическую технику.

Важнейшими составляющими развития пильгерной прокатки являются длинноходовые быстроходные станы, оптимальный тепловой режим прокатки, эффективные калибровки инструмента и прогрессивные элементы технологического

процесса.

Мировой прогресс в развитии способа холодной и теплой пильгерной прокатки базируется на теоретических основах, создателями которых являются выдающиеся отечественные ученые: Павел Терентьевич Емельяненко, Яков Ефимович Осада, Юрий Федорович Шевакин, Олег Алексеевич Семенов и другие.

В условиях кризиса возрастает спрос на высококачественные трубы, получаемые на станах холодной прокатки (СХП) и имеющие высокие прочностные свойства, повышенную точность, а также хорошее качество поверхности. Это обуславливает интенсивное развитие процесса холодной прокатки труб и оборудования, необходимого для осуществления данного процесса. На станах холодной прокатки изготавливают трубы диаметром от 6 до 450 мм, толщиной от нескольких десятых долей миллиметра до 30 мм и более, расширение указанного диапазона попадает в реестр “специальных труб”

Основные способы периодической прокатки труб на станах продольной холодной периодической прокатки труб (ХПТ) и станах холодной прокатки труб роликками (ХПТР). Именно эти станы получили наибольшее распространение в промышленности как наиболее производительные и экономичные машины, пригодные для массового производства труб. Известны станы поперечной прокатки (ППТ), которые используются в специальных целях для изготовления небольших партий прецизионных труб и тонкостенных труб большого диаметра, а также станы непрерывной прокатки, применяющиеся для изготовления бесшовных труб из коррозионностойких и углеродистых сталей. В последнее время стали получать распространение комбинированные валково-роликовые станы, сочетающие в себе достоинства обоих способов прокатки. В этих станах последовательно устанавливают валковые и роликовые клетки.

По температурному режиму различают два способа прокатки: с охлаждением зоны деформации холодная прокатка и с подогревом заготовки перед зоной деформации или без ее охлаждения – теплая прокатка. Охлаждение производится минеральными маслами или эмульсиями специального состава в зависимости от

материала прокатываемых труб. Подогрев заготовок осуществляется, как правило, индукторами до 300...450 градусов Цельсия. Применение теплой прокатки позволяет повысить производительность станов. Широкое распространение СХП объясняется рядом преимуществ:

- 1) высокая точность размеров прокатываемых изделий, допуски на внутренний и наружный диаметр могут быть выдержаны в пределах 4–9 классов точности;
- 2) толщина стенки имеет от 5 до 10% номинального размера;
- 3) высокая чистота наружной и внутренней поверхностей (в пределах 9–10 класса);
- 4) большие разовые обжатия (до 80...85% за один проход);
- 5) значительное упрочнение металла за счет больших деформаций;
- 6) возможность прокатки труднодеформируемых материалов вследствие благоприятной схемы деформаций;
- 7) прокатка тонкостенных труб и труб, переменных по диаметру и толщине стенки;
- 8) небольшой удельный расход металла.

Первые станы ХПТ типоразмера 1 и 2 были выпущены в США фирмой Wean Industries (McKay Machine) по патенту Ньюберта 1927 года и получили название "Рокрайт" (Rock-right). За рубежом широко известны станы холодной периодической прокатки фирмы "Mannesmann", а также станы, изготовленные на заводах компаний "Montbard" и "Wean Industries". Здесь принята классификация по наибольшему размеру заготовки. []

Первые станы ХПТ на территории бывшего СССР появились в г. Днепропетровске (бывший завод им. В.И. Ленина) и в г. Никополе (Никопольский Южно-трубный завод) в 1936-1937 гг. по инициативе профессора Днепропетровского металлургического института П.Т. Емельяненко. Практически одновременно на Уральском заводе тяжелого машиностроения (УЗТМ) были созданы первые отечественные станы ХПТ, УЗТМ-40 и УЗТМ60, которые были установлены на Первоуральском новотрубном и Синарском трубном заводах (г. Каменск-Уральский).

В ходе совершенствования конструкции станов ХПТ, был решен ряд проблем обеспечения требований, возникших в ходе совершенствования технологии холодной и теплой пильгерной прокатки труб. К числу главных решенных проблем относятся:

1) удлинение рабочей части ручья за счет увеличения длины хода валков и применения кольцевых калибров, что позволило существенно повысить деформацию металла за проход, увеличить производительность и улучшить качество прокатываемых труб;

2) повышение быстроходности станов за счет применения уравнивающих устройств, что в свою очередь, увеличило производительность станов;

3) разработка механизмов подачи и поворота, позволяющих совершать двойную подачу и поворот, что улучшает нагрузочную характеристику валков и привода и повышает качество труб;

4) создание совершенных механизмов, обеспечивающих непрерывную торцевую загрузку заготовок и непрерывный процесс прокатки, что устраняет потери рабочего времени работы стана, повышая производительность, и обеспечивает стабильный тепловой режим прокатываемого металла и инструмента, улучшая качество труб.

Последние модели станов ХПТ, например, стан КРВ18НМРК, LC-50 и, частично, ХПТ30, содержат в себе целый ряд удачных технических решений:

1) усовершенствование устройства грузового уравнивания подвижных масс (двухвалковая система – LC-50, планетарный максимально уравновешенный привод КРВ18НМРК, ХПТ30), что обеспечивает высокую быстроходность станов;

2) односторонний привод валков и упрощенное их извлечение из рабочей клетки (вбок), что облегчает и ускоряет перевалку;

3) оригинальные механизмы подачи и поворота, имеющие возможность совершать двойную подачу и двойной поворот, а также обеспечивающие ведение непрерывного процесса прокатки (LC-50 механизм с двумя патронами заготовки,

КРW18HMRK – механизм гусеничного типа, по особому закону – два механизма гусеничного типа и подающий сзади и уводящий – спереди рабочего пространства валков);

4) торцевая загрузка заготовок непрерывного типа;

5) облегченные силовые станины рабочих клетей закрытого типа, у стана КРW18HMRK – из титанового сплава;

б) связь между механизмами, имеющими сервоприводы по принципу электронного вала (без громоздких трансмиссионных валков и механических передач), что устраняет запаздывание срабатывания механизмов за счет люфтов и инерции вращающихся промежуточных деталей, обеспечивая повышенную быстроту;

7) полная механизация и автоматизация процесса прокатки;

8) наличие системы диагностики возможных неполадок или отклонений от заданных режимов в работе механизмов и систем.

Положительно оценивая перечисленные особенности конструкций, нельзя не отметить и некоторые недостатки, главный из которых – подвижная силовая станина.

Главное противоречие между желанием иметь высокую жесткость силовой станины, что обеспечивает повышение точности размеров прокатываемых труб, и массой подвижных частей, совершающих возвратно-поступательное движение, при подвижной силовой станине не устраняется.

Жесткие, но тяжелые силовые станины создают значительные инерционные нагрузки сильно усложняющие работу главного привода. Стремление уменьшить массу станины до приемлемой, с точки зрения динамики привода, например, за счет ее изготовления из титанового сплава (стан КРW18HMRK), не обеспечивает уровня жесткости, необходимого для прокатки высокоточных труб. Упругая деформация подвижных станин при реально существующих технологических нагрузках достигает 0,2...0,5 мм, а допускаемые отклонения размеров труб конкурентоспособной точности измеряются сотыми долями миллиметра.

С целью получения высокоточных труб приходится снижать технологическую нагрузку за счет уменьшения вытяжки и подачи, что приводит к резкому понижению производительности. Так, например, по данным производителя станов КРВ, при одинаковой величине общей вытяжки за проход, при прокатке труб с допускаемыми отклонениями размеров $\pm (0,02...0,05)$ мм производительность стана снижается в 2-3 раза, по сравнению с прокаткой труб с допускаемыми отклонениями $\pm (0,10...0,3)$ мм.

Для изготовления высококачественных холоднокатаных труб в настоящее время в основном применяется продольная холодная прокатка на станах валкового типа. Эти станы выпускают в широком диапазоне по типоразмерам. В нашей стране принята классификация по максимальному наружному диаметру прокатываемых труб: ХПТ–32, ХПТ–55, ХПТ–90, ХПТ–120, ХПТ–250 и ХПТ–450.

По количеству одновременно прокатываемых труб станы могут быть однониточные, двухниточные и многониточные соответственно числу одновременно прокатываемых труб. [1] По мере увеличения числа ниток усилие прокатки на каждой нитке обычно уменьшается, поэтому многониточные станы получили наибольшее распространение в цветной металлургии при производстве труб из меди и медных сплавов. По схеме рабочей клетки различают коротко ходовые станы с полу дисковыми калибрами и длинно ходовые станы с кольцевыми калибрами, кроме того, станы малых типоразмеров имеют подвижную рабочую клетку, тогда как у станков крупных типоразмеров (свыше 90 мм) станина рабочей клетки обычно неподвижна. Перемещаются только валки, собранные в облегченной касете.

Станы различаются также по числу рабочих валков. Большинство типоразмеров станков имеет двухвалковую рабочую клетку, однако в крупных станах используют три валка. Конструкции механической подачи и подпора заготовки, привода рабочей клетки; устройства для уравнивания сил инерции поступательно движущихся масс во многом зависят от назначения агрегата и завода-изготовителя.

Холодная прокатка труб осуществляется двумя или тремя рабочими валками, имеющими возвратно-поступательное или возвратно-вращательное движение. Рабочие валки вместе с рабочей клетью перемещаются вдоль оси прокатки на определенную величину, называемую ходом валков. Двигаясь поступательно, рабочие валки поворачиваются вокруг своей оси на угол, который называют углом разворота валков. Поворот валков происходит при помощи шестерен, закрепленных на них консольно и находящихся в зацеплении с неподвижной рейкой. После перемещения из одного крайнего положения в другое валки реверсируются и возвращаются в исходное положение. Такие циклы повторяются с частотой 20...200 циклов в минуту, в зависимости от типоразмера стана.

На калибрах, вставляемых в рабочие валки, нарезан ручей переменного сечения. В заднем положении валков рабочая часть ручья образует окружность, равную диаметру прокатываемой заготовки. Когда валки переходят в переднее положение и поворачиваются на угол разворота валков, диаметр рабочей части ручья уменьшается до размеров готовой трубы. Очаг деформации в первом приближении можно представить в виде усеченного конуса, диаметры оснований которого равны диаметрам заготовки и готовой трубы, а высота – ходу валков. Усеченный конус очага деформации – рабочая головка – является разверткой переменного ручья калибра. Прокатка ведется на конической (иногда цилиндрической) оправке.

За каждый двойной ход валков, соответствующий их перемещению из одного крайнего положения в другое и обратно, новая порция металла подается в зону деформации. Подача металла – осевое перемещение заготовки вперед – возможна только в случае, если валки не касаются заготовки. Для этого на калибрах предусмотрен “зев”, когда диаметр ручья оказывается несколько большим диаметра заготовки (крайнее заднее положение валков) или несколько больше диаметра готовой трубы (крайнее переднее положение валков), что позволяет беспрепятственно подавать заготовку вперед. Для получения высокого качества проката необходимо при каждом двойном ходе валков осуществлять поворот заготовки, что возможно

лишь тогда, когда валки не зажимают прокатываемую трубу, то есть также в момент образования “зева”. На рисунке 1 представлена схема холодной прокатки труб на валковом стане.

Проведя анализ состояния станов ХПТ в отечественной и мировой практике, мы видим, что двухвалковые станы до сих пор являются основным оборудованием для производства холоднокатаных труб. Дальнейшее развитие процесса холодной прокатки направлено на улучшение качества труб, повышение производительности и надежности станов.

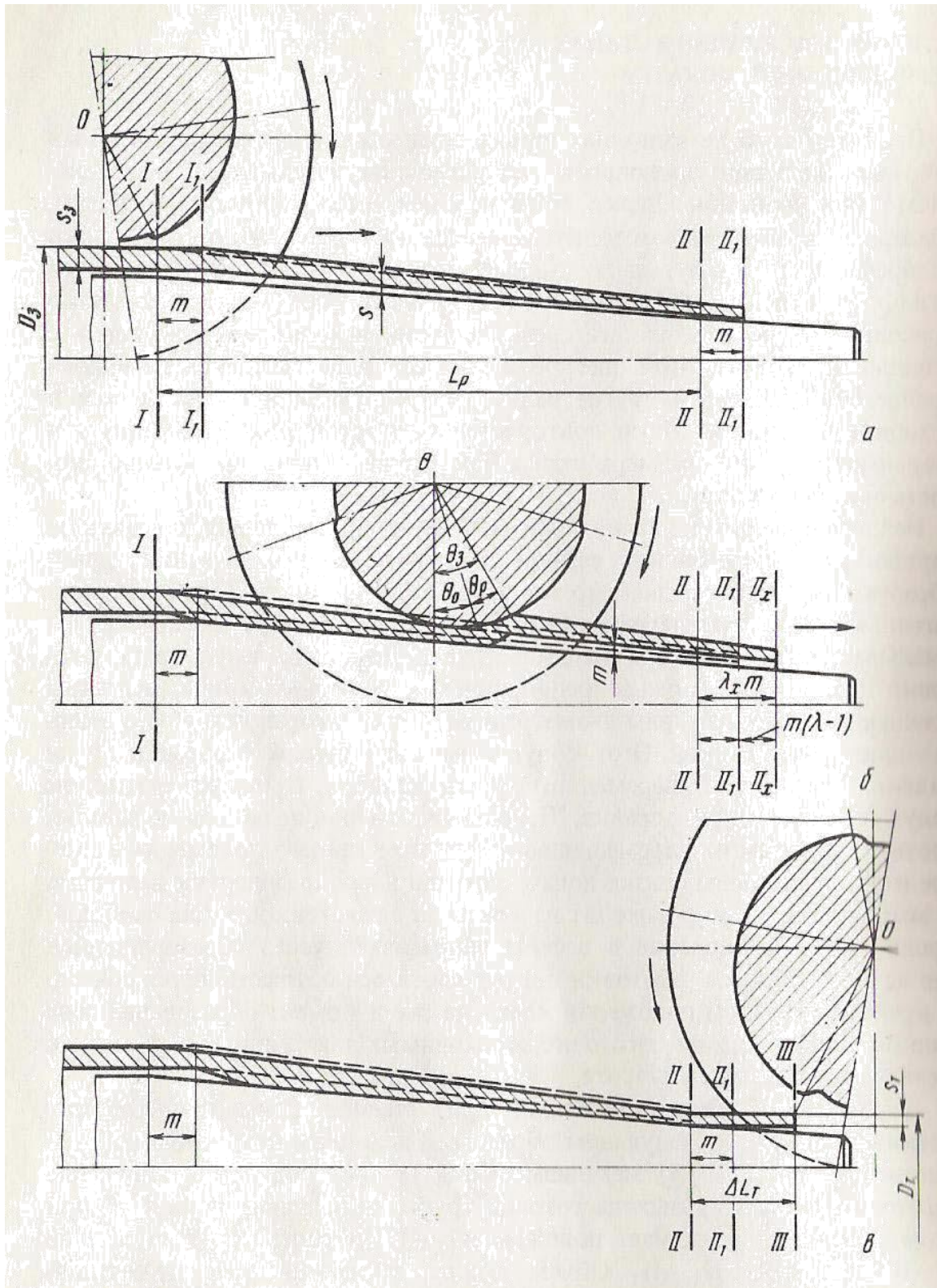


Рисунок 1 – Схема холодной прокатки труб на валковом стане:
 а – исходное положение; б – промежуточное положение; в – переднее положение

2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ХОЛОДНОДЕФОРМИРОВАННЫХ ТРУБ НА СТАНЕ ХПТ-250 ОАО «ЧТПЗ»

Стан ХПТ-250 ОАО «ЧТПЗ» предназначен для производства труб диаметром от 57 мм до 250 мм с толщиной стенки от 1,2 мм до 35 мм из углеродистых, легированных и нержавеющей сталей.

Холоднодеформируемые трубы общего назначения по ГОСТ 8733-74 выпускаются из марок сталей 10, 20, 35, 45, 10Г2, 15Х, 20Х, 40Х, 30ХГСА, 15ХМ, а также по технически условиям из коррозионно-стойких марок сталей 08Х17Т, 08Х13Т, 12Х13, 12Х17, 15Х25Т, 04Х18Н10, 08Х20Н14С2, 10Х17Н13М2Т, 08Х18Н10Т, 10Х23Н18, 08Х18Н10, 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Т, 08Х17Н15М3Т, Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х18Н12Т, 12Х18Н9, 18Х18Н9, 08Х22Н6Т, 06ХН28МДТ.

Технологическая и техническая характеристики стана ХПТ-250 приведены соответственно в таблицах 2.1 и 2.2.

Схема производства холоднодеформированных труб на ОАО «ЧТПЗ» представлена на рисунке 2.1.

Технологический процесс производства холоднодеформированных труб включает в себя следующие производственные операции [5,6,7,8].

Заготовка поступает на склад цеха холодной прокатки труб, где проходит предварительный осмотр и контроль качества, и передается на правильный стан, где осуществляется правка заготовки на косовалковой правильной машине.

Технические характеристики косовалковой правильной машины:

- максимальное усиление правки – 3334 кН;
- минимальная длина выправляемых труб – 4 м;
- шаг правильных валков – 2000 мм.

Размеры валков правильной машины:

- диаметр горловины – 750 мм;
- диаметр торца – 827 мм;
- длина рабочей части бочки – 890 мм.

Таблица 2.1 – Технологическая характеристика стана ХПТ-250

Параметры		
Максимальное уменьшение поперечного сечения	Углеродистые стали	85%
	Высоколегированные стали	60%
Максимальное уменьшение наружного диаметра	Углеродистые стали	70 мм
	Высоколегированные стали	50 мм
Максимальное уменьшение толщины стенки	Углеродистые стали	75%
	Высоколегированные стали	60%
Минимальное уменьшение внутреннего диаметра		10 мм

Таблица 2.2 – Техническая характеристика стана ХПТ-250

Размеры заготовки:	
наружный диаметр, мм	76*...273
толщина стенки, мм	2...40
длина, м	2...8
Размеры готовых труб:	
наружный диаметр, мм	57*...250
толщина стенки, мм	1,2...35
Длина, м	6...25
Подача за цикл, мм	2...60
Рабочее число двойных ходов клетки в минуту	25...60 (45*)
Скорость патрона заготовки, м/с	1,2
Скорость патрона стержня, м/с	0,7...1,4
Диаметры начальной окружности ведущих шестерен, мм	802* (57-89)
	720 (90-140)
	680 (141-180)
	640 (181-220)
	600 (221-250)
Длина хода клетки, мм	1000
Длина зева подачи/поворота, мм	85/85
Длина рабочего конуса, мм	820
Длина перемещения каретки стержня, мм	400
Максимально-допустимое усилие прокатки, кН	7850
Мощность электродвигателя главного привода, кВт	1000
Масса валковой обоймы, т	20
Радиус кривошипа, мм	500
Дезаксиал, мм	400
Длина шатуна, мм	3000

*-применяемые величины

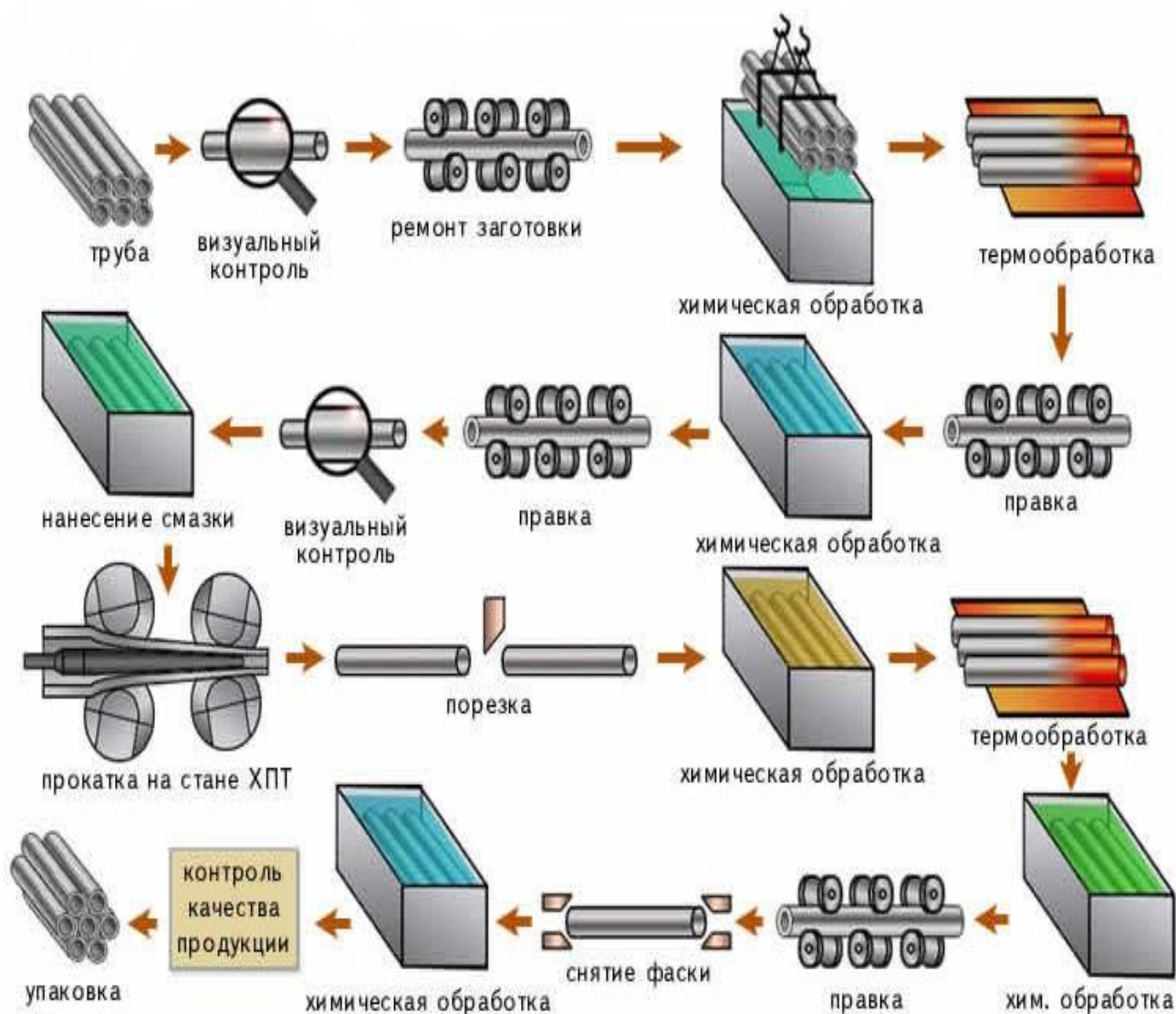


Рисунок 2.1 – Схема производства холоднодеформированных труб на ПАО «ЧТПЗ»

При необходимости производится механическая обработка (расточка, обточка) труб.

Далее по технологической цепочке трубная заготовка поступает на установку контроля внутренней поверхности, где при помощи перископа производится осмотр. При обнаружении технологических дефектов они устраняются.

Далее труба поступает в травильное отделение на химическую обработку для снятия окалины. Химическая обработка включает в себя:

- 1) травление;

- 2) промывку в холодной воде;
- 3) промывку в горячей воде.

После химической обработки трубная заготовка снова поступает на контроль. Осмотр наружной и внутренней поверхности труб производится визуально с подсветкой внутренней поверхности низковольтной лампой. Контроль геометрических размеров производится с помощью линейно-угловых средств измерения. Толщина стенки контролируется также с помощью ультразвуковых толщиномеров. При необходимости производится ремонт поверхности труб. После проведения технологического контроля трубной заготовки, ее отправляют на термическую обработку. Термическая обработка трубной заготовки производится в проходных индукционных печах, камерной печи или в шахтно-закалочном агрегате.

Перед прокаткой трубной заготовки осуществляется ее химическая обработка, которая производится в травильном отделении и включает в себя следующие операции:

- 1) для углеродистых и легированных труб: обезжиривание, промывка в холодной воде, промывка в горячей воде, активация, промывка в холодной воде, промывка из брандспойта под давлением, омыление.

- 2) для нержавеющей труб: обезжиривание, промывка в холодной воде, промывка в горячей воде, активация, омеднение, промывка в холодной воде, промывка в горячей воде, нанесение солевой смазки.

После проведения химической обработки трубная заготовка поступает на прокатный стан. Процесс прокатки на станах ХПТ (холодной прокатки) имеет периодический характер (рисунок 2.2), так как труба прокатывается отдельными участками по ее длине. Прокатка труб на стане ХПТ осуществляется на конической оправке двумя калибрами, установленными и закрепленными в валках. Валки расположены в кассете, которая совершает возвратно-поступательное движение при неподвижной клетки. Оправка укреплена на переднем конце стержня. Пакет труб заготовок подают на приемный стол, на котором заготовки раскладывают в один ряд, выравнивают по передним торцам, смазывают по внутренней поверхно-

сти, а затем по одной загрузочным механизмом укладывают в подвижные люнеты стана. Передний патрон и патрон поворота стержня с оправкой служат для зажима и поворота трубы. Подачу и поворот трубы в крайних положениях рабочей клетки осуществляют распределительно-подающим механизмом. Возвратно поступательное движение кассеты с валками обеспечивается спаренным кривошипным механизмом, приводимым во вращение главным электродвигателем стана. От этого же двигателя приводится во вращение распределительно-подающий механизм, что обеспечивает синхронизацию его работы с движением рабочей клетки. Механизм установки стержня обеспечивает фиксирование и возможность регулировки положения оправки в зоне деформации металла, что позволяет регулировать толщину стенки готовой трубы. Подвод и отвод стержня осуществляется механизмом отвода.

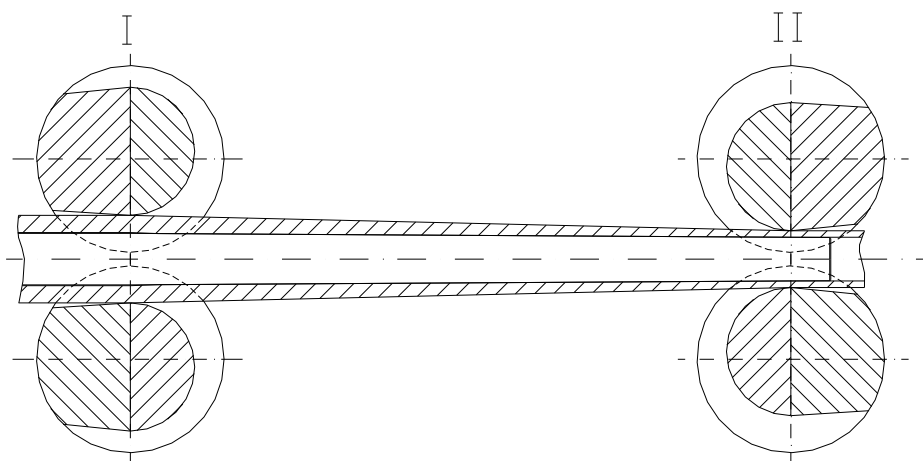


Рисунок 2.2 – Схема прокатки труб на стане ХПТ:
I – заднее и II – переднее положение клетки

После прокатки производится порезка труб по длинам. Порезка труб производится на отрезных станках.

После порезки труб они поступают по технологической цепочке на химическую обработку. Химическая обработка труб проводится для удаления остатков технологической смазки.

После удаления остатков технологической смазки труба поступает на термическую обработку. Термическая обработка труб производится в проходных индукционных печах, камерной печи, либо в шахто-закалочном агрегате.

После химической обработки труба поступает на правильную машину, где производится ее правка.

Далее труба поступает на подрезку концов, разрезку на заданные длины и снятие заусенцев. Одновременно производится отбор труб для испытаний.

После подрезки труба поступает на стол для осмотра, где осуществляется контроль наружной и внутренней поверхности. Наружная поверхность контролируется визуально, внутренняя с помощью перископа. Контроль геометрических размеров производится с помощью микрометров.

При необходимости, в зависимости от утвержденной технологии производства труб и технологических требований заказчика может производиться дробеструйная обработка труб. Используемая для этого дробеструйная установка позволяет обрабатывать наружную и внутреннюю поверхности труб длиной от 2 до 12 м.

По требованию заказчика может быть проведена шлифовка труб.

Далее производится химическая обработка, включающая для углеродистых и легированных труб:

1. травление,
2. промывку в холодной воде,
3. промывку в горячей воде,
4. пассивирование;

для нержавеющей труб:

1. обработка в щелочном расплаве,
2. промывка в холодной непроточной воде,
3. травление (осветление),
4. промывка в холодной воде,
5. промывка из брандспойта.

После этого труба проходит дефектоскопию и окончательный контроль. В зависимости от требований потребителя труба проходит консервацию. Затем производится маркировка труб и их упаковка.

После прохождения всей технологической, производственной цепочки упакованная труба поступает на склад для отгрузки потребителю.

Именно такое внушительное количество технологических операций обеспечивает описанные выше:

- высокая точность размеров прокатываемых изделий;
- большие разовые обжатия;
- значительное упрочнение металла за счет больших деформаций.

Но, помимо, безусловно, большого количества преимуществ холоднокатаной трубы произведенной по столь трудной и тщательно отработанной технологии, имеются и недостатки, для устранения которых постоянно проводится поиск решений.

Недостатки:

- не высокая производительность;
- высокая цена на готовую холоднокатаную трубу, это связано со сложным технологическим процессом, включающим в себя большое количество технологических операций.

3. КАЛИБРОВКА РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА СТАНА ХПТ-250

Рассчитаем калибровку инструмента стана ХПТ-250 по методике Ю.Ф. Шевалина [1,2], маршрут 198×15 – 150×10

Исходные данные:

- диаметр заготовки $D_3 = 198$ мм;
- толщина стенки заготовки $S_3 = 15$ мм;
- диаметр готовой трубы $D_T = 150$ мм;
- толщина стенки готовой трубы $S_T = 10$ мм;
- длина участка деформации $l_d = 675$ мм (длина участка деформации складывается из длин обжимной зоны l_0 и зоны редуцирования l_p , представленных на рисунке 3.1).

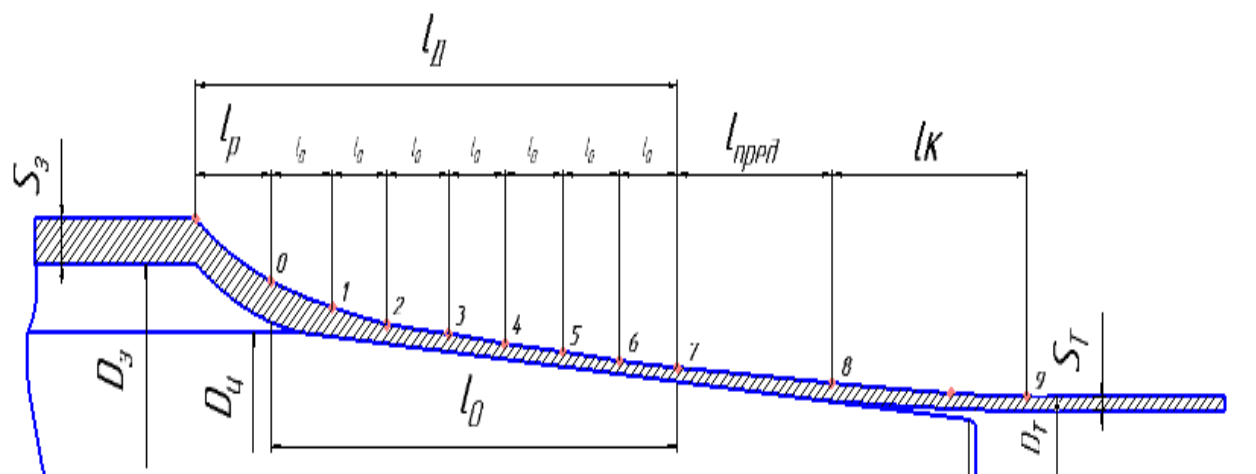


Рисунок 3.1 – Схема очага деформации к расчету калибровки

Рассчитаем характеристики калибровки инструмента.

Суммарный коэффициент вытяжки

$$\mu_{\Sigma} = \frac{S_3(D_3 - S_3)}{S_T(D_T - S_T)}, \quad (1)$$
$$\mu_{\Sigma} = \frac{15(198 - 15)}{10(150 - 10)} = 1,96.$$

Относительное уменьшение площади поперечного сечения

$$\frac{F_3 - F_T}{F_3} 100 \%, \quad (2)$$

где F_3, F_T – площадь поперечного сечения заготовки и готовой трубы;

$$\frac{8619 - 4396}{8619} 100 \% = 48,996 \%$$

Относительное обжатие стенки заготовки

$$\frac{S_3 - S_T}{S_3} 100 \%, \quad (3)$$

$$\frac{15 - 10}{15} 100 \% = 33,33 \%$$

Уменьшение наружного диаметра заготовки

$$D_3 - D_T, \quad (4)$$

$$198 - 150 = 48 \text{ мм.}$$

Конусность оправки $2tg\alpha$ выбирается исходя из уменьшения $(D_3 - S_3)$ наружного диаметра заготовки. По рекомендации специалистов принимаем $2tg\alpha = 0,04$.

Диаметр оправки в конце конической части ручья

$$d_{\Pi} = D_T - 2S_T = 150 - 20 = 130 \text{ мм}, \quad (5)$$

$$d_{\Pi} = 150 - 20 = 130 \text{ мм.}$$

Диаметр цилиндрической части оправки

$$D_{\Pi} = d_{\Pi} + l_{\text{д}} \cdot 2tg\alpha, \quad (6)$$

$$D_{\Pi} = 130 + 675 \cdot 0,04 = 157 \text{ мм.}$$

Рассчитаем профиль гребня ручья.

Величина зазора для ввода оправки в заготовку

$$\Delta_p = (D_3 - 2S_3) - D_{\Pi}, \quad (7)$$

$$\Delta_p = (198 - 2 \cdot 15) - 157 = 11 \text{ мм.}$$

Утолщение стенки на участке редуцирования

$$\Delta S_p = (0,005 \div 0,06) \Delta_p, \quad (8)$$

$$\Delta S_p = 0,06 \cdot 11 = 0,66 \text{ мм.}$$

Толщина стенки заготовки после редуцирования

$$S_p = S_3 + \Delta S_p, \quad (9)$$

$$S_p = 15 + 0,66 = 15,66 \text{ мм.}$$

Для определения размеров профиля гребня ручья на обжимном участке необходимо знать коэффициент вытяжки μ_x в контрольных сечениях. Таких сечений семь (см. рис. 3.1), соответственно расстояние между ними $x = \frac{l_0}{7}$, $l_0 = l_d - l_p$, по рекомендации специалистов используем $l_p = 120$ мм. Исходя из этого, получаем

$$l_0 = l_d - l_p, \quad (10)$$

$$l_0 = 675 - 120 = 555 \text{ мм,}$$

тогда

$$x = \frac{555}{7} = 79 \text{ мм.} \quad (11)$$

При расчете калибровки для вычисления μ_x следует воспользоваться номограммой (рисунок 3.2), которая по известной величине коэффициента вытяжки по стенке $\mu_s = S_p/S_T$ позволяет найти μ_x для всех семи сечений.

Коэффициент вытяжки по стенке

$$\mu_x = \frac{S_p}{S_T} = \frac{15,66}{10} = 1,566. \quad (12)$$

По номограмме (рисунок 3.2) находим коэффициент вытяжки для сечений 0–7, результаты расчета μ_x представлен в таблице 3.1.

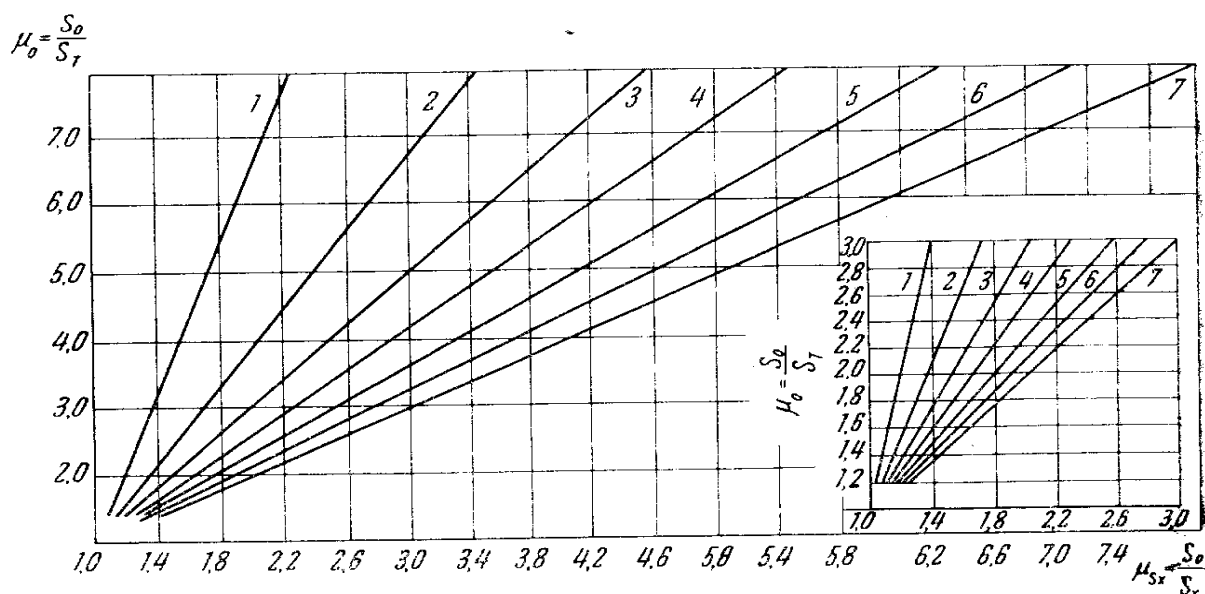


Рисунок 3.2 – Номограмма для расчета профиля гребня ручья

Толщина стенки трубы в контрольных сечениях составит

$$S_{xi} = \frac{S_p}{\mu_{xi}}. \quad (13)$$

Результаты расчета толщины стенки представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты расчетов коэффициента вытяжки и толщины стенки по сечениям

Номер сечения i	0	1	2	3	4	5	6	7
Коэффициент вытяжки	1	1,1	1,19	1,28	1,37	1,41	1,48	1,57
Толщина стенки, мм	15,66	14,23	13,16	12,23	11,43	11,10	10,58	10

Диаметр оправки в контрольных сечениях:

$$d_{xi} = d_{\Pi} + (l_0 - ix)2tg\alpha, \quad (14)$$

где i – номер сечения.

Диаметр оправки в сечениях 0–7:

$$d_{xi} = d_{\Pi} + (l_0 - ix)2tg\alpha, \quad (15)$$

Результаты расчета приведены в таблице 2.

Диаметр ручья калибра в контрольных сечениях,

$$D_{xi} = d_{xi} + 2S_{xi} - \Delta k_i. \quad (16)$$

Технологический зазор Δk обычно составляет 0,2..1 мм, мы принимаем его равным 0,5 мм.

Диаметр ручья калибра в сечениях 0–7:

$$D_0 = d_0 + 2S_0 - \Delta k; \quad (17)$$

$$D_0 = 152,2 + 2 \cdot 15,66 - 0,5 = 183,02 \text{ мм};$$

Результаты расчета приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Значения расчета профиля гребня ручья

Номер сечения i	0	1	2	3	4	5	6	7
Диаметр оправки d , мм	152,2	149,04	145,88	142,72	139,56	136,4	133,24	130
Диаметр ручья калибра D , мм	183,0	177	171,7	166,68	161,92	158,1	153,9	150

Определим ширину ручья.

Расчет ширины ручья проводится в контрольных сечениях по формуле:

$$B_{xi} = D_{xi} + 2(k_m m \mu_{xi}(2tg\gamma_x - 2tg\alpha) + k_\alpha m \mu_{xi} \cdot tg\alpha), \quad (18)$$

где $k_m = 1,8 - 1,05$ – коэффициент, учитывающий вынужденное уширение и износ инструмента (большие значения для начальных сечений, меньшие – для конечных);

k_α – коэффициент, учитывающий горизонтальное сплющивание валков;

m – величина подачи, для стана ХПТ-250 примем ее равной 25 мм.

Конусность участков обжимной зоны ручья

$$2tg\gamma_{xi} = \frac{D_{xi} - D_{xi-1}}{x}. \quad (19)$$

Результаты расчета конусности участков и ширины ручья в контрольных сечениях указаны в таблице 3.

К рассчитанной величине ручья следует прибавить величину зазора Δk , равную 0,5 мм, результаты расчета также указаны в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Значение ширины и конусности ручья

Номер сечения i	1	2	3	4	5	6	7
$2\text{tg}\gamma_x$	0,076	0,067	0,063	0,06	0,048	0,053	0,056
B_{xi} , мм	182,1	176,09	170,82	165,89	160,86	157,22	152,99
B_{xi} , мм	182,6	176,6	171,32	166,39	161,39	157,72	153,49

На рисунке 3.3 представлены сечения ручья, с обозначением некоторых рассчитанных ранее величин.

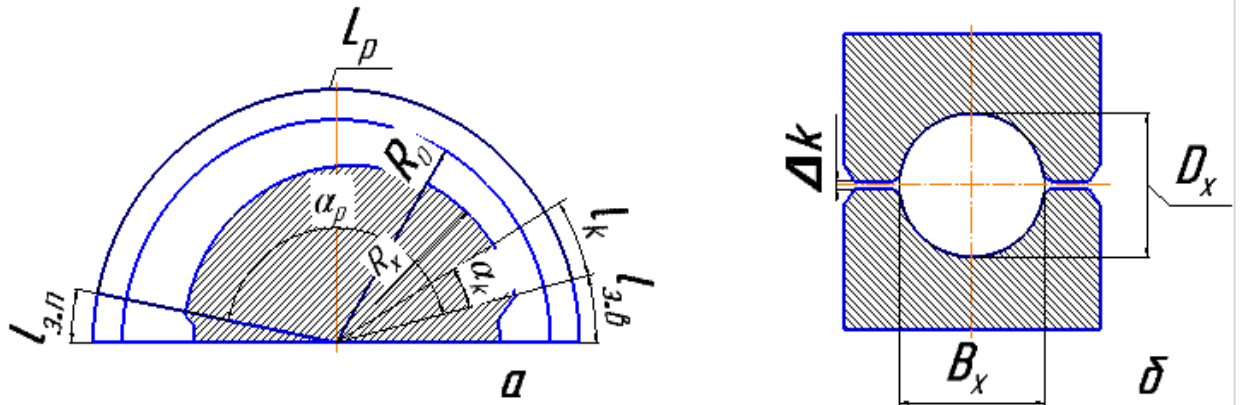


Рисунок 3.3 – Сечения ручья калибров:
а – по гребню; б – поперечное сечение

4. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ПРОКАТКИ НА СТАНЕ ХПТ-250

Важнейшим фактором повышения эффективности прокатного производства в металлургической промышленности является развитие систем автоматического управления (САУ), как технологическим оборудованием, так и всем технологическим процессом в целом [10]. Прокатное производство является сложным, консервативным процессом в металлургии, так как используется дорогостоящее технологическое оборудование.

Поэтому совершенствование технологии и внедрения автоматизации в производство является процессом взаимосвязанным. С одной стороны, для интенсификации технологического оборудования и процесса прокатки необходимо разрабатывать и внедрять системы автоматизации и механизации в уже действующее производство, а с другой стороны при создании принципиально новой технологии должны быть предусмотрены пути ее эффективной автоматизации.

4.1 Система автоматического управления процессом прокатки

Для осуществления синхронной работы механизмов подачи и поворота заготовки и стержня с оправкой с возвратно-поступательным движением кассеты с валками необходима установка индивидуальных двигателей и системы автоматического управления процессом прокатки для совместной работы двигателей.

Для обеспечения независимости работы механизмов следует установить двигатели на механизм поворота стержня с оправкой, механизм подачи заготовки, на передний патрон поворота трубы.

Функциональная схема системы автоматического управления процессом прокатки приведена на рисунке 4.1

Датчик положения 1 фиксируют переднее положение валков и подает сигнал на центральную управляющую вычислительную машину (ЦУВМ) 3. ЦУВМ выдает задание управляющим устройствам 4 и 6 соответственно для воздействия на электродвигатели патрона поворота стержня с оправкой 7 и переднего патрона 9

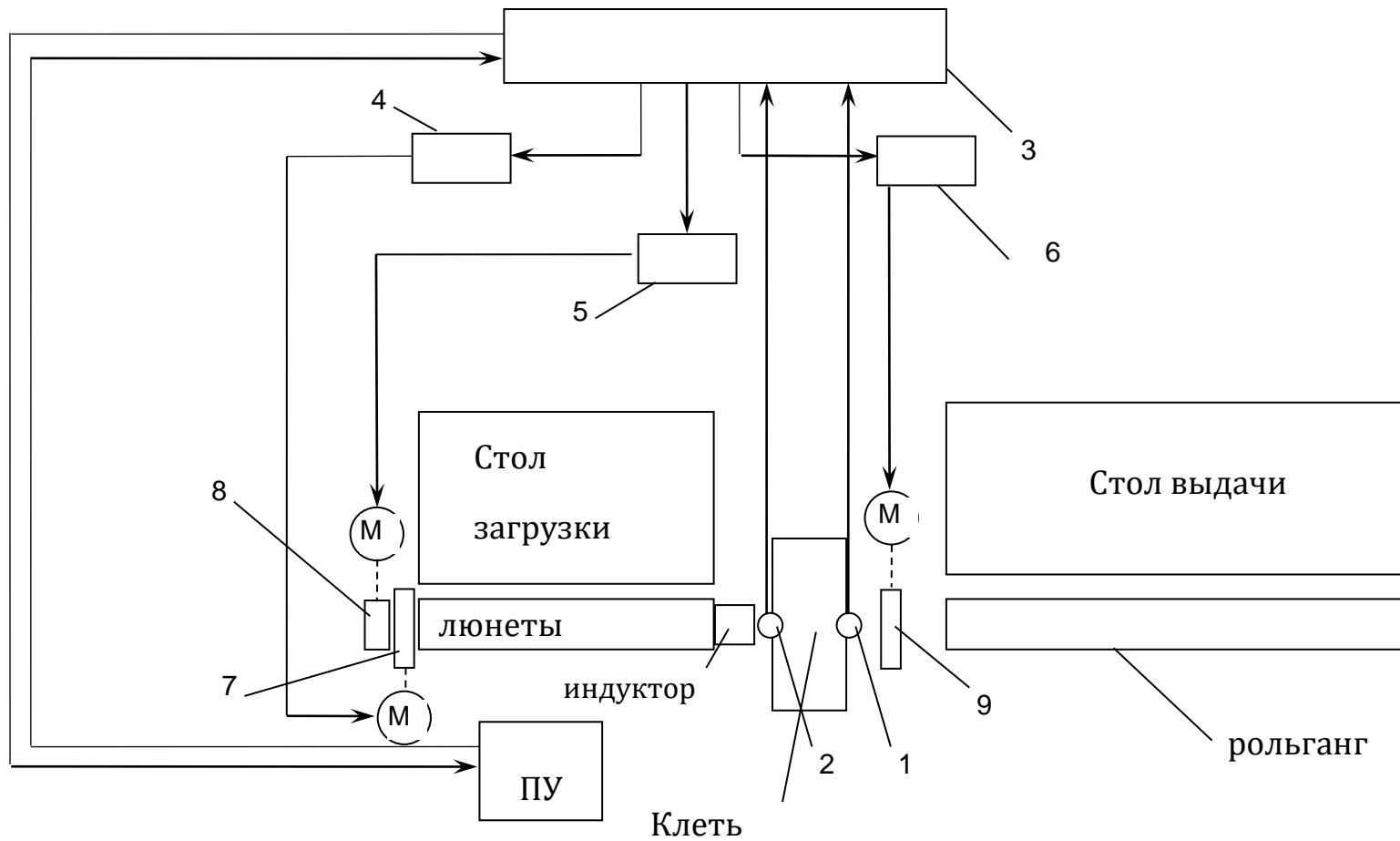


Рисунок 4.1 Система автоматического управления процессом прокатки на стане ХПТ-250:

1, 2 – датчики положения валков, 3 – центральная управляющая вычислительная машина, 4 – вычислительное устройство, 5, 6 – управляющие устройства, 7 – патрон поворота стржня с оправкой, 8 – механизма подачи, 9 – передний патрон.

для осуществления одновременного поворота трубы и стержня с оправкой.

Датчик положения 2 фиксируют заднее положение валков и подает сигнал на центральную управляющую вычислительную машину (ЦУВМ) 3. ЦУВМ выдает задание управляющему устройству 5 для воздействия на электродвигатели механизма подачи 8 для осуществления подачи заготовки.

ЦУВМ может быть выполнена в виде АРМа на базе РС или контроллера PLC. Для управляющих устройств двигателей могут использоваться частотные или тиристорные преобразователи.

4.2 Система автоматического регулирования размеров труб

Система автоматического регулирования размеров труб (САРРТ) предназначена для поддержания заданного значения толщины стенки и диаметра.

Функциональная схема САРРТ приведена на рисунке 4.2. Датчики 1 и 2 осуществляют соответственно измерение наружного диаметра и толщины стенки трубы. Эти данные поступают в центральную управляющую вычислительную машину (ЦУВМ) 3, где происходит их сравнение с заданными размерами. При обнаружении отклонения от требуемых величин после выхода трубы из клетки ЦУВМ выдает задание вычислительному устройству 4 на корректировку величины скорости прокатки и подачи.

Вычислительное устройство 4 после определения требуемых изменений подает сигналы на управляющие устройства 5 и 7, которые вырабатывают управляющее воздействие соответственно на главный электродвигатель 6 и электродвигатель механизма подачи 8 заготовки.

С помощью снижения или увеличения подачи можно корректировать точность размеров, а, управляя скоростью прокатки, возможно поддержание оптимальной производительности при заданной точности размеров.

При корректировке величины подачи и скорости прокатки вычислительное устройство 9 определяет необходимое изменение мощности индуктора и подает

сигнал на управляющее устройство 10, которое осуществляет воздействие на индуктор. Датчик температуры 11 производит измерение и подает сигнал на ЦУВМ.

Для того чтобы не перегружать ЦУВМ датчик температуры необходимо оснастить интеллектуальным устройством. Датчик температуры производит измерение температуры и подает сигналы на интеллектуальное устройство. Интеллектуальное устройство при обнаружении отклонения производит корректировку температуры подогрева.

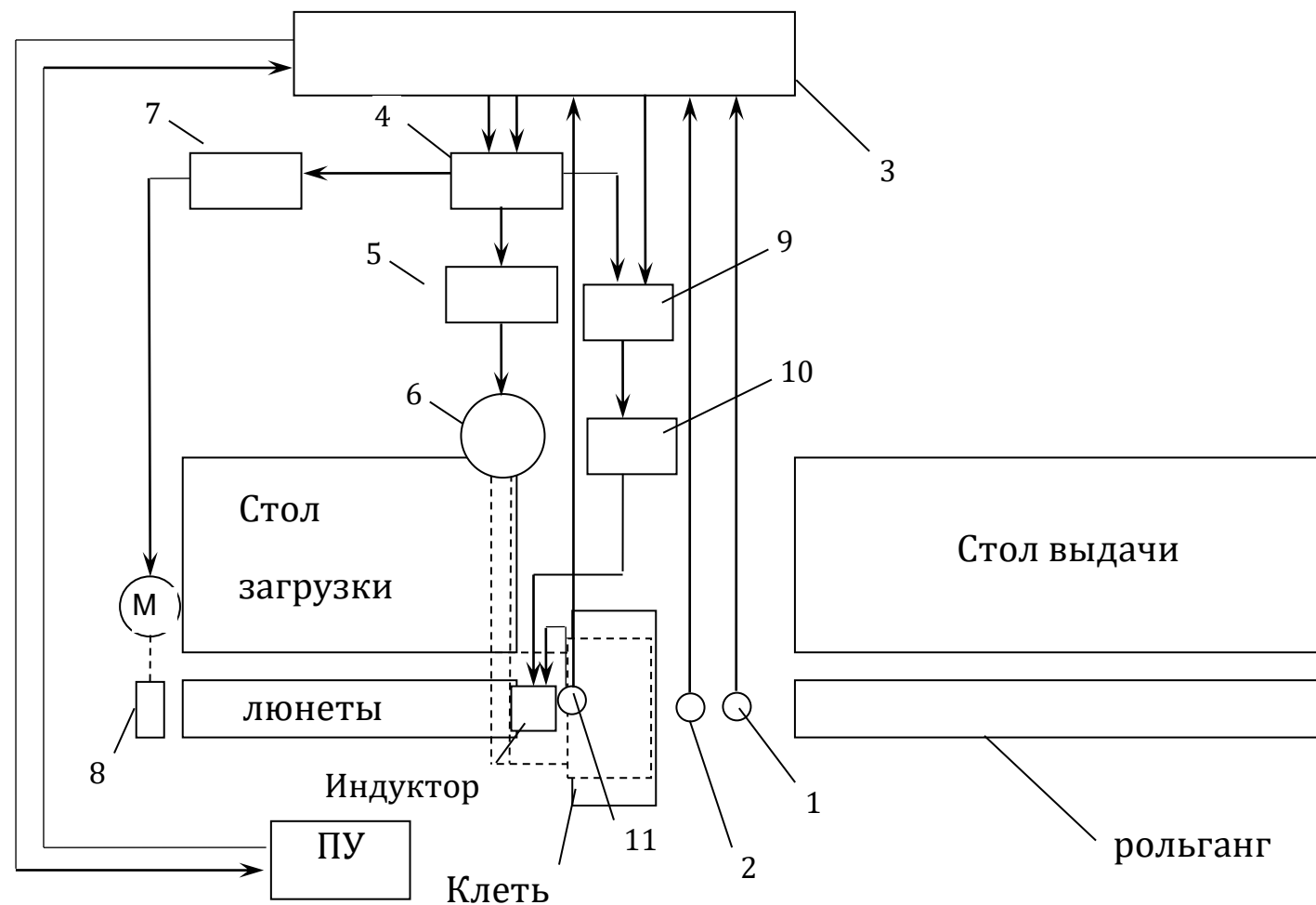


Рисунок 4.2 Система автоматического регулирования размеров труб:

1, 2 – датчики, 3 – центральная управляющая вычислительная машина, 4 – вычислительное устройство, 5, 7 – управляющие устройства, 6 – главный электродвигатель, 8 – механизма подачи, 9 – вычислительное устройство, 10 – управляющее устройство, 11 – датчик температуры, совмещенный с интеллектуальным устройством

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной выпускной квалификационной работы являлся качественный анализ технологии и оборудования для производства холоднокатаных труб высокого качества.

В процессе данной работы мы успешно провели обзор состояния оборудования станов холодной прокатки в мировой и отечественной практике. Проанализировали технологию и оборудование для производства труб на стане ХПТ–250 ПАО «ЧТПЗ» и выявили основные преимущества и недостатки готовой продукции. Провели расчет калибровки инструмента стана ХПТ–250. Предложили решения по автоматизации производства на стане ХПТ–250.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Осадчий, В. Я. Технология и оборудование трубного производства: учебник для вузов/ В. Я. Осадчий, А. С. Вавилин, В. Г. Зимовец, А. П. Коликов // – М.: «Интрмет Инжиниринг», 2001. – 608 с.
2. Швейкин, В. В. Технология холодной прокатки и редуцирования труб: учебное пособие / Швейкин В. В // . – М: Издание УПИ, Свердловск, 1983. – 99 с.
3. Фролов, В. Ф. Холодная пильгерная прокатка труб: Монография/ В. Ф. Фролов, В. Н. Данченко, Я. В. Фролов – М: Пороги, 2005. – 260 с.
4. Федорова, И. А. Тенденция развития станов холодной прокатки труб/ И. А. Федорова //МГТУ им. Н. Э. Баумана, Москва, 2014. – 15 с.
5. Н.М. Оборотова Технологическая инструкция ТИ 158-ТР. ТБ 5-18-2007/ Оборотова Н.М.// Прокатка труб на станах ХПТ-160, ХПТ-250 И ХПТ-450, 2007. – 43 с.
6. В. П. Пашнин Технологическая инструкция ТИ 158-ТР.ТБ 5-42-2014/ Пашнин В. П. // Химическая обработка труб и нанесение технологических смазок на травильно – термическом участке цеха №5, 2014. – 45 с.
7. Р. М. Каримов Технологическая инструкция ТИ 158-ТР. ТБ 5-19-2015/ Каримов Р. М.// Механическая обработка труб и труб – заготовок в цехе №5, 2015. – 27 с.
8. В. И. Чурбанов Технологическая инструкция ТИ 158-ТР. ТБ 5-44-2015/ Чурбанов В. И.// Производство холоднодеформированных труб из коррозионностойких сталей с повышенным качеством поверхности, 2015. – 34 с.
9. А .А. Восканьянц Автоматизированное управление процессами прокатки Учебное пособие по курсу «Управление в технических системах. Часть 2. Управление процессами прокатки/Восканьянц А. А.// МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 2010. – 86 с.
10. А. Ю. Королева Электрические датчики в современной металлургии/ Королева А.Ю.// <https://knowledge.allbest.ru/radio/3c0b65625b3bd68a5d53a89421>.