Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Институт новых материалов и технологий
Кафедра «Металлургические и роторные машины»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК
Зав. кафедрой Е.Ю. Раскатов
_____ _____

Стан продольной прокатки. Модернизация механизма удержания стержня ПАО "Синарский трубный завод"цех Т-2

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Пояснительная записка
ВКР 150302 193 191 00 ПЗ

Руководитель:
профессор, д.т.н.
Паршин С.В. _____ _____

Нормоконтролер:
профессор, д.т.н
Паршин С.В. _____ _____

Студент
гр. НМТ3 - 540526
Ячменев А.В. _____ _____

Екатеринбург
2019

191– Регистрационный номер

Оглавление

РЕФЕРАТ..... 6
Перечень листов графических документов.....7
ВВЕДЕНИЕ.....8
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....9
1.1 Описание технологии прокатки труб на трубопрокатном агрегате ТПА – 140.....9
1.2 Литературный обзор и анализ аналогичных технологических процессов.....15
1.3 Технологические расчеты.....17
1.3.1 Расчет усилия и момента прокатки.....17
2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ.....17
2.1 Описание конструкции стана продольной прокатки труб.....17
2.2 Литературный, патентный обзор и анализ конструкций машин, аналогичных проектируемой.....17
2.3 Обоснование выбора конструкции и основных параметров проектируемой машины.....17
3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ.....17
3.1 Расчет усилия, развиваемого пневматическим цилиндром механизма удержания прокатного стержня.....17
3.2 Расчет требуемого диаметра пневматического цилиндра.....17
3.3 Прочностные расчеты основных узлов и деталей машины.....17
3.3.1 Расчет на прочность приводного рычага.....17
3.3.2 Расчет на прочность оси приводного рычага.....17
3.4 Прочностные расчеты унифицированных деталей и узлов машины…17
3.4.1 Расчет удельного давления на втулку приводного рычага.....17
4 ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИНЫ.....17
4.1 Правила технической эксплуатации стана продольной прокатки труб. Техническое обслуживание и ремонты.....17

4.2 Монтаж и демонтаж машины.....17
4.3 Смазка узлов машины.....17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....17
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....17

РЕФЕРАТ

Пояснительная записка выпускной квалификационной работы выполнена на 59 листах, содержит 17 иллюстраций, 3 таблицы, 12 использованных литературных источников.

Ключевые слова: горячекатаные трубы; стан продольной прокатки труб; прокатный стержень; механизм удержания прокатного стержня.

В выпускной квалификационной работе спроектирован механизм удержания прокатного стержня, размещенный на выходной стороне стана продольной прокатки труб ТПА-140, обеспечивающий установку оправки по оси калибра валков.

Удержание прокатного стержня осуществляется парой захватов, расположенных в вертикальной плоскости. Конструкция и ход захватов обеспечивают удержание всего типоразмера применяющихся на стане прокатных стержней – Ø70…Ø121 мм.

Внедрив технологию прокатки с механизмом удержания прокатного стержня, сводится к минимуму количество несоответствующей продукции по виду «внутренняя риска». При этом также уменьшится поперечная разностенность на трубах за счет точного центрирования оправки в очаге деформации.

В технологической части пояснительной записки приводится описание технологического процесса прокатки труб на ТПА-140, выполнены технологические расчеты усилия и момента прокатки в рабочей клети стана продольной прокатки труб.

В конструкторской части проекта описывается конструкция рабочей клети стана продольной прокатки труб и приводится литературный и патентный обзор конструкций выходной стороны станов продольной прокатки труб.

В расчетной части проекта выполнен расчет требуемого усилия на штоке пневматического цилиндра сжатия захватов прокатного стержня, расчет требуемого диаметра пневматического цилиндра, выполнены прочностные расчеты приводного рычага и оси механизма удержания прокатного стержня.

Перечень листов графических документов

№ п.п.	Наименование	Обозначение	Формат
1	Стан продольной прокатки труб	ВКР 15.03.02 193 191 01ВО	А1.
2	Механизм удержания прокатного стержня	ВКР 15.03.02 193 191 02СБ	А1, А1
3	Рычаг	ВКР 15.03.02 193 191 02 03	А1, А1
4	Ось	ВКР 15.03.02 193 191 02 07	А2
5	Крышка	ВКР 15.03.02 193 191 02 19	А3
6	Технические решения проекта	ВКР 15.03.02 193 191 03	А3
7	Участок по производству горячекатаных труб	ВКР 15.03.02 193 191 08 ОВ	А1

ВВЕДЕНИЕ

Трубопрокатный агрегат 140 (ТПА–140) предприятия ПАО «Синарский Трубный Завод» предназначен для получения бесшовных горячекатаных труб диаметром от 73 до 168 мм с толщиной стенки от 5 до 20 мм из углеродистых и легированных марок стали. В процессе производства труб используется литая заготовка круглого сечения диаметром от 120 до 150 мм при длине от 1500 до 12000 мм.

Стан продольной прокатки (СПП) труб предназначен для раскатки толстостенных гильз, полученных на прошивном стане, в черновую трубу. Установка станов продольной прокатки в составе ТПА-140 содержит две рабочие клети, расположенные с шагом 34 метра – так называемый «стан – тандем». Прокатка труб ведется на короткой удерживаемой оправке.

В настоящее время при производстве горячекатаных труб на ТПА-140 большой объем брака составляет брак по «висячей риске». При анализе возможных причин массового брака, выявлено, что при отсутствии металла в рабочей клети, прокатный стрежень прогибается под собственным весом и оправка ложится на калибр нижнего валка. При вхождении металла в рабочие валки, происходит контакт торца гильзы и оправки, лежащей на калибре нижнего валка. В результате контакта и последующего подбрасывания оправки гильзой, появляются различного рода дефекты.

Причиной прогиба прокатного стержня является отсутствие в непосредственной близости к валкам какой – либо опоры прокатного стержня. Первая пара роликов центрователя находится на расстоянии 3 метра от оси рабочих валков. Существующий перехватчик прокатного стержня не обеспечивает подъем провисающего прокатного стержня.

Задачей выпускной квалификационной работы является проектирование механизма удержания прокатного стержня, обеспечивающего размещение оправки стана продольной прокатки труб по оси калибра валков.

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 Описание технологии прокатки труб на трубопрокатном агрегате ТПА – 140

Трубопрокатный агрегат ТПА–140 предназначен для получения бесшовных горячекатаных труб диаметром от 73 до 168 мм с толщиной стенки от 5 до 20мм из углеродистых и легированных марок стали. В процессе производства труб используется непрерывно литая заготовка круглого сечения диаметром от 120 до 160 мм, разрезанная на длины то 1,5 до 4 метров. Схема трубопрокатного агрегата ТПА-140 изображена на рисунке 1.1.

Поступающая в цех заготовка в виде горячекатаных штанг длиной от 3 до 10 метров складируется на внутреннем цеховом складе заготовки. Заготовки сортируются по диаметру и марке стали в карманах. Заготовка со склада транспортируется электромостовыми кранами на линии раскроя. В холодное время года заготовку подогревают горячей водой в ванне нагрева заготовок.

Резка заготовки на мерные длины (раскрой) производится на двух линиях, имеющих в своем составе ножницы холодной резки усилием 16 МН.

Необходимая длина заготовки достигается установкой подвижного упора ножниц и колеблется в пределах от 1500 до 3850мм в соответствии с технологической инструкцией. Для контроля объемов производства на участке резки заготовки установлены весы, поштучно взвешивающие заготовки. Раскроенная заготовка с помощью подводящего рольганга кольцевой печи, подается к загрузочной машине, которая укладывает заготовку на подину кольцевой нагревательной печи.

Подина кольцевой печи рассчитана на укладку заготовок, в зависимости от их длины и заданной производительности печи, в один или два ряда. Поворот пода печи синхронизирован с работой загрузочной и выгрузочной машины с помощью приборов автоматики и осуществляется только после того, как хобот загрузочной машины уложит на подину заготовку.

Нагретая заготовка извлекается из печи машиной выгрузки и укладывается на отводящий рольганг кольцевой печи. По рольгангу нагретая заготовка

перемещается к зацентровщику, выполняющему центровку заготовок перед прошивкой.

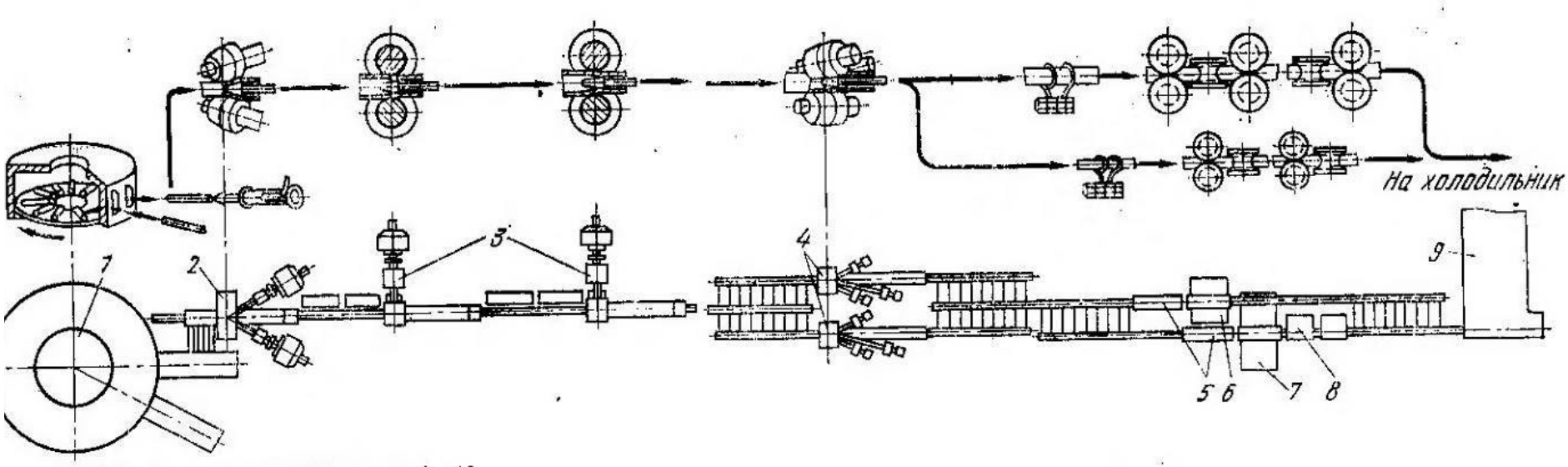


Рисунок 1.1 - Схема трубопрокатного агрегата 140

1 - кольцевая печь; 2 - прошивной стан; 3 - стан продольной прокатки №№ 1, 2; 4 - обкатные станы; 5 - индукционные установки нагрева трубы; 6 - калибровочный стан; 7 - редукционно - растяжной стан; 8 - пила мерной резки; 9 - холодильник

Зацентровщик с пневматическим приводом выбивает коническую лунку на переднем торце заготовки, которая облегчает процесс прошивки в начальный неустановившийся период прошивки.

Зацентрованная заготовка по наклонной решетке скатывается наприемный стол прошивного стана, откуда пневматическим толкателем задается в валки прошивного стана.

Прошивной стан ТПА-140 – двухвалковая клеть поперечно-винтовой прокатки с грибовидными валками. В очаге деформации осуществляется прошивка круглой заготовки в толстостенную гильзу. Прошивка трубной заготовки производится на неподвижной удерживаемой оправке.

Стержень неподвижной оправки упирается в стакан упорно-регулировочного механизма, открытие которой не допускает замок. Продольный изгиб стержня от осевых усилий, возникающих при прокатке, предотвращается закрытыми центрователями, оси которых параллельны оси стержня. Удаление гильзы с выходной стороны стана производится при откидывании замка упорно – регулировочного механизма.

Гильза, с выходной стороны прошивного стана поступает на рольганг с качающейся решеткой и транспортируется на участок станов продольной прокатки. Гильзы, имеющие дефекты или заниженную температуру, удаляются из рабочей линии ТПА-140 в карман брака.

Поступающая с прошивного стана гильза последовательно раскатывается на станах продольной прокатки №1 и №2. Задача прошитой гильзы в рабочие валки СПП1 и СПП 2 осуществляется при помощи задающих роликов. Подача гильз к станам продольной прокатки производится без задержек, не допускается их остывание (температура гильз перед задачей их в стан продольной прокатки №1 должна быть не ниже 1000°С). В случае длительной задержки и охлаждения гильзы в станы не задаются, а выбрасываются в карманы. Перед задачей гильзы в валки стана продольной прокатки №1 внутрь ее забрасывается пищевая поваренная соль помола №1 по ГОСТ 138030 в количестве от 30 до 50

граммов. Кантовка трубы перед задачей ее в стан продольной прокатки №2 должна производиться на 60–90° поворотной секцией рольганга перед станом.

Стан продольной прокатки №1 и №2 состоит из двухвалковой клети, валки которой приводятся во вращение через шестеренную клеть от общего электродвигателя.

После станов продольной прокатки раскатанная труба подается рольгангом на входную сторону параллельно установленных обкатных станов. Наличие двух параллельно установленных станов обусловлено их меньшей, чем у станов продольной прокатки, производительностью.

Обкатные станы производят дальнейшую раскатку труб, а также для улучшения качества их поверхности. Процесс обкатки осуществляется в трехвалковом стане поперечно-винтовой прокатки на плавающей оправке с небольшим обжатием по стенке.

Прокатанная на обкатных станах труба транспортируется на рольганг перед чистовыми прокатными станами ТПА-140 – редукционным и калибровочным. Труба, транспортируемая по этому рольгангу, может быть передана на редукционный или калибровочный станы.

Направляемая на прокат труба проходит предварительный нагрев в станции индукционного нагрева установленной на входной стороне чистовых станов. Применение данной стадии обусловлено необходимостью подогрева остывшей трубы во время предыдущих стадий прокатки с целью снижения усилия и момента прокатки.

На калибровочном стане, как правило, преимущественно прокатываются трубы диаметром от 89 до168 мм, а на редукционном стане от 73 до 102 мм.

Подогретая в индукционной печи труба калибруется в девяти клетьевом калибровочном стане. Данный стан имеет в своем составе девять двухвалковых клетей с индивидуальным приводом.

Все клети калибровочного стана имеют одинаковую конструкцию, но первая и последняя имеют, соответственно, вводную и выводную проводку.

Привод с регулируемой частотой вращения расположен по обе стороны стана и состоит из редукторов, электродвигателей, муфт и плитовин. В соответствии с технологической инструкцией, прокатку могут вести с числом клетей менее девяти. Для этого неиспользуемые клети заменяются вставками-проводками цилиндрической формы.

При прокатке труб с наружным диаметром 73…102 мм, чистовая прокатка производится на двадцати клетьевом редукционном стане.

Для задачи трубы в редукционный стан, она снимается с рольганга перед калибровочным станом при помощи перекладывателя, скатывается по передаточной решетке на рольганг перед индукционной печью, где производится подогрев трубы перед прокаткой. Данный стан редуцирует трубы с натяжением. Клети редукционного и калибровочного стана расположены друг к другу под углом 90˚ и под 45˚к горизонту.

Рабочие клети калибровочного и редукционного станов – двухвалковые. По конструкции рабочие клети редукционного стана аналогичны рабочим клетям калибровочного стана.

После редуцирования труба попадает на рольганг за редукционным станом. Туда же, при помощи винтового холодильника, с рольганга за калибровочным станом попадает труба, прокатанная на калибровочном стане. При помощи данного рольганга она транспортируется к барабанному сбрасывателю с винтовым холодильником.

Барабанный сбрасыватель предназначен для приема труб с подводящего рольганга и транспортировке их к цепному холодильнику. Конструкция барабанного сбрасывателя представляет собой трансмиссионный вал с насаженными на него зубчатыми барабанами, образующими длинные желоба, вращающиеся совместно с валом.

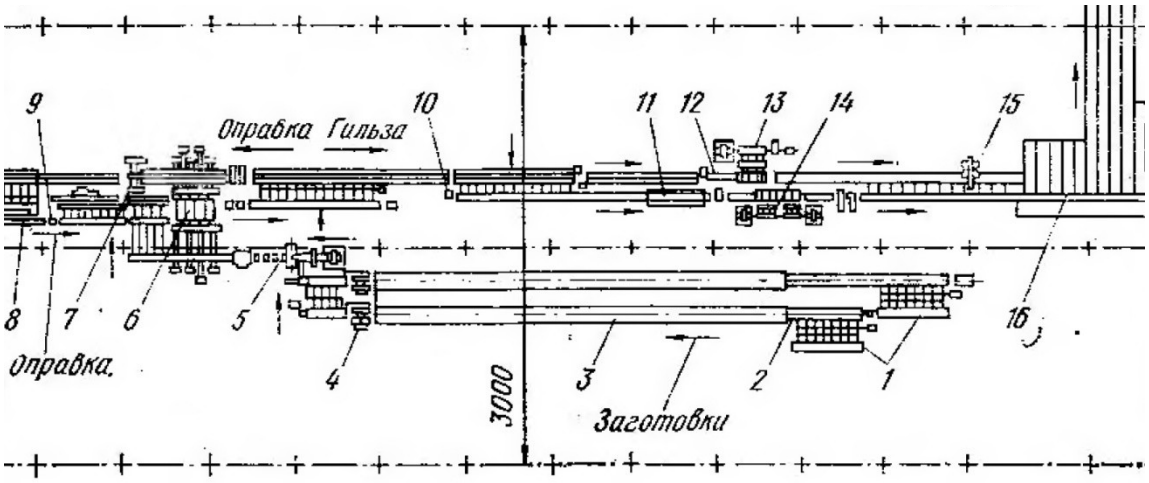
Винтовая секция холодильника предназначена для приема горячих труб с барабанного сбрасывателя, охлаждения и дальнейшей их транспортировки с выдачей на цепную секцию. Цепной холодильник перемещает трубы тяговыми

цепями. Охлажденные трубы с цепного холодильника выдаются на участок отделки с помощью подъемных рольгангов. Участок отделки производит правку труб в роликовых правильных машинах РВК 600×3 и нарезку труб в размер в соответствии с выполняемым заказом на плазменных установках.

Далее, в зависимости от требуемой группы прочности, трубы проходят термообработку для получения высоких механических свойств. Термическая обработка заключается в нагреве труб в роликовой проходной печи до определенной температуры. Закалка труб производится орошением труб водой в закалочных секциях.

1.2 Литературный обзор и анализ аналогичных технологических процессов

В литературном источнике [1] представлен трубопрокатный агрегат (ТПА) с непрерывным станом по производству горячекатаных труб диаметром 30-102 мм с толщиной стенки 3-8 мм. В качестве заготовки используются штанги диаметром 140 мм и длиной 9-12 метров. ТПА 30-102 установлен на Первоуральском Новотрубном Заводе (ПНТЗ). На рисунке 1.2 представлена схема расположения оборудования ТПА 30-102 с непрерывным станом.



1 – загрузочные решетки заготовки; 2 – рольганги; 3 – нагревательные секционные печи; 4 – ножницы для резки заготовок в горячем состоянии; прошивка заготовок; 5 – прошивной стан; 6 – непрерывный девятиклетьевой стан; 7 – извлекатель оправки; 8, 9 – линия охлаждения и смазки оправок; 10 –

пила отрезки заднего конца труб; 11, 12 – подогрев трубы в индукторе; 13 – одиннадцати клетьевой калибровочный стан; 14 – девятнадцати клетьевой редукционный стан; 15 – летучая дисковая пила; 16 – холодильник

Рисунок 1.2 – Схема расположения оборудования ТПА 30-102 с непрерывным станом

Перед прокаткой производится нагрев штанг в параллельно установленных секционных печах до температуры 1200…1250 ºС. На выходной стороне печей производится резка штанг на заготовки длиной 1,5 …3 метра, после чего заготовки передаются на входную сторону прошивного стана.

Перед прошивкой на переднем торце заготовки выполняется центровочное отверстие под оправку прошивного стана. Центровка производится пневматическим зацентровщиком. Зацентрованная заготовка выбрасывателем передается на решетку перед прошивным станом, по которой скатывается в приемный желоб с крышкой прошивного стана.

Прошивной стан состоит из двухвалковой клети поперечно-винтовой прокатки и выходной стороны. С помощью вталкивателя заготовка задается в валки прошивного стана. В очаге деформации осуществляется прошивка круглой заготовки в гильзу. Прошивка ведется на короткой неподвижной оправке, стержень которой удерживается в центрователях и упорно – регулировочном механизме выходной стороны стана.

После прошивки гильзы передаются на входную сторону непрерывного девяти клетьевого стана.

Непрерывный стан предназначен для прокатки черновых труб с толщиной стенки 2,5…9,0 мм. Непрерывный стан является главным агрегатом ТПА 30-102, предназначен для продольной раскатки прошитых толстостенных гильз в тонкостенную черновую трубу на длинной цилиндрической свободно плавающей оправке. Стан состоит из девяти последовательно расположенных двухвалковых клетей с постепенно уменьшающимися размерами калибров. Для равномерного обжатия трубы по окружности, каждая клеть повернута по отношению

к предыдущей на 90°. Все клети однотипные, и каждая приводится во вращение от индивидуального привода через комбинированный редуктор.

Прокатанные трубы с оправками передаются цепным транспортером на ось стержнеизвлекателя. Головка оправки проходит через люнет извлекателя и захватывается тяговой цепью, а труба при извлечении оправки упирается в кольцо люнета. После стержнеизвлекателя черновая труба поступает на пилу для обрезки заднего конца.

Получение готовых труб производится в чистовых станах ТПА 30-102: одиннадцати клетьевом калибровочный стане и в девятнадцати клетьевом редукционном стане. Перед прокаткой в калибровочном и редукционном станах, трубы подвергаются индукционному нагреву.

После редуцирования трубы поступают на реечный холодильник. Холодильник состоит из системы подвижных и неподвижных реек. Подвижные шагающие рейки совершают движения от приводов вертикального и горизонтального перемещения. При ходе подвижных реек прокат снимается с неподвижных и перемещается на величину шагания.

Трубы с разгрузки реечного холодильника собираются на роликах транспортного рольганга, имеющих ширину 1 м в однослойные пакеты по 16…24 штук. Весь поток труб участка горячего проката передается на линии отделки горячекатаных труб, содержащих правильные машины с косорасположенными роликами, трубоотрезные станки и линии сдачи готовых труб.

Прокатка труб в непрерывном стане является одним из наиболее прогрессивных методов, позволяющих получать трубы высокого качества, достичь высокой производительности оборудования и осуществлять комплексную автоматизацию операций прокатки и отделки труб.

1.3 Технологические расчеты

1.3.1 Расчет усилия и момента прокатки

Исходные данные для расчёта:

гильза, выходящая из прошивного стана $D_г$=158 мм

толщина стенки гильзы $s_г$=16,5 мм

диаметр трубы, выходящей из первого автомат – стана $D_{авт1}$=149 мм

толщина стенки трубы после первого автомат – стана $s_{авт1}$=13,5 мм

диаметр трубы, выходящей из второго автомат – стана $D_{авт2}$=147 мм

толщина стенки трубы после первого автомат – стана $s_{авт2}$=11 мм.

Усилие прокатки складывается из усилия при обжатии без оправки и из усилия обжатия на оправке. Схема очага деформации при раскатке труб в стане «тандем» на короткой удерживаемой оправке изображена на рисунке 1.3.

Полное усилие прокатки на неподвижно удерживаемой оправке [2]

$$P=p_1F_1+p_2F_2, \text{ Н}$$

где p_1 и p_2 – среднее давление в очаге деформации, соответственно на участках редуцирования l_1 и обжатия l_2 стенки;

F_1 и F_2– горизонтальные проекции площадей контактных поверхностей, соответственно на участках редуцирования и обжатия стенки.

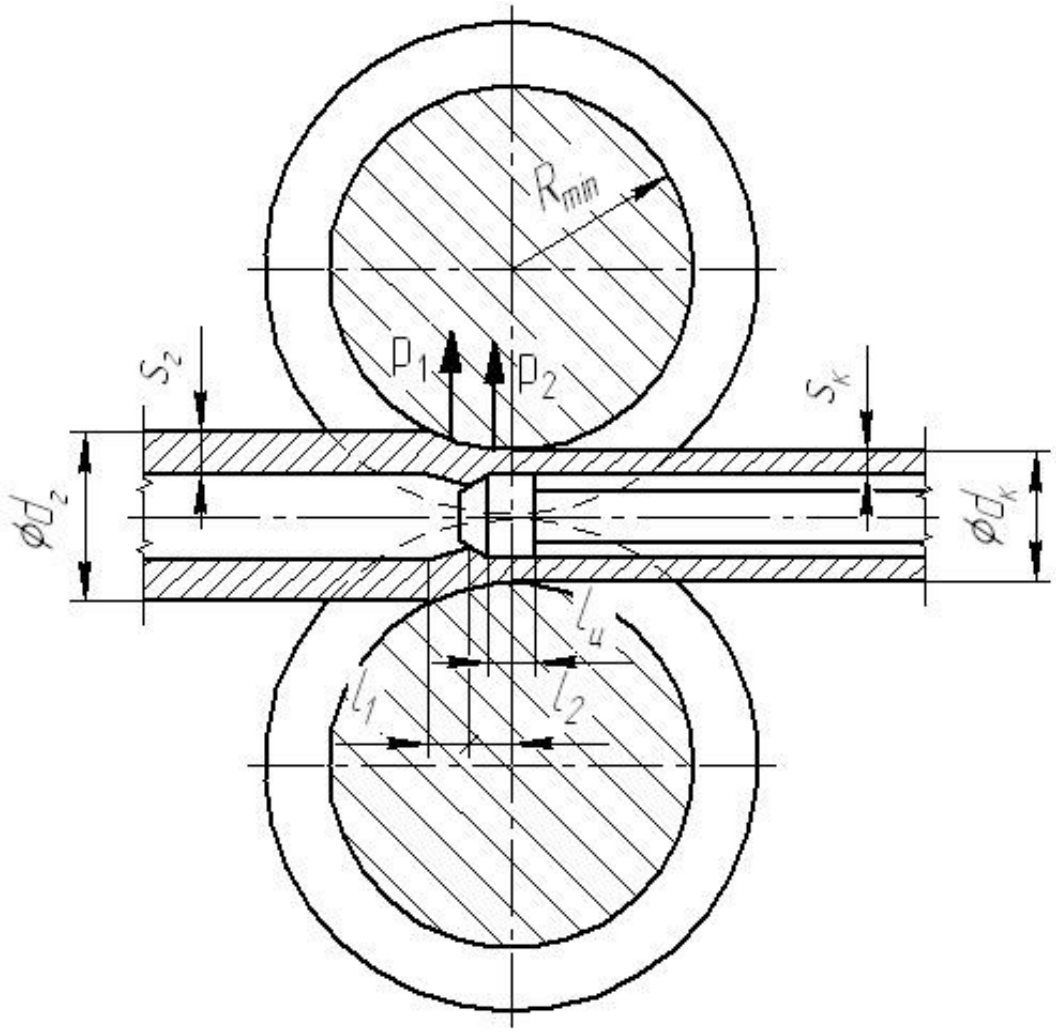


Рисунок 1.3 – Схема очага деформации при раскатке труб в стане «тандем» на короткой удерживаемой оправке

Для упрощения расчетов принимаем, что на участках l_1 и l_2 ширина контактной поверхности одинакова и примерно равна ширине калибра.

Полное радиальное усилие прокатки

$$P = \left(p_1 \cdot l_1 + p_2 \cdot l_2\right) \cdot b, \ H$$

$$p_1 = \eta \cdot \sigma_s \cdot \frac{2 \cdot s_г}{d_{ср}}, \ МПа$$

где σ_s – сопротивление деформации металла при температуре прокатки,

для стали 30 ГОСТ 1050-88 при температуре t=1000˚С, σ_s=37 МПа [3];

$d_{ср}$ – средний диаметр гильзы на участке l_1, $d_{ср}$ =156 мм;

η– коэффициент, учитывающий влияние внешних зон

$$\eta = 1 + 0{,}9\frac{d_{ср}}{l}\sqrt{\frac{s_г}{d_{ср}}}$$

где l–длина очага деформации

$$l = \frac{D_г - D_{авт1}}{2}\sqrt{\frac{4R_{min}}{D_г - D_{авт1}} - 1},\ мм$$

R_{min} – радиус валков по дну калибра

$$R_{min} = \frac{D_в}{2} - \frac{D_{авт1}}{2},\ мм$$

где $D_в$–диаметр бочки валка автоматического стана, $D_в$=630 мм.

$$R_{min} = \frac{630}{2} - \frac{149}{2} = 240{,}5\ мм$$

$$l = \frac{158 - 149}{2}\sqrt{\frac{4 \cdot 240{,}5}{158 - 149} - 1} = 46{,}3\ мм$$

$$\eta = 1 + 0{,}9\frac{156}{46{,}3}\sqrt{\frac{16{,}5}{156}} = 1{,}88$$

Среднее давление в очаге деформации на участке редуцирования

$$p_1 = 1{,}88 \cdot 37 \cdot \frac{2 \cdot 16{,}5}{156} = 14{,}7\ МПа$$

Среднее давление в очаге деформации на участке обжатия стенки

$$p_2 = \sigma_s(1 + n),\ МПа$$

где n – показатель формы очага деформации

$$n = \frac{2 \cdot \mu \cdot l_2}{s_г + s_{авт1}}$$

где μ – коэффициент трения металла о валок, для горячей прокатки, μ=0,3[2];

l_2 – длина участка обжатия

$$l_2 = \cos\varphi \sqrt{\left(R_{min} + s_г\right)^2 - \left(R_{min} + s_г - l_o \cdot tg\,\varphi\right)^2 \cos^2\varphi} - \frac{R_{min} + s_{авт1} - l_0 \cdot tg\varphi}{2} \cdot \sin 2\varphi, \ мм$$

где φ – угол конусности оправки, φ =12°;

l_0 – длина цилиндрического участка оправки, l_0=20 мм=0,02 м.

$$l_2 = \cos 12 \sqrt{\left(0{,}2405 + 0{,}0165\right)^2 - \left(0{,}2405 + 0{,}0165 - 0{,}02 \cdot tg\,12\right)^2 \cos^2 12} - \frac{0{,}2405 + 0{,}0135 - 0{,}02 \cdot tg\,12}{2} \cdot s$$

$$n = \frac{2 \cdot 0{,}3 \cdot 0{,}024}{0{,}0165 + 0{,}0135} = 0{,}48$$

Среднее давление в очаге деформации на участке обжатия стенки

$$p_2 = 37\left(1 + 0{,}48\right) = 54{,}8 \ \ МПа$$

Длина участка редуцирования

$l_1 = l - l_2 = 46{,}3\text{-}24 = 22{,}3$ м

Средняя ширина контактной поверхности

$$b = \frac{D_в}{\cos\alpha}, \ мм$$

где α – угол выпуска калибра валка, α =30°.

$$b = \frac{630}{\cos 30} = 727 \ \ мм$$

Полное радиальное усилие прокатки

$$P = \left(14{,}7 \cdot 22{,}3 + 54{,}8 \cdot 24\right) \cdot 727 = 1194470 \ \ H = 1194 \ \ кН$$

Осевое усилие прокатки

$$Q = \left(0{,}4 \ldots 0{,}5\right) \cdot P = 0{,}4 \cdot 1194470 = 477788 \ \ H = 478 \ \ кН$$

Крутящий момент на одном валке с учетом осевого усилия

$$M = p_1 \cdot l_1 \cdot b\left(l_2 + \frac{l_1}{2}\right) + p_2 \cdot l_1 \cdot b \cdot \frac{l_2}{2} + \frac{Q \cdot D_в}{4}, \ Нм$$

$$M = 14{,}7 \cdot 22{,}3 \cdot 727\left(24 + \frac{22{,}3}{2}\right) + 54{,}8 \cdot 22{,}3 \cdot 727 \cdot \frac{24}{2} + \frac{477788 \cdot 630}{4} = = 84730 \ \ Нм$$

2 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание конструкции стана продольной прокатки труб

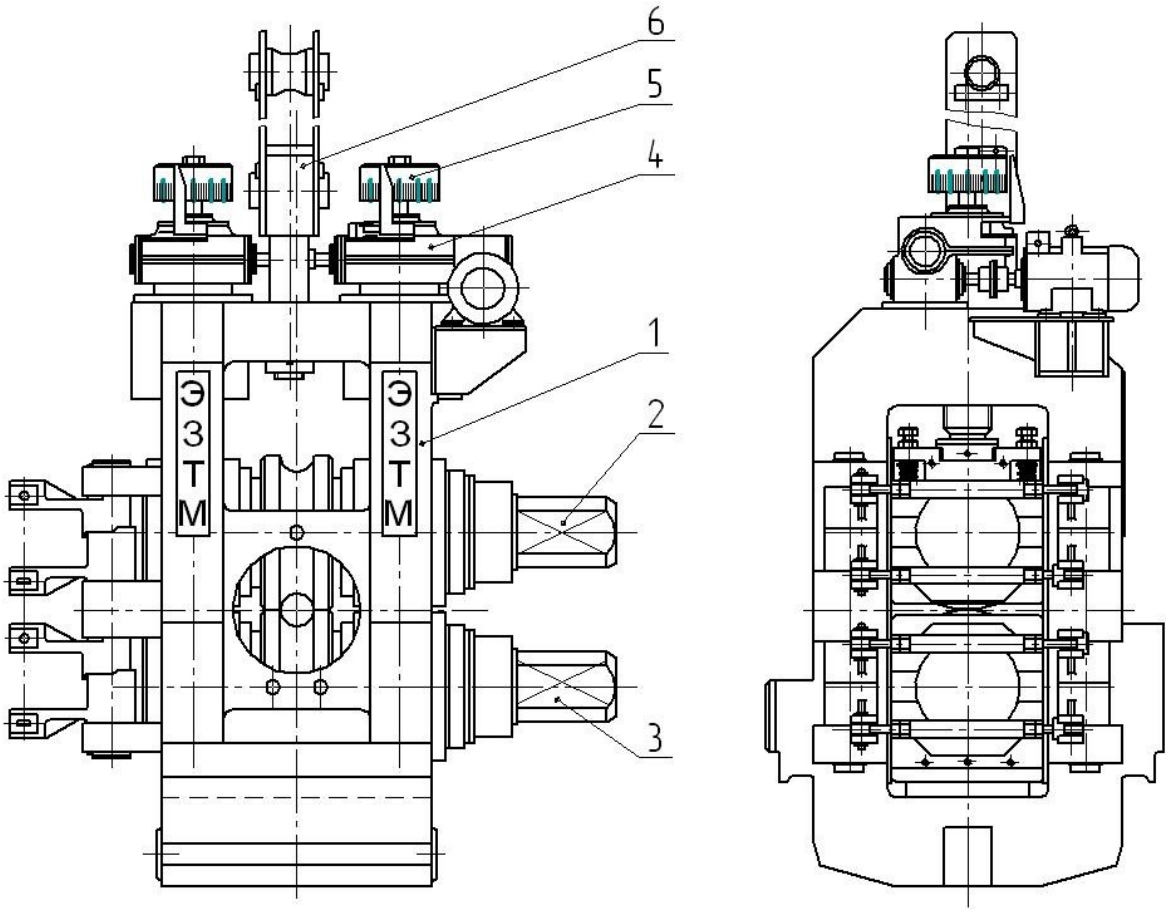
Стан продольной прокатки (СПП) труб предназначен для раскатки толстостенных гильз, полученных на прошивном стане, в черновую трубу. Установка станов продольной прокатки в составе ТПА-140 содержит две рабочие клети, расположенные с шагом 34 метра – так называемый «стан – тандем». Прокатка труб ведется на короткой удерживаемой оправке.

СПП включает в себя входную сторону, рабочую линию стана и выходную сторону. Входная сторона СПП содержит две пары задающих роликов и вводную проводку. Рабочая линия СПП состоит из главного привода и рабочей клети. Выходная сторона СПП содержит центрователи прокатного стержня, упорно – регулировочный механизм, транспортные ролики для выдачи прокатанной трубы и транспортные ролики для перемещения прокатного стержня.

Техническая характеристика стана продольной прокатки труб

Гильза, получаемая на прошивном стане:	
наружный диаметр	168 мм
толщина стенки	12…22 мм
длина, наибольшая	6 метров
Труба, выходящая со станов продольной прокатки	
наружный диаметр	100…168 мм
толщина стенки, наименьшая	3,5 мм
длина, наибольшая	30 метров
Диаметр бочки валка	630 мм
Усилие металла на валок, наибольшее	1100 кН
Момент прокатки, наибольший	184 кНм
Частота вращения рабочих валков	80…130 об/мин.

Рабочая клеть стана продольной прокатки труб представляет собой стальную станину закрытого типа, в которой установлены два рабочих валка. Рабочая клеть стана продольной прокатки изображена на рисунке 2.1.



1 – станина; 2 –верхний валок; 3 – нижний валок; 4 – нажимной механизм;

5 – лимб для отсчета раствора валков; 6 – скоба для подъема рабочей клети

Рисунок 2.1 – Рабочая клеть стана продольной прокатки

Перемещение верхнего рабочего валка осуществляется от нажимного механизма с червячными двухступенчатыми редукторами. Нижний рабочий валок установлен неподвижно и опирается на нижнюю поперечину станины через сменную планку.

Рабочие валки установлены в четырехрядных роликовых конических подшипниках. Для надежной герметизации подшипниковых узлов, в торцовых крышках установлены комбинированные уплотнения. Уплотнение подшипникового узла состоит из лабиринта, образованного проточками в торцовых крышках и втулках и сдвоенной установки резиновых манжет. Смазывание

подшипников и уплотнений производится пластичной смазкой, подаваемой от централизованной системы смазки.

Рабочие валки имеют возможность осевого регулирования с помощью механизма осевой регулировки. Механизм осевой регулировки состоит из восьми рычагов, восьми тяг и четырех стяжек. Крышки подушек рабочих валков со стороны перевалки стана снабжены выступами. За эти выступы зацеплены захваты рычагов. Сведение одной пары рычагов и разведение другой пары рычагов стяжками обеспечивает совпадение калибров валков.

Привод рабочей клети состоит из электродвигателя постоянного тока мощностью N=3200 кВт, шестеренной клети и зубчатых шпинделей.

Соединение вала электродвигателя с входным валом шестеренной клети осуществляется моторной зубчатой муфтой. Шестеренная клеть осуществляет разделение крутящего момента, получаемого от электродвигателя на два валка рабочей клети.

Корпус шестеренной клети состоит из трех частей, в разъемы которых уложены шевронные шестерни. Шевронные шестерни вращаются в подшипниках скольжения.

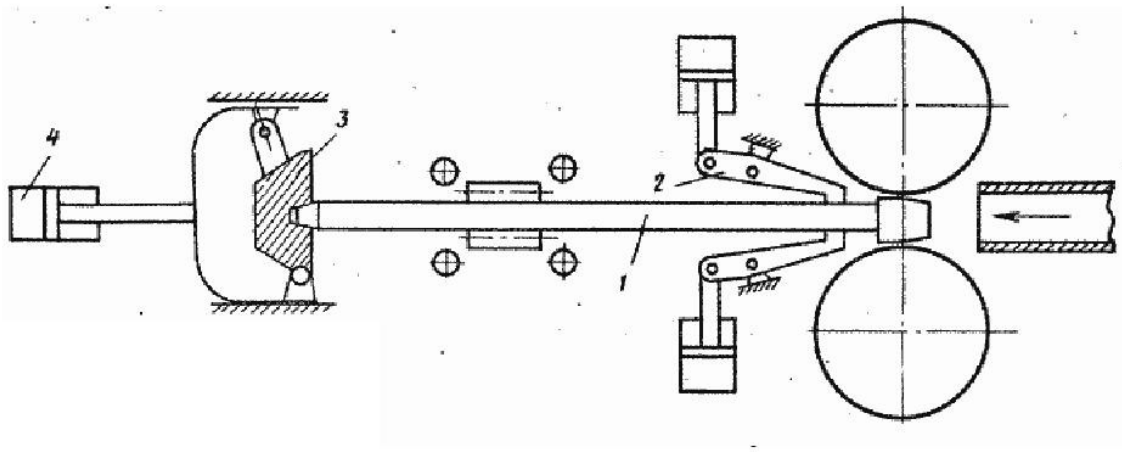
Передача крутящего момента от выходных валов шестеренной клети на рабочие валки осуществляется зубчатыми шпинделями. Зубчатые шпиндели компенсируют несоосность соединяемых валов, которая возникает при настройке вертикального положения рабочих валков.

Грязь и вода с окалиной отводятся в траншею смыва окалины по специальной системе желобов, расположенных вдоль оси прокатки**,** перед редукторами и двигателями.

2.2 Литературный, патентный обзор и анализ конструкций машин, аналогичных проектируемой

В литературном источнике [4] рассматривается конструкция выходной стороны современного трубопрокатного стана. Выходная сторона современного трубопрокатного стана изображена на рисунке 2.2. На выходной стороне

трубопрокатного стана установлен прокатный стержень 1 с короткой оправкой, удерживаемый упорно – регулировочным механизмом 3, роликовыми центрователями и рычагами перехватчика 2. Каретка упорно – регулировочного механизма опирается на гидравлический цилиндр 4.



1 – прокатный стержень; 2 – перехватчик; 3 – упорно – регулировочный механизм; 4 – опорный гидравлический цилиндр

Рисунок 2.2 – Выходная сторона современного трубопрокатного стана

Устаревшие конструкции выходной стороны трубопрокатных станов имеют упирание хвостовика прокатного стержня в головку упорно – регулировочного механизма. При этом при настройке стана перед встречей очередной трубы, в системе оправка – стержень – упорно-регулировочный механизм, появляются осевые зазоры, по причине которых, при входе металла в валки, оправка имеет неопределенное положение. Кроме того, при выборе зазоров в процессе прокатки, наблюдаются значительные удары прокатного стержня в упорную головку. Перечисленные факторы отрицательно влияют на стабильность захвата гильзы, что вызывает повышенную разностенность передних концов труб.

Современный способ установки стержня с оправкой в начальный момент прокатки позволяет стабилизировать положение оправки в момент задачи трубы, что обусловливает уменьшение разностенности передних концов труб. При

задаче металла в валки, прокатный стержень удерживается рычагами перехватчика стержня и, одновременно с этим сжимается продольными усилием от гидравлического цилиндра, на который опирается каретка упорно – регулировочного механизма.

Перед прокаткой прокатный стержень предварительно напрягают сжимающим усилием от упорно – регулировочного механизма с гидроприводом, одновременно зажимающего стержень за хвостовик. Таким образом, в системе оправка – стержень – упорно-регулировочный механизм выбираются зазоры и стержень испытывает сжимающие напряжения. В момент захвата гильзы валками стержень нагружается осевым усилием прокатки, но за счет предварительного напряжения стержня нагрузкой, близкой усилию прокатки, положение оправки в очаге деформации в осевом направлении остается постоянным.

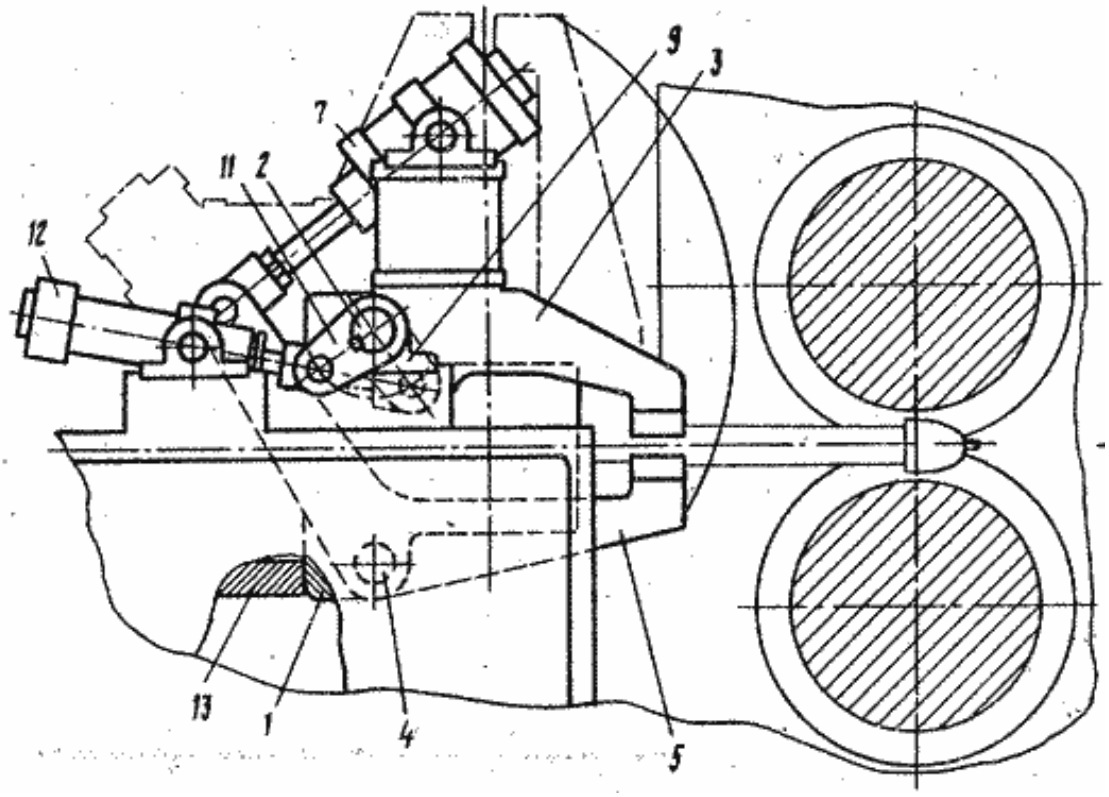
Рассмотренная выходная сторона трубопрокатного стана имеет некоторое усложнение конструкции, в то же время позволяет стабилизировать условия захвата гильзы, что повышает качество получаемых труб.

Авторское свидетельство №764755 СССР «Механизм перехвата оправочного стержня» Серман Б.А., Кудрявцев А.Н., Виноградов Ф.Т. [5].

«Изобретение относится к трубопрокатному производству, в частности к устройствам для перехвата оправочного стержня в станах для прокатки труб на короткой оправке. Изобретение наиболее эффективно может быть использовано при прокатке бесшовных горячекатаных труб на трубопрокатных станах продольной прокатки с осевой выдачей заготовок. В станах продольной прокатки труб значительные потери производственного времени связаны с необходимостью демонтажа при перевалке стана существующих конструкций устройств для перехвата оправочного стержня»

На рисунке 2.3 изображена конструкция механизма перехвата оправочного стержня, на рисунке 2.4 – вид сбоку, на рисунке 2.5 – продольный разрез механизма.

«Известно устройство для центрирования оправочного стержня трубопрокатного стана с осевой выдачей гильз содержащее корпус, установленный на заднем столе стана с возможностью принудительного перемещения в осевом направлении от привода, внутри которого расположены ролики, а на торцовой стенке шарнирно закреплен механизм перехвата в виде захватывающих рычагов-клещевин, связывающей их между собой синхронизирующей рычажной системы и привода сведения (разведения) клещевин.



1 – корпус; 2 – верхняя ось; 3 – верхний захват; 4 – нижняя ось; 5 – нижний захват; 7 – цилиндр сжатия захватов; 9, 10 – опора; 11 – рычаг; 12 – цилиндр поворота корпуса; 13 – упор

Рисунок 2.3 – Конструкция механизма перехвата оправочного стержня

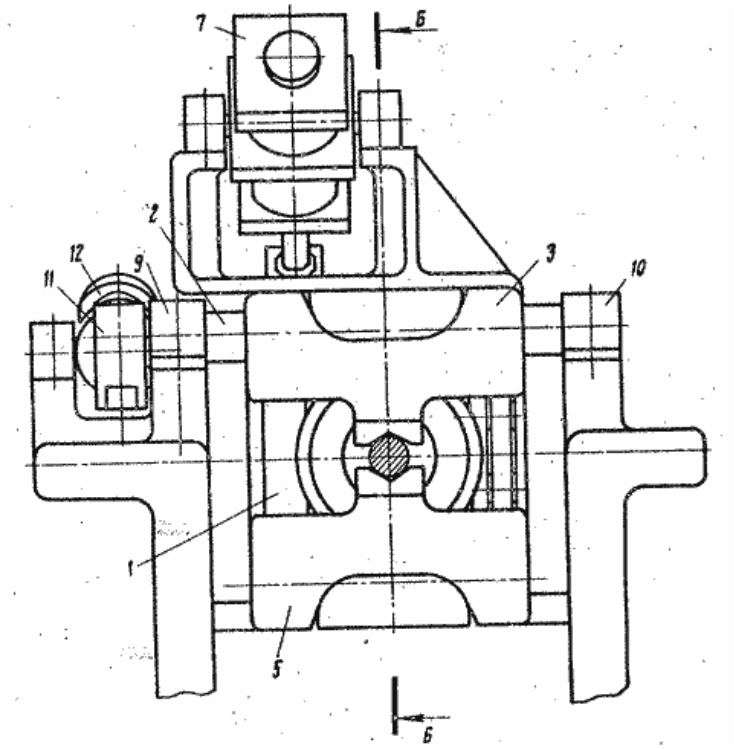


Рисунок 2.4 – Вид сбоку механизма перехвата оправочного стержня

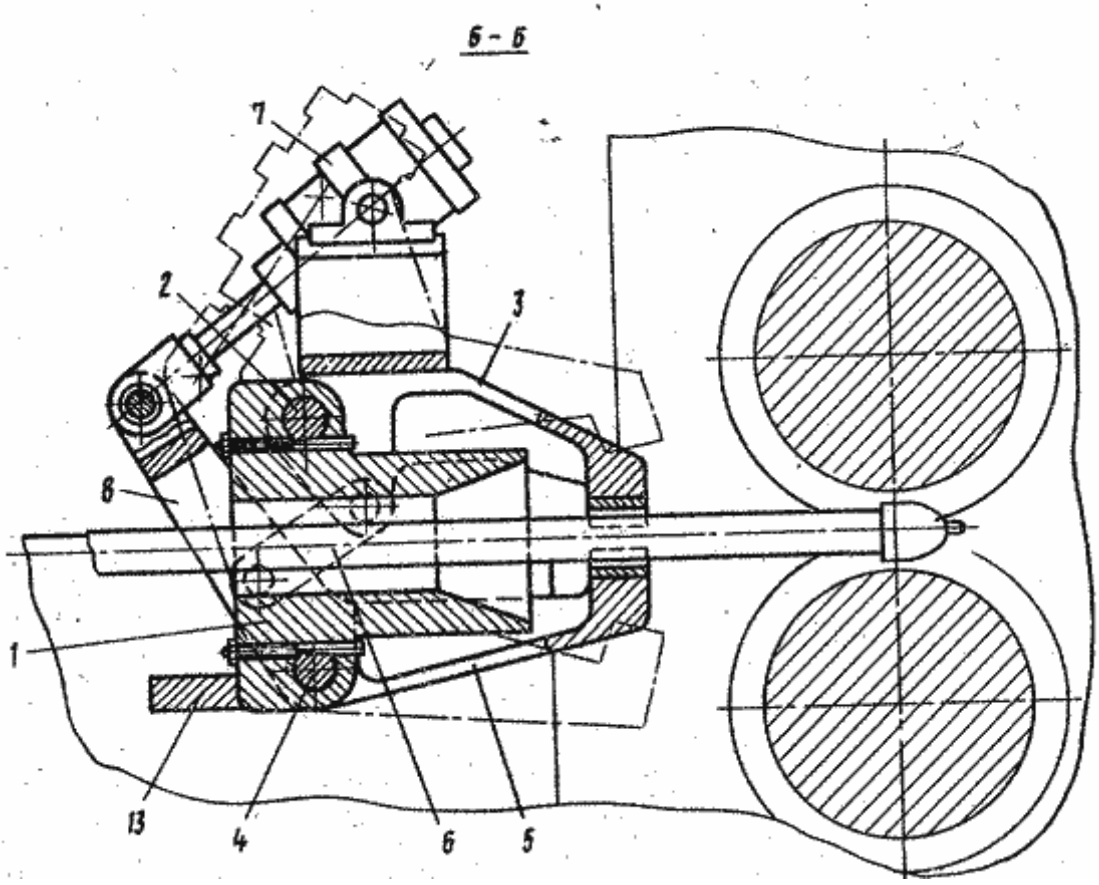


Рисунок 2.5 – Продольный разрез механизма перехвата оправочного стержня

При настройке очага деформации, при смене оправок или валков корпус приводом осевого перемещения отодвигается от рабочей клети, вместе с корпусом перемещаются и рычаги-клещевины справочного стержня, освобождая очаг деформации. Направляющие заднего стола, по которым перемещается корпус известного устройства, расположены в зоне высоких температур и под воздействием воды и окалины интенсивно изнашиваются, что приводит к заклиниванию корпуса при его перемещении. Кроме того, в стане для продольной прокатки, задний стол которого связан с клетью на уровне оси прокатки, не решается проблема обслуживания устройства, так как при осевом перемещении корпуса клещевины и само устройство не выводятся из труднодоступной зоны.

Наиболее близким к изобретению по технической сущности и достигаемому результату является механизм перехвата стержня, включающий корпус, размещенные в нем верхнюю и нижнюю оси, несущие захваты, связывающие их синхронизатор и силовой цилиндр их сведения. При подаче давления в поршневую полость силового цилиндра сведения (разведения) захваты сводятся на стержень, удерживая его от перемещения. При необходимости пропуска трубы давление подается в штоковую полость силового цилиндра и захваты разводятся. Захваты все время находятся по обе стороны от оси стержня.

Такая конструкция устройства затрудняет обслуживание, ремонт и замену захватов; что приводит к дополнительным потерям времени и снижает производительность стана, особенно при размещении механизма вблизи рабочей клети, мешая перевалке.

Целью изобретения является обеспечение удобства обслуживания механизма путем подъема корпуса над осью стержня.

Это достигается тем, что механизм перехвата оправочного стержня снабжен стационарными опорами, в которых концами установлена верхняя

ось с возможностью поворота, и приводом поворота корпуса в виде цилиндра, шарнирно связанного с рычагом, жестко закрепленным на верхней оси, при этом обе оси жестко связаны с корпусом. Такое конструктивное выполнение позволяет сократить потери времени на замену захватов, смазку устройства и его ремонт, так как при повороте корпуса механизм выводится из трудно обслуживаемой зоны.

В корпусе 1 механизма перехвата жестко закреплены верхняя ось 2, на которой шарнирно установлен верхний захват 3, и нижняя ось 4, на которой, шарнирно установлен нижний захват 5; соединяющий их между собой синхронизатор 6, силовой цилиндр 7 их сведения (разведения), установленный на верхнем захвате и шарнирно связанный через рычаг 8 с нижним захватом. Верхняя ось выступающими концами опирается на стационарные опоры 9 и 10, смонтированные вне корпуса, и на ней жестко закреплен рычаг 11, шарнирно связанный с цилиндром 12 привода поворота корпуса. Стационарный упор 13 удерживает корпус в рабочем положении.

Механизм работает следующий образом. При подаче давления в поршневую полость силового цилиндра 7 сведения (разведения) захваты 3 и 5, поворачиваясь на осях 2 и 4, сводятся на оправочный стержень, удерживая его 5 от перемещения, При необходимости пропуска трубы давление подается в штоковую полость силового цилиндра 7 и захваты разводятся. Во время работы механизма цилиндр 12 поворота корпуса 1 под давлением в его штоковой полости через рычаг 11 и ось 2 верхнего захвата прижимает корпус к стационарному упору 13. При перевалке клети или замене захватов оправочный стержень удаляется из стана. Давление подают в поршневую полость поршневого цилиндра 12 поворота корпуса, который через рычаг 11 и ось 2 поворачивает корпус против часовой стрелки так, 20 что захваты занимают почти вертикальное положение, выходя при этом из трудно обслуживаемой зоны.

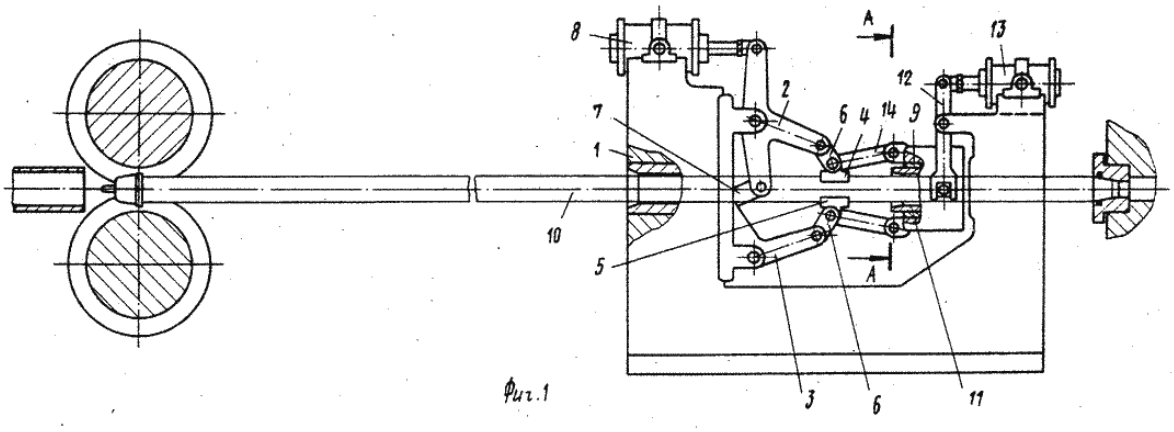
Наиболее эффективно использование предлагаемого механизма перехвата при размещении его вблизи клети продольной прокатки, когда захваты

располагают внутри клети. В этом случае поворотом корпуса, кроме улучшения условий обслуживания, достигается сокращение потери времени на перевалку валков, поскольку захваты быстро выводятся из клети, освобождая необходимое пространство»

Авторское свидетельство №950457 СССР «Устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня» Серман Б.А., Петров Ю.В., Виноградов Ф.Т., Четырбок Н.Ф., Гриншпун А.И. [6].

«Изобретение относится к трубопрокатному производству, а точнее к устройствам для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня в станах для прокатки труб на короткой оправке, и может быть использовано при прокатке бесшовных горячекатаных труб на трубопрокатных станах продольной прокатки с осевой выдачей заготовок.

На рисунке 2.6 изображено устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня при зажиме стержня, на рисунке 2.7 – устройство в режиме пропуска трубы, на рисунке 2.8 – поперечный разрез устройства.



Фиг.1

1 – корпус; 2, 3 – рычаг; 4, 5 – захват; 6 – серьга; 7 – синхронизирующая тяга; 8 – цилиндр сжатия захватов; 9 – ползун; 10 – прокатный стержень; 11 – направляющая; 12 – кулиса; 13 – цилиндр осевого перемещения; 14 – тяга

Рисунок 2.6 – Устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня, при зажиме стержня

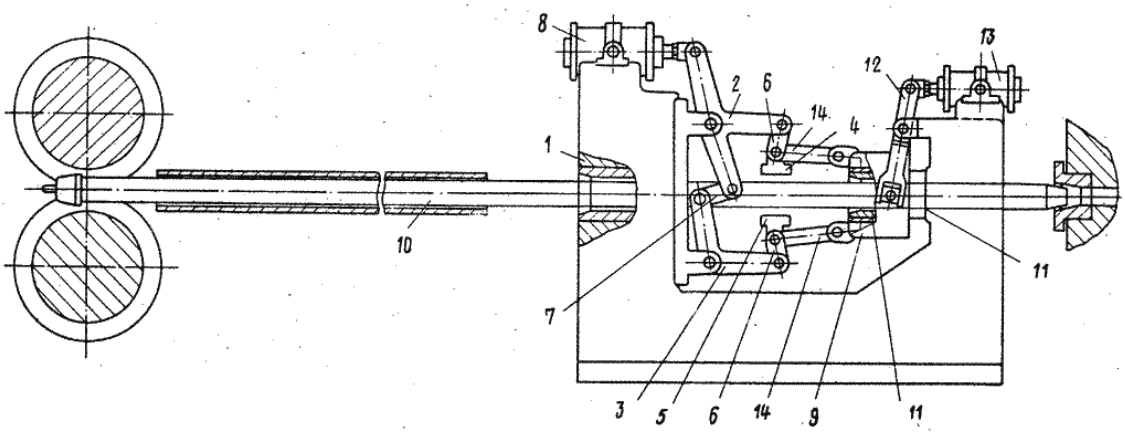


Рисунок 2.7 – Устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня, при пропуске трубы

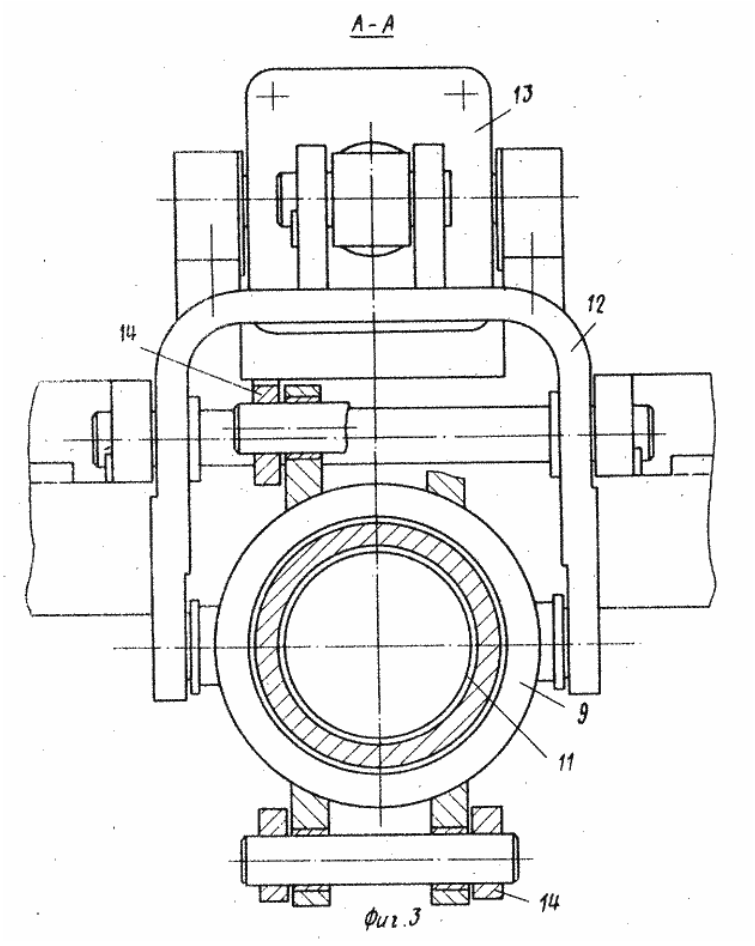


Рисунок 2.8 – Устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня

«Известно устройство для удержания и осевого перемещения оправочного стержня, содержащее гидрозажимы оправочного стержня, несущую их каретку, ее гидропривод возвратно – поступательного перемещения и систему управления. Система управления известного устройства сложна и недостаточно надежна в работе из-за большого количества механических соединений и звеньев электрических и гидравлических цепей, работающих в условиях высоких температур. Кроме того, вследствие значительной массы перемещаемых частей каретки с размещенными на ней гидрозажимами невозможно обеспечение достаточного быстродействия устройства.

Наиболее близким к предлагаемому по технической сущности является устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня, содержащее корпус, установленные на нем несущие рычаги с захватами, синхронизирующие рычаги, привод сведения захватов и цилиндр осевого перемещения. В известном устройстве цилиндр осевого перемещения связан с корпусом, который установлен на плоских направляющих. Использование известного устройства для перемещения оправочного стержня после прокатки каждой трубы, когда время срабатывания устройства входит в цикл прокатки и, таким образом, сокращает производительность трубопрокатного стана в целом, невозможно, так как масса перемещаемых частей в этом устройстве весьма значительна, вследствие чего динамические нагрузки, возникающие в элементах устройствах, ограничивают его быстродействие, что является причиной увеличения цикла прокатки труб; кроме того, открытые направляющие, по которым перемещается корпус, подвержены интенсивному износу в связи с невозможностью достаточно эффективной защиты их от воздействия воды и окалины. Поэтому долговечность и надежность устройства в условиях работы современных агрегатов с производительностью 300-360 труб в час недостаточна.

Устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня трубопрокатного стана состоит из корпуса 1, установленных на нем несущих рычагов 2 и 3, захватов 4 и 5; шарнирно соединенных с несущими рычагами серьгами 6, синхронизирующего звена 7, привода 8 сведения (разведения) захватов, полого ползуна 9, охватывающего оправочный стержень 10 с зазором и установленным в корпусе с возможностью осевого перемещения, например, вдоль направляющей 11, кулисы 12, шарнирно соединяющей ползун с цилиндром осевого перемещения 13 и тяг 14, соединяющих шарнирно ползун с захватами.

Устройство работает следующим образом. При прохождении трубы через зону захватов 4 и 5 несущие рычаги 2 и 3 разводят приводом 8. Затем включают

цилиндр осевого перемещения 13, который через кулису 12 смещает ползун 9 в крайнее левое положение, полностью перекрывая направляющую 11 от воздействия воды и окалины. Тяги 14 отклоняют захваты 4 и 5 навстречу движению трубы. Перед задачей в валки стана очередной трубы сводят захваты на стержень 10 приводом 8, а цилиндром через кулису воздействуют на ползун, вызывая его перемещение по направляющей. Вместе с ползуном перемещаются и связанные с ним тягами 14 захваты 4 и 5, поворачиваясь относительно несущих рычагов 2 и 3 и увлекая за собой оправочный стержень до упора его в головку упорно регулировочного механизма, чем обеспечивается строго заданное положение оправочного стержня, а следовательно, и закрепленной на нем оправки в очаге деформации. После захвата трубы валками стана несущие рычаги 2 и 3 разводятся приводом 8 и цилиндр осевого перемещения 13 возвращает все элементы в исходное положение.

Предложенное устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня трубопрокатного стана по сравнению с известным повышает надежность и долговечность при увеличении быстродействия устройства за счет резкого сокращения массы перемещаемых частей и возможности защиты трущихся поверхностей от воздействия воды и окалины. Устройство позволяет надежно обеспечить постоянное местоположение оправки в очаге деформации перед прокаткой, что улучшает условия захвата гильзы рабочими валками. Вследствие этого достигается снижение процента недоката, повышается ритмичность работы и производительность стана и всего агрегата, в состав которого он входит»

2.3 Обоснование выбора конструкции и основных параметров проектируемой машины

В выпускной квалификационной работе спроектирован механизм удержания прокатного стержня, обеспечивающий установку оправки по оси калибра валков станов продольной прокатки труб ТПА-140.

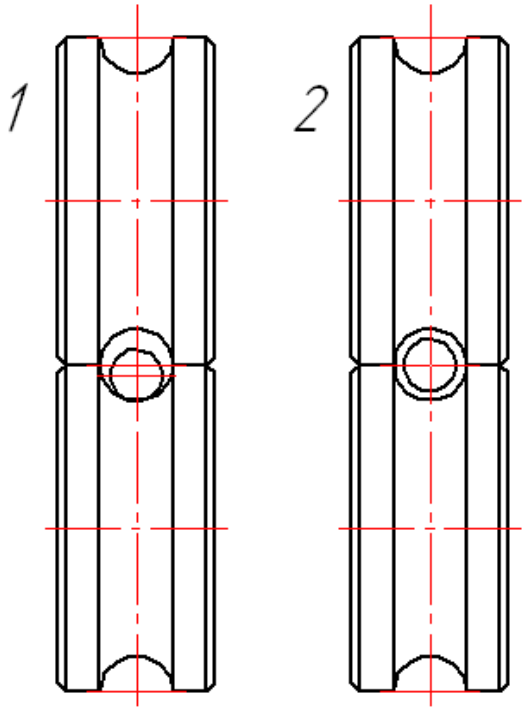
Известно, что вид несоответствия «внутренняя риска труб» и значительный износ калибра нижнего валка образуется на станах продольной прокатки в результате неравномерности распределения напряженно-деформированного состояния металла в очаге деформации. Неравномерность напряженно-деформированного состояния металла в очаге деформации обусловлена незамкнутостью калибра, в результате происходит образование продольной складки металла между внутренней поверхностью трубы и оправкой по границе контакта металла с оправкой, с последующим образованием «внутренней риски».

В настоящее время при производстве горячекатаных труб на ТПА-140 большой объем брака составляет брак по «висячей риске». «Висячая риска» - вид дефекта, выражающийся в сочетании глубоких порезов, царапин и большой разностенности переднего конца труб. Такие дефекты не устраняются закатыванием на раскатном стане – трехвалковом стане поперечно – винтовой прокатки.

При анализе возможных причин массового брака, было выявлено, что при отсутствии металла в рабочей клети, прокатный стрежень прогибается под собственным весом и оправка ложится на калибр нижнего валка. На рисунке 2.9 изображено положение оправки в очаге деформации.

При вхождении металла в рабочие валки, происходит контакт торца гильзы и оправки, лежащей на калибре нижнего валка. В результате контакта и последующего подбрасывания оправки гильзой, появляются различного рода дефекты. Для скорости прокатки 1 м/с, при неопределенном положении оправки имеем дефекты переднего конца трубы на длине до 1,5 метров. При установившемся режиме прокатки применение каких – либо устройств, определяющих

положение прокатного оправки в очаге деформации не требуется: оправка центрируется по оси калибра валков за счет равномерного распределения давления металла.



1 – положение оправки в очаге деформации при вхождении металла в валки; 2 – положение оправки в очаге деформации при установившемся режиме

Рисунок 2.9 – Положение оправки в очаге деформации

Причиной прогиба прокатного стержня является отсутствие в непосредственной близости к валкам какой – либо опоры прокатного стержня. Первая пара роликов центрователя находится на расстоянии 3 метра от оси рабочих валков. Существующий перехватчик прокатного стержня не обеспечивает подъем провисающего прокатного стержня.

На рисунке 2.10 изображена ситуация с прогибом прокатного стержня на станах продольной прокатки ТПА-140.

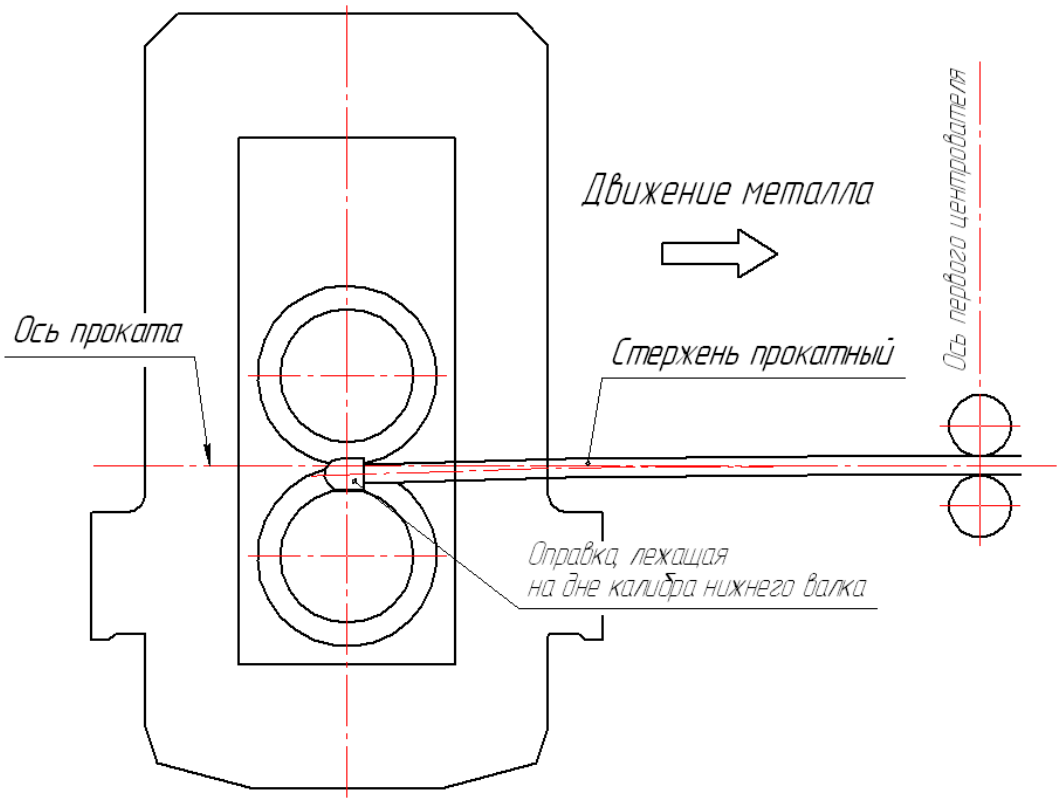
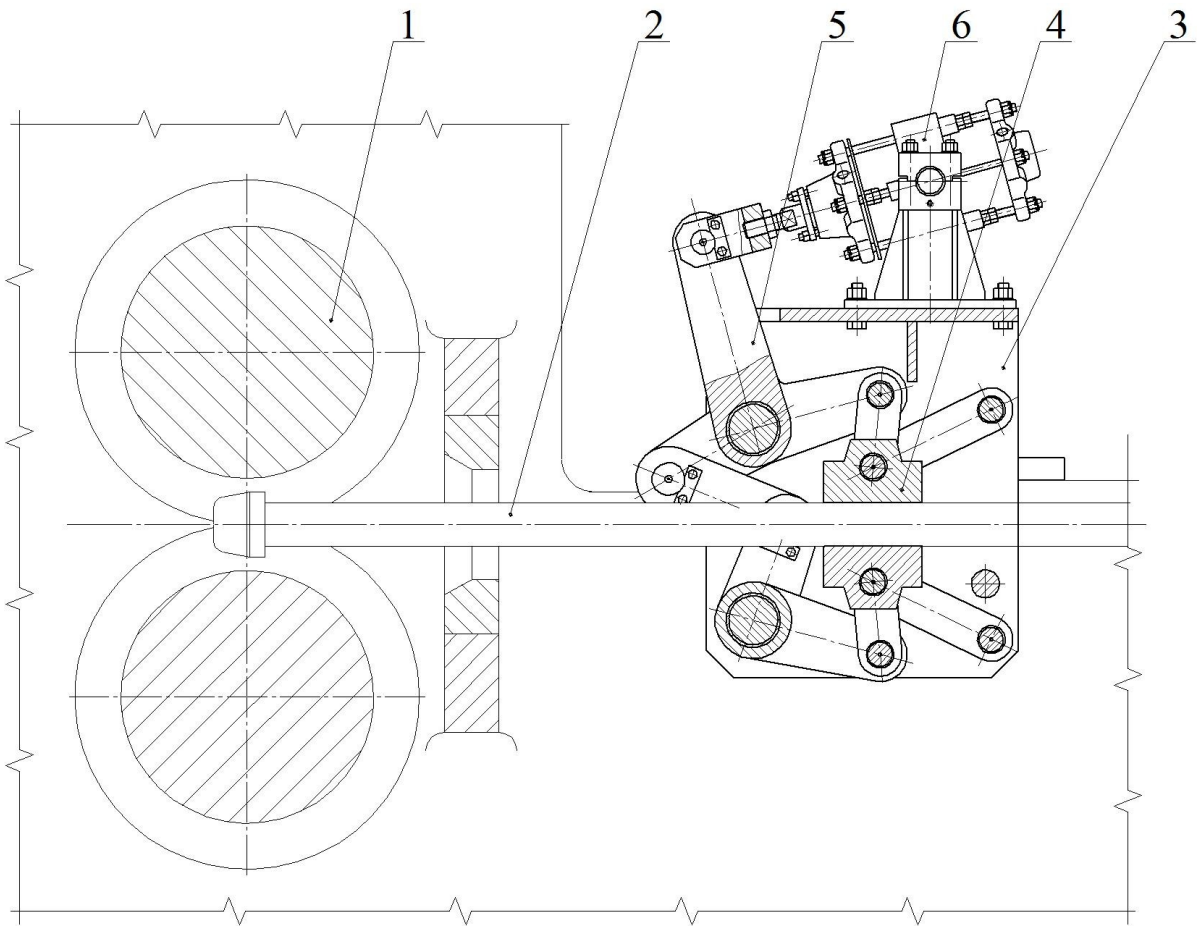


Рисунок 2.10 – Прогиб прокатного стержня под собственным весом

Механизм удержания прокатного стержня предлагается установить на выходной стороне рабочей клети стана продольной прокатки труб на расстоянии от оси рабочих валков в 1 метр.

Удержание прокатного стержня осуществляется все время при отсутствии металла в валках, а также время, за которое происходит захват металла валками. При выходе переднего конца трубы из валков, осуществляется раскрытие захватов, и прокатываемая труба проходит на выходную сторону стана. После завершения процесса прокатки, захваты сжимаются на стержне, при этом осуществляется процесс стягивания прокатанной трубы со стержня выдающими роликами. На рисунке 2.11 изображена установка механизма удержания прокатного стержня на выходной стороне стана продольной прокатки труб.

Удержание прокатного стержня осуществляется парой захватов, расположенных в вертикальной плоскости. Конструкция и ход захватов обеспечивают удержание всего типоразмера применяющихся на стане прокатных стержней – Ø70…Ø121 мм.



1 – рабочие валки стана продольной прокатки труб; 2 – прокатный стержень; 3 – станина механизма удержания прокатного стержня; 4 – захваты прокатного стержня; 5 – рычажный механизм; 6 – приводной пневматический цилиндр

Рисунок 2.11 – Установка механизма удержания прокатного стержня на выходной стороне стана продольной прокатки труб

Сжатие и раскрытие захватов осуществляется через рычажный механизм с приводом от пневматического цилиндра. Для исключения контакта трубы с захватами, происходит их раскрытие на величину 250 мм. Пневматический цилиндр обеспечивает необходимое быстродействие срабатывания механизма.

Привод механизма удержания прокатного стержня состоит из пневматического цилиндра, имеющего диаметр поршня 180 мм, установленного на

стойке. Сжатие захватов осуществляется при втягивании штока цилиндра, раскрытие – при выдвижении штока цилиндра.

Нормальное состояние механизма – постоянно сжатые захваты, периодически производится раскрытие захватов для пропуска трубы через механизм. Таким образом, постоянно осуществляется подача сжатого воздуха в штоковую полость пневматического цилиндра для сжатия захватов. Подача сигнала ля переключения подачи сжатого воздуха для разжима захватов, осуществляется от фотоэлектрического датчика, фиксирующего вхождение переднего конца трубы в рабочую клеть.

При установке фотоэлектрического датчика за валками, имеется вероятность утыкания переднего конца трубы в нераскрывшиеся захваты по причине задержек в линии управления (задержка в распределителе) или задержек при срабатывании механизма (инертность механической системы). Поэтому, предлагается установить фотоэлектрический датчик перед валками, применив в системе управления настраиваемое реле времени, которое обеспечит удерживание прокатного стержня в начальный момент прокатки и обеспечит раскрытие захватов перед передним концом трубы.

Внедрив технологию прокатки с механизмом удержания прокатного стержня, сводится к минимуму количество несоответствующей продукции по виду «внутренняя риска». При этом также уменьшится поперечная разностенность на трубах за счет точного центрирования оправки в очаге деформации.

Установка механизма поддержки прокатного стержня на выходную сторону стана продольной прокатки позволит устранить причину брака по «висячей риске».

3 РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Расчет усилия, развиваемого пневматическим цилиндром механизма удержания прокатного стержня

Сжатие захватов прокатного стержня производится от пневматического цилиндра через рычажный механизм. Кинематическая схема механизма удержания прокатного стержня изображена на рисунке 3.1.

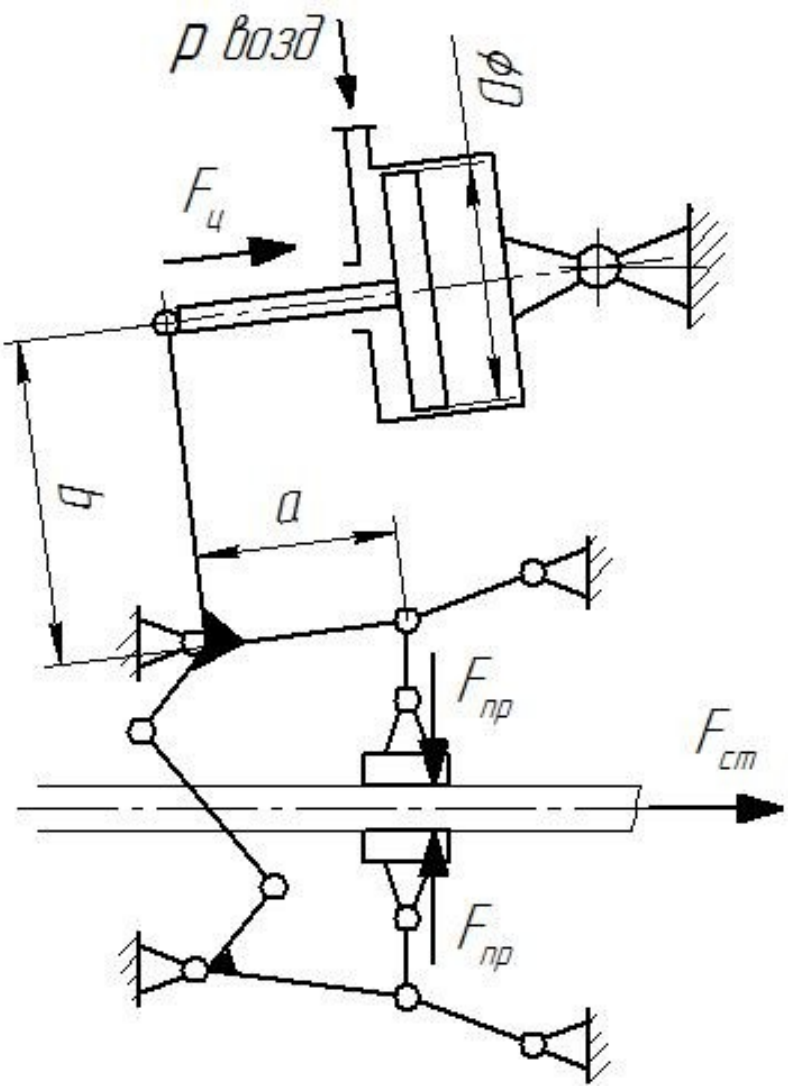


Рисунок 3.1 – Кинематическая схема механизма удержания прокатного стержня

Усилие прижатия захвата к прокатному стержню

$$F_{пр} = k\frac{F_{ст}}{\mu \cdot n}, кН$$

где k – коэффициент запаса, для обеспечения удержания стержня захвата при интенсивной подаче охлаждающей воды, k=1,5;

$F_{ст}$ – усилие стягивания трубы с прокатного стержня – сила трения между стержнем и трубой

$$F_{ст} = \mu \cdot m_т \cdot g, Н$$

где μ – коэффициент трения между трубой и прокатным стержнем, при горячей прокатке, μ=0,3 [1];

$m_т$ – масса наиболее тяжелой трубы, $m_т$ =650 кг.

$$F_{ст} = 0{,}3 \cdot 650 \cdot 9{,}8 = 1911 Н$$

n – количество захватов, удерживающих прокатный стержень, n=2.

Усилие прижатия захвата к прокатному стержню

$$F_{пр} = 1{,}5\frac{1911}{0{,}3 \cdot 2} = 4780 Н$$

Требуемое усилие, развиваемое пневматическим цилиндром

$$F_ц = (2 \cdot F_{пр} \cdot \frac{a}{b}) / \eta_р, Н$$

где a – меньшее плечо рычага, a=240 мм;

b – большее плечо рычага, a=350 мм;

$\eta_р$ – КПД рычажного механизма, $\eta_р$ =0,9 [7].

Требуемое усилие, развиваемое пневматическим цилиндром

$$F_ц = \frac{2 \cdot 4780 \cdot \frac{240}{350}}{0{,}9} = 7285 Н$$

3.2 Расчет требуемого диаметра пневматического цилиндра

Требуемая рабочая площадь пневматического цилиндра [8]

$$S_ц = \frac{F_ц}{p}, мм^2$$

где р – давление сжатого воздуха, р=0,4 МПа.

$$S_ц = \frac{7285}{0,4} = 18212\, мм^2$$

Учитывая схему подключения цилиндра – давление рабочей жидкости подается в штоковую полость цилиндра – найдем рабочую площадь штоковой полости гидроцилиндра [8]

$$S_ц = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4}, мм^2$$

где D – диаметр цилиндра;

d – диаметр штока.

При применении нормализованных пневмоцилиндров, параметры которых регламентированы ГОСТ 6540-68, имеем зависимость d=0,5D, мм [8]; откуда

$$S_ц = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi (0,5\, D)^2}{4} = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi D^2}{16} = \frac{3}{16} \cdot \pi D^2, мм^2$$

Требуемый диаметр пневмоцилиндра механизма удержания прокатного стержня

$$D = \sqrt{\frac{16\, S_ц}{3\pi}} = \sqrt{\frac{16 \cdot 18212}{3 \cdot 3,14}} = 175,8\, мм$$

В соответствии с ГОСТ 6540-68 назначаем ближайший больший стандартный диаметр пневматического цилиндра D=180 мм [8].

3.3 Прочностные расчеты основных узлов и деталей машины

3.3.1 Расчет на прочность приводного рычага

Выполним расчет на прочность приводного рычага механизма удержания прокатного стержня. Приводной рычаг нагружен поперечным усилием, действующим на него со стороны штока пневмоцилиндра – $F_ц$=7285 Н. Напряженное состояние рычага – изгиб. Расчетная схема рычага механизма удержания прокатного стержня изображена на рисунке 3.2.

Изгибающий момент, действующий в ступице рычага

$$M_и = F_ц \cdot h, Нм,$$

где h – расстояние от штока до ступицы, h=290 мм=0,29 м.

$$M_и = 7285 \cdot 0,29 = 2112\, Нм$$

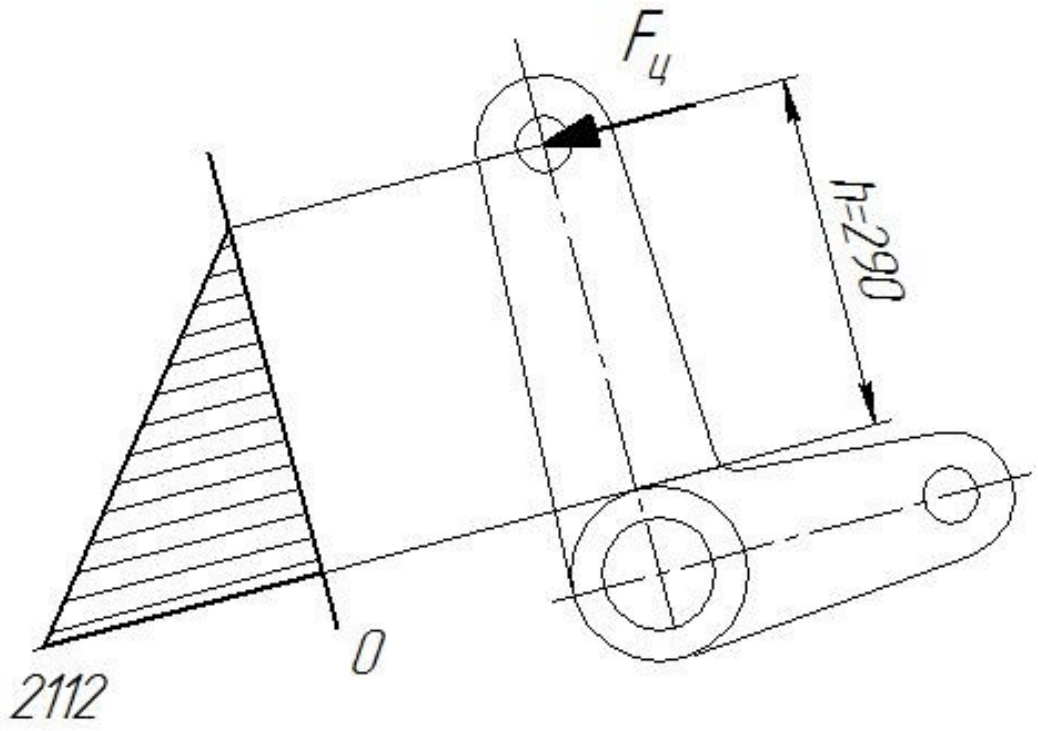


Рисунок 3.2 – Расчетная схема рычага механизма удержания прокатного стержня

Напряжения изгиба, действующие в сечении рычага

$$\sigma_и = \frac{M_и}{W_и}, МПа$$

где Wи – момент сопротивления сечения изгибу, для прямоугольного сечения [9]

$$W_и = \frac{b \cdot h^2}{6}, мм^3$$

где b – ширина сечения крюка, b=35 мм;

h – высота сечения крюка, h=125 мм.

$$W_и = \frac{35 \cdot 125^2}{6} = 91145\, мм^3$$

Напряжения изгиба, действующие в сечении рычага

$$\sigma_и = \frac{2112 \cdot 10^3}{91145} = 23,2\, МПа$$

Условие прочности рычага

$$\sigma_и \le [\sigma]$$

где $[\sigma]$ - допускаемые нормальные напряжения

$$[\sigma] = \frac{\sigma_в}{n_в}, МПа$$

где $\sigma_в$ – предел прочности рычага, для стали 45, $\sigma_в$ =600 МПа [9];

$n_в$ – коэффициент запаса прочности по пределу прочности, $n_в$=5 [1].

$$[\sigma] = \frac{500}{5} = 120\, МПа$$

Условие прочности рычага

$$\sigma_u = 23,2\,МПа \le [\sigma] = 120\,МПа$$

Условие прочности выполнено.

3.3.2 Расчет на прочность оси приводного рычага

При осуществлении сжатия захватов, ось приводного рычага нагружена поперечным усилием $F_ц$ = 7285 Н. Напряженное состояние оси приводного рычага – изгиб. Расчетная схема оси – двухопорная балка, нагруженная

поперечной силой. Расчетная схема оси изображена на рисунке 3.3. Расчет оси на прочность выполним в соответствии с рекомендациями [10].

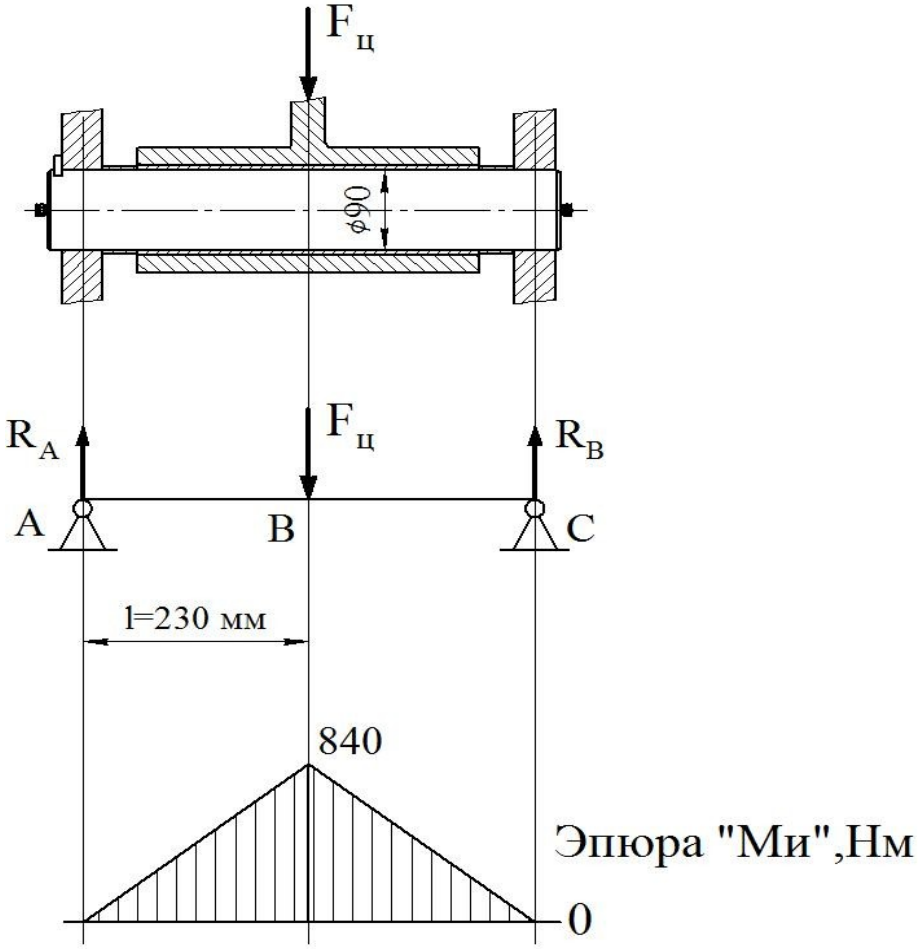


Рисунок 3.3 – Расчетная схема оси

Реакции опор оси

$$R_A = R_C = \frac{F_ц}{2} = \frac{7285}{2} = 3643\,H$$

Построение эпюры изгибающих моментов:

изгибающий момент, действующий в середине пролета двухопорной балки

$$M_B = R_A \cdot l = 3643 \cdot 0,23 = 840\,Нм$$

Выполним расчет на прочность среднего сечения оси, изгибающий момент в котором имеет максимальное значение.

Условие прочности оси при изгибе [10]

$$\sigma_u \leq [\sigma]$$

где $\sigma_и$ – напряжения изгиба, действующие в опасном сечении

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u}, МПа$$

где $M_и$ –изгибающий момент, действующий в рассматриваемом

сечении, $M_и$=840 Нм;

Wи – момент сопротивления сечения изгибу, для круглого сечения [9]

$$W_u = \frac{\pi \cdot d^3}{32}, мм^3$$

где d – наружный диаметр оси, d=90 мм.

$$W_u = \frac{\pi \cdot 90^3}{32} = 71570\ мм^3$$

Напряжения изгиба, действующие в опасном сечении

$$\sigma_u = \frac{840 \cdot 10^3}{71570} = 12\ МПа$$

Условие прочности оси при изгибе

$$\sigma_u = 12\ МПа < [\sigma] = 120\ МПа$$

Условие прочности выполнено

3.4 Прочностные расчеты унифицированных деталей и узлов машины

3.4.1 Расчет удельного давления на втулку приводного рычага

Бронзовая втулка приводного рычага воспринимает радиальную нагрузку, действующую от приводного пневматического цилиндра. Выполним расчет удельного давления на рабочей поверхности бронзовой втулки.

Удельная нагрузка, действующая на поверхности бронзовой втулки [10]

$$p = \frac{F_ц}{d \times l}, \ МПа$$

где d – диаметр втулки, d=90 мм;

l – длина втулки, l=350 мм.

$$p = \frac{7285}{90 \cdot 350} = 0{,}3 \ МПа$$

Условие работоспособности подшипника скольжения

$$p \le [p]$$

где [p] – допускаемая удельная нагрузка на подшипник скольжения, для втулки из бронзы, [p] =4 МПа [10].

Условие работоспособности подшипника скольжения

$$p = 0{,}3 \ МПа < [p] = 4 \ МПа$$

Условие работоспособности выполнено.

4 ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИНЫ

4.1 Правила технической эксплуатации стана продольной прокатки труб. Техническое обслуживание и ремонты

Системой технического обслуживания и ремонта на ОАО «СинТЗ» является система планово – предупредительных ремонтов (ППР) оборудования, направленная на поддержание оборудования в работоспособном состоянии. Сущность системы ППР заключается в том, что не ждут, когда произойдет аварийный выход оборудования из строя, а при отработке машиной определенного количества часов, производится её остановка и выполнение заранее запланированных работ по обслуживанию и ремонту [11].

Ремонтные работы на прокатном оборудовании цехов завода производит дочерняя компания ОАО «Синарский Трубный Завод» – ООО «Ремонтно–Технический Центр Синара».

Системой ППР предусматриваются следующие виды обслуживания и ремонтов оборудования [12]:

1. Техническое обслуживание оборудования;
2. Текущие ремонты оборудования;
3. Капитальные ремонты оборудования.

График ТОиР стана продольной прокатки труб ТПА-140 на 2019 год представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – График ТОиР стана продольной прокатки труб ТПА-140 на 2019 год

Оборудование	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Стан продольной прокатки труб ТПА-140	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· К/	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я	ТО/4· Т/4Я

Примечание: ТО – технический обслуживание; Т – текущий ремонт; К – капитальный ремонт

Общая продолжительность простоя в ремонтах стана продольной прокатки труб ТПА-140 на 2019 год – 912 часов.

При проведении работ технического обслуживания производится мелкая разборка оборудования – снятие кожухов, ограждений и крышек и очистка оборудования. По результатам осмотров производится замена разрушенных быстроизнашивающихся деталей, регулировка механизмов и узлов. При очистке оборудования производится удаление окалины, пыли и выдавленной смазки из узлов трения. Итого простои стана продольной прокатки труб при техническом обслуживании составляют 4 часа в месяц.

При проведении текущих ремонтов выполняются все работы по текущему обслуживанию и частичная разборка машины с заменой узлов и деталей. При замене изношенного узла, на его место монтируется заранее подготовленный, собранный и отрегулированный узел. Поузловой метод ремонта относится к прогрессивным методам ремонта, имеющий наивысшее качество ремонтов и производительность. При текущих ремонтах стана продольной прокатки производится замена перехватчика прокатного стержня, зубчатых шпинделей,

редукторов нажимных механизмов. Текущие ремонты ТПА-140 проводятся один раз в неделю – по понедельникам оборудование выводится на двенадцати-часовой ремонт. Итого простои стана продольной прокатки труб в текущих ремонтах составляют 48 часов в месяц.

При капитальном ремонте полностью восстанавливается первоначальные качественные и количественные технические характеристики оборудования (производительность, мощность, энергопотребление и другие). При выполнении работ капитального ремонта производится полная разборка прокатного стана со снятием с фундаментов базовых деталей. При капитальных ремонтах производится восстановление базовых деталей (станины рабочей клети, корпуса и крышки шестеренной клети) и замена всех изношенных деталей и узлов. Капитальные ремонты ТПА-140 проводятся 1 раз в год – оборудование ТПА-140 выводится на четырнадцати суточный ремонт. Итого простои стана продольной прокатки труб в капитальном ремонте составляют 336 часов в год.

4.2 Монтаж и демонтаж машины

Монтаж стана продольной прокатки ТПА-140 начинается с установки плитовин рабочей линии стана и станин выходной стороны стана и увязки осей данных базовых деталей с осями выходной стороны прошивного стана и входной стороны обкатных станов. На плитовины рабочей линии монтируются электродвигатель главного привода, шестеренная клеть и рабочая клеть стана продольной прокатки. На станины выходной стороны монтируются центрователи с выдающими роликами, проводки, упорно – регулировочный механизм.

При установке плитовин рабочей линии и станин выходной стороны и их точной выверке используют пакеты подкладок. Их укладывают на тщательно зачищенных поверхностях фундаментах с последующей выверкой и подливкой цементным раствором. Подкладки бывают установочные (толщиной 5-100 мм) и регулировочные (толщиной 0,5-5,0 мм) [12].

Плитовины рабочей линии и станины выходной стороны стана продольной прокатки устанавливают на пакетах плоских подкладок. Их устанавливают

с каждой стороны фундаментного болта на расстоянии от 75 до 100 мм, а между смежными пакетами подкладок 300-1000 мм. Число подкладок в пакете составляет 6-8. Из них 3-4 установочные, а остальные регулировочные. Общая высота пакета 40-80 мм. При меньшей высоте затрудняется подливка оборудования.

При выверке базовой детали при оптико – геодезическом методе, после установки станины на фундамент оборудование выверяют по осям в плане, а затем по высоте, оставляя припуск 1-2 мм выше проектной отметки на усадку пакета подкладок. Для выверки вокруг фундамента устанавливают стойки, на которых укрепляют осевые струны с грузами, с помощью которых фиксируют проектные оси. Отвесы совмещают с осями на плашках. Ось станины прошивного стана с осями фундамента совмещают с помощью отвесов, подвешиваемых на струнах.

После совмещения осей предварительно затягивают анкерные болты, после чего повторно проверяют правильность установки оборудования по осям и высотным отметкам и окончательно затягивают болты. Качество затяжки проверяют щупом, толщиной 0,05 мм, который не должен проходить на глубину не более 5 мм в стыках между гайкой и шайбой, и базовой поверхностью детали. В ответственных случаях, необходимое усилие затяжки проверяют по крутящему моменту на гайке или по удлинению болта.

При монтаже рабочей линии и выходной стороны стана продольной прокатки труб ТПА-140 применяются разного рода ГПМ:

стационарные: кран электромостовой Q=300 kH

специально применяемые: монтажные лебедки, домкраты.

Перемещение плитовин рабочей линии, электродвигателя главного привода, шестеренной клети, рабочей клети, станины выходной стороны и оборудования выходной стороны на место монтажа осуществляется электромостовым краном грузоподъемностью Q=300 kH.

При выверке вышеперечисленного оборудования по оси прокатки ТПА-140 применяются специальные ГПМ: монтажные лебедки Q=1000 kH, гидравлические домкраты Q=5000 kH.

Монтажные лебедки применяются для точной установки плитовин в плане цеха. Гидравлические домкраты применяются при высотной выверке оборудования в единой оси прокатки ТПА-140.

4.3 Смазка узлов машины

Рабочая линия стана продольной прокатки труб ТПА-140 имеет большое количество узлов трения. За счет смазывания узлов трения в соответствии с паспортом машины, обеспечивается высокая работоспособность стана продольной прокатки труб.

Узлы трения стана продольной прокатки труб смазываются двумя видами смазок:

1. пластичная смазка Униол-2 ГОСТ 23510-79
2. индустриальное масло ИРп-40 ТУ 38.101853-83.

Подача смазки от централизованной системы пластичной смазки (ЦСПС) производится к следующим узлам трения:

1. Упорная резьба нажимных механизмов верхнего валка. Подвод смазки производится по каналам в гайке.
2. Подпятники нажимных винтов. Подвод смазки производится по каналам в сферическом подпятнике.
3. Направляющие подушек рабочих валков. Подвод смазки производится по каналам в станине.

Подача смазки вручную производится к следующим узлам трения:

1. Подшипниковые узлы рабочих валков.
2. Оси рычагов механизма осевой регулировки валков.
3. Направляющие ползуна механизма комплектной смены валков.

4. Соединение штока гидравлического цилиндра с ползуном механизма комплектной смены валков.

5. Зубчатые соединения шпинделей привода рабочих валков.

Смазывание узлов трения пластичными смазками производится за счет подачи смазки через масленки.

Смазывание узлов трения жидкими смазками производится картерной и циркуляционной системами жидкой смазки.

Смазывание червячных передач редукторов нажимного механизма осуществляется за счет погружения витков червяка в масляную ванну.

Подача смазки от централизованной системы жидкой смазки (ЦСЖС) производится к следующим узлам трения:

1. Зубчатое зацепление шестеренной клети.

2. Вкладыши скольжения валов шестеренной клети.

3. Подшипники главного электродвигателя

ЦСЖС стана продольной прокатки труб состоит из резервуара – отстойника, двух насосных установок, фильтра, холодильника, реле давления и теплового реле.

Масло из узлов трения по сливным трубопроводам собирается в резервуаре – отстойнике 1 емкостью 2 $м^3$. Из резервуара – отстойника масло забирается шестеренным насосом.

ЦСЖС имеет два шестеренных насоса типа Ш8-25. Нормальная работа системы осуществляется на одном насосе; второй насос – резервный. Масло шестеренным насосом прокачивается через дисковые фильтры типа ФДЖ-50 с шириной фильтрующей щели 0,18 мм. После фильтров масло охлаждается в кожухотрубчатом маслоохладителе с поверхностью теплообмена 6 $м^2$. Маслоохладитель работает от системы холодной технической воды, включен в работу в теплое время года. Для подогрева масла в зимнее время года, резервуаре-отстойнике смонтирован электрический подогреватель масла.

Характеристики масла, подаваемого от ЦСЖС к узлам трения

номинальное давление 0,3…0,5 МПа

номинальная температура 35…40º С.

Очищенное и охлажденное масло подается по нагнетательным трубопроводам к шестеренной клети и подшипникам главного электродвигателя.

При нормальной работе подача масла происходит от одного насоса. При падении давления в нагнетательном трубопроводе до 0,2 МПа, электроконтактный манометр производит запуск в работу второго (резервного) насоса. Электродвигатель главного привода стана сблокирован с реле давления ЦСЖС: если при запуске резервного насоса не происходит рост давления масла в нагнетательных трубопроводах, происходит остановка прокатного стана. При повышении температуры масла в нагнетательном трубопроводе свыше 60 ºС, тепловое реле также производит остановку прокатного стана.

ЦСЖС стана должна находиться под пристальным наблюдением: не допускается выключать из схемы управления тепловое реле и реле давления, т.к. прекращение подачи смазки в зубчатую передачу и в подшипники скольжения шестеренной клети приведет к крупным авариям и следующим за ними длительным простоям в ремонтах.

Карта смазки стана продольной прокатки труб ТПА-140 приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Карта смазки стана продольной прокатки труб ТПА-140

Наименование узла	Система смазки	Сорт	Количество точек смазки	Режим смазывания
Резьба нажимных винтов	ЦСПС	Униол-2 ГОСТ 23510-79	2	Периодически. 2 $см^3$/8 час
Подпятники нажимных винтов			2	
Направляющие станины			42	
Подшипниковые узлы рабочих валков	Ручная (масленки)		4	Периодически. 1 раз/смену
Механизм осевой регулировки валков			8	Периодически. 1 раз/ неделю

Механизм комплектной перевалки валков			5	
Зубчатый шпиндель			4	Периодиче-ски. 1 раз/сме-ну
Редуктор на-жимного ме-ханизма	Жидкая кар-терная	ИРп-40 ТУ 38.101853-83	2	Непрерывный
Зубчатая пе-редача шесте-ренной клети	ЦСЖС		1	Непрерыв-ный, коллек-торный
Подшипники валов шесте-ренной клети			4	Непрерывный
Подшипники главного элек-тродвигателя			2	Непрерывный

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе спроектирован механизм удержания прокатного стержня, обеспечивающий установку оправки по оси калибра валков станов продольной прокатки труб ТПА-140.

Механизм удержания прокатного стержня предлагается установить на выходной стороне рабочей клети стана продольной прокатки труб на расстоянии от оси рабочих валков в 1 метр.

Механизм удержания прокатного стержня представляет собой станину с рычажным механизмом с приводом от пневматического цилиндра, имеющим пару клещевых захватов, обеспечивающих удержание всего типоразмера применяющихся на стане прокатных стержней – Ø70…Ø121 мм.

Внедрив технологию прокатки с механизмом удержания прокатного стержня, сводится к минимуму количество несоответствующей продукции по виду «внутренняя риска». При этом также уменьшится поперечная разностенность на трубах за счет точного центрирования оправки в очаге деформации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Целиков А.И. Машины и агрегаты для производства и отделки проката, в 3-х т. – Т.3.- М.: Металлургия, 1988.
2. Коликов А.П. Машины и агрегаты трубного производства – – М.:Интермет Инжиниринг, 2000.
3. Шишков М.М. Марочник сталей и сплавов – М.:Металлургия, 1989.
4. Осадчий В.Я. Технология и оборудование трубного производства – – М.: Интермет Инжиниринг, 2001.
5. Авторское свидетельство №764755 СССР «Механизм перехвата оправочного стержня» Серман Б.А., Кудрявцев А.Н., Виноградов Ф.Т. Опубл. 23.09.1980. Бюллютень №35.
6. Авторское свидетельство №950457 СССР «Устройство для перехвата и осевого перемещения оправочного стержня» Серман Б.А., Петров Ю.В., Виноградов Ф.Т., Четырбок Н.Ф., Гриншпун А.И. Опубл. 15.08.1982. Бюллютень №30.
7. Чернавский С.А. Проектирование механических передач – – М.: Машиностроение, 1984.
8. Абрамов А.П. Пневматические приводы – Киев: Высшая школа, 1986.
9. Анурьев В.И. Справочник конструктора - машиностроителя в 3-х томах. Т.1.-М.: Машиностроение, 2001.
10. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов – Киев: Высшая школа, 1979.
11. Паспорт стана продольной прокатки труб ТПА-140 – Электросталь, 1972.
12. Касаткин Н.Л. Ремонт и монтаж металлургического оборудования – – М: Металлургия, 1970.