МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ российской ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение в ысшего образования

«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ М.А. Иванов

_____2020 г.

Применение износостойкой наплавки деталей технологического оборудования в условиях ПАО «ЧТПЗ»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-15.ОЗ.О1.2О2О.141 гв вкр

Руководитель работы

Осипов, А. М.

Должтость

Подпись ИО,, Фамилия 2020

«____» _____ г.

А втор работы студент г п П-440:

Шахматов, М.Д.

2020 г.

Нормоконтролёр
старший преподаватель

Ю.В. Безганс

2020 г.

Челябинск, 2020

СОДЕЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ...……...……..…….……...…… 8
НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ, СОКРАЩЕНИЯ ……..…...……...… 20
1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ……...….. 15
1.1 Анализ базового технологического процесса…...…….……...… 15
1.2 Патентный поиск……...…….…….. 20
1.3 Выбор способа наплавки……..……...… 23
1.4 Предлагаемый технологический процесс восстановления изношенных поверхностей…….…….... 24
1.4.1 Неразрушающий контроль наплавленных поверхностей деталей…….…… 29
1.5 Расчет режимов наплавки электродной лентой ….....……. 31
1.5.1 Расчет режима наплавки вкладыша...……..…… 31
1.5.2 Расчет режима наплавки валка……...…….…… 34
1.5.3 Расчет режима наплавки кольца…….…….…… 37
1.5.4 Расчет режима наплавки конуса……...…….…….. 39
1.5.5 Расчет режима наплавки дисков……..…… 41
1.6 Выбор оборудования……...……...…… 44
2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ…….……..... 49
2.1 Расчет индуктора……...…….. 50
2.2 Проектирование приспособления для закрепления вкладышей…….……...…… 56
3 ОХРАНА ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСТНОСТЬ ……..……. 58
3.1 Анализ технологического процесса по опасным и вредным факторам……..…. 58
3.2 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда на участке……. 60
3.3 Обеспечение безопасности жизнедеятельности на участке…..... 72

3.3.1 Электробезопасность……. 72
3.3.2 Безопасность при работе с подъемно-транспортными устройствами…… 74
3.3.3 Обеспечение пожарной безопасности…… 76
3.3.4 Взрывоопасность…… 77
4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ ……..…. 79
4.1 Техническое нормирование……..…… 80
4.1.1 Расчет норм времени по операциям……. 80
4.1.2 Расчет норм расхода материалов и энергоносителей…… 84
4.2 Организация производства……..……..... 86
4.2.1 Расчет количества оборудования……..… 86
4.2.2 Расчет количества основных производственных рабочих… 90
4.3 Технико-экономическое обоснование проекта……..... 94
4.3.1 Расчет капитальных вложений……..……... 94
4.3.2 Расчет себестоимости продукции……..... 96
4.4 Экономическое обоснование проекта ……..……..…….. 101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..……. 104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ……...…… 106
ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ ..…….. 108
ПРИЛОЖЕНИЯ
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Комплект документов на технологический процесс ремонта валка кромкострогального стана ……
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Комплект документов на технологический процесс ремонта вкладыша формовочного стана ……..
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Комплект документов на технологический процесс наплавки деталей технологического оборудования .....

ВВЕДЕНИЕ

ПАО «Челябинский трубопрокатный завод» является одной из крупнейших российских компаний-производителей трубной продукции. Входит в десятку крупнейших трубных компаний мира. Группа ЧТПЗ объединяет предприятия и компании черной металлургии, производства магистрального оборудования и нефтесервиса.

ЧТПЗ поставляет продукцию для компаний топливно-энергетического комплекса и других отраслей промышленности на внутренний и экспортный рынки: ЕС, СНГ, Северной Америки, Ближнего Востока.

ЧТПЗ выпускает более 3600 типоразмеров труб диаметром от 20 до 1420 мм. Мощность по выпуску трубной продукции превышает 5 млн. т в год. Завод является производителем электросварных прямошовных труб диаметром 530мм -1420 мм.

С 2015 году введен в действие новый цех по сварке одношовных труб с диаметром 1420 мм. Это осуществилось благодаря тому, что поставщиком штрипса – 5000мм является Магнитогорский меткомбинат.

Рисунок – Президент РФ В.В. Путин на открытии нового стана

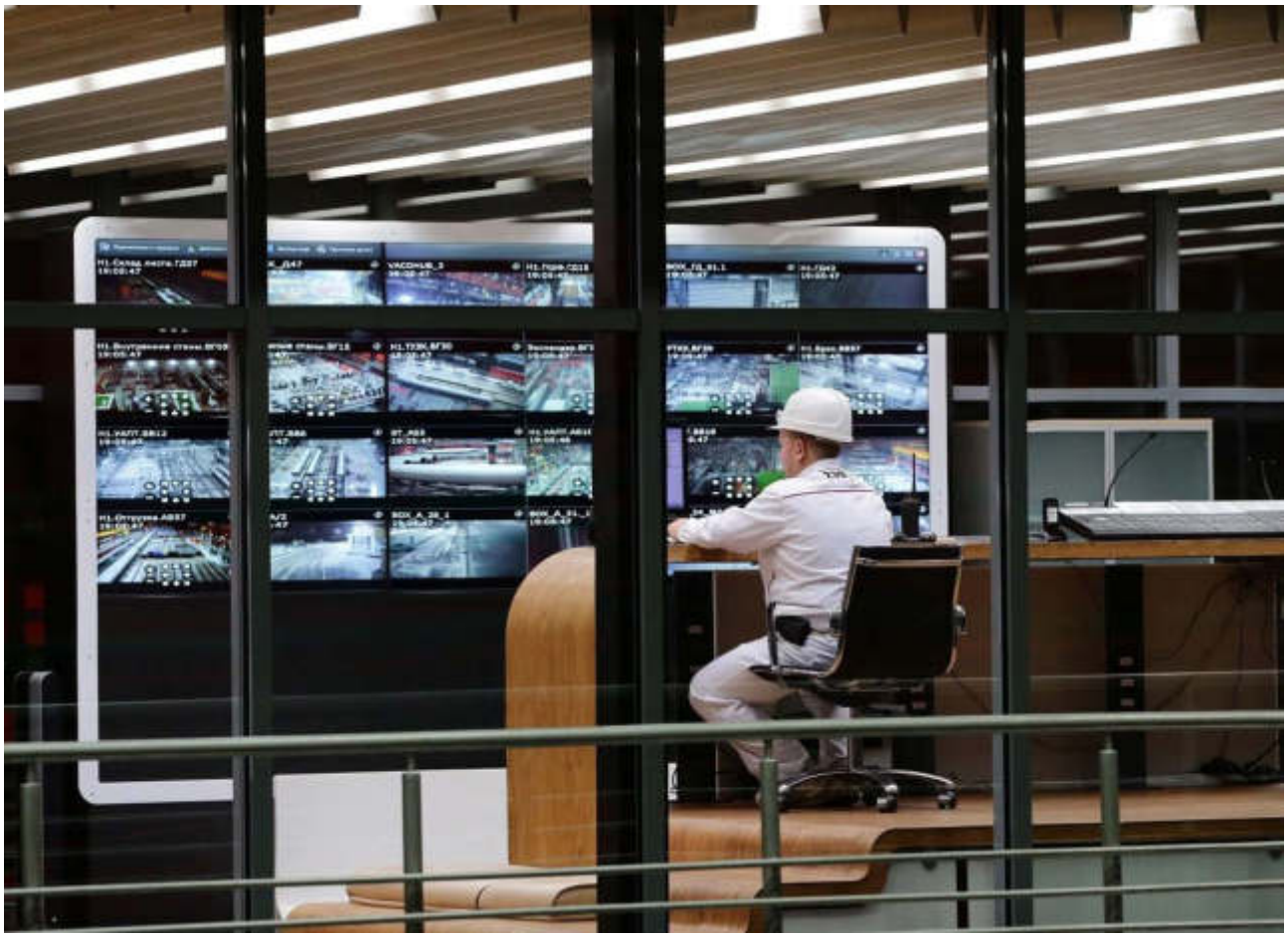

Рисунок - Управление производством на ПАО «ЧТПЗ»

В дипломном проекте рассматриваются ряд усовершенствований в цехе №6, где изготавливаются прямошовные электросварные трубы методом прессовой формовки и автоматической сварки под слоем флюса. Трубы диаметром 530, 720, 820 мм изготавливаются с одним швом, а трубы диаметром 1020 и 1220 мм с двумя продольными швами. Трубы изготавливаются длиной 10,5 - 11, 6 метра с толщиной стенки от 7 до 15,5 мм.

Трубы общего назначения выпускаются по ГОСТ, газонефтепроводные трубы и трубы специального назначения выпускаются по техническим условиям, в которых указываются специальные требования, характерные для эксплуатации этих труб.

Металлической заготовкой для производства электросварных прямошовных труб является листовой металл (штрипс), получаемый с металлургических комбинатов ОАО "Магнитогорский металлургический комбинат", ОАО "Северсталь", ОАО "НОСТА" и ОАО "Новолипецкий

металлургический комбинат". Листовой штрипс для производства труб большого диаметра на металлургических комбинатах подвергается 100% ультразвуковому контролю.

Трубы изготавливаются из сталей классов прочности К - 52, К - 54, К - 55, К - 56, К - 60. Трубы сварные прямошовные изготавливаются из марок стали 17 ГС, 17Г1С, 17Г1СУ, 13ГС, 13Г1С, 13Г1СУ, 12ГСБ, 12Г2СБ, 10ГНБ, 09ГНФБ, 08Г1НФБ, 08ГБЮ, 09ГБЮ, 09ГСФ, Ст 2 - 3 сп, 06 ГФБАА, 10Г1НФБ.

В 6-м цехе также располагается участок по нанесению антикоррозионного покрытия на нефтегазопроводные трубы. Трубы электросварные большого диаметра используются для:

1. Газопроводов низкого давления.
2. Магистральных нефтегазопроводов.
3. Трубопроводов повышенной коррозионной стойкости с увеличенным ресурсом эксплуатации.
4. Нефтегазопроводов в районах Крайнего Севера.
5. Водоводов и тепловых сетей.

В цехе по производству труб большого диаметра существует две технологические линии: на одной производят трубы диаметром до 820 мм (стан 530 - 820), на другой трубы диаметром 1020 - 1220 мм (стан 1220). На стане 530 - 820 трубы изготавливают из одного листа, на стане 1220 из двух листов.

В целях модернизации восстановления основных рабочих деталей стана в дипломном проекте рассматривается применение автоматической наплавки плавящимся электродом под флюсом для деталей технологического оборудования, установленного на ПАО “ЧТПЗ”.

Восстановительная наплавка имеет высокую экономическую эффективность (в среднем не более 25 – 30% стоимости новых деталей [1]). При этом можно производит наплавкой 8-15 циклов ремонта, до замены на новый узел. Срок эксплуатации восстановленных деталей сравним с длительностью использования новых запчастей.

Методом наплавки наносят дополнительные слои металла и сплавов, служащие для получения на поверхности изделий слоя с необходимыми функциональными свойствами. Основной металл обеспечивает необходимую конструкционную прочность, слой наплавленного металла придает особые заданные свойства: износоустойчивость и необходимая твёрдость, термостойкость, коррозионная стойкость и т.д.

Интенсификация производства ведет к ускорению износа основного рабочего инструмента - валков стана. Особенностью валков является высокая металлоемкость, трудоемкость и энергоемкость при их изготовлении

Применение технологии дуговой наплавки плавящимся электродом под флюсом износостойкого слоя металла обеспечивает не только продление их срока службы, но и улучшение эксплуатационных свойств и качества рабочей поверхности.

Предлагается заменить основной металл группы рассматриваемых деталей на низкоуглеродистую конструкционную сталь 20Х с последующей наплавкой износостойким материалом в виде холоднокатаной электродной ленты.

Использование в качестве наплавочного материала холоднокатаной ленты обеспечивает высокую производительность процесса, малую глубину проплавления основного металла, надежность провара наплавляемого валика, устойчивость процесса при меньшей плотности тока [1,2]. Наряду с высокой производительностью формируется однородный по составу и свойствам наплавленный металл. Применение технологии наплавки ленточным электродом обеспечивает получение наплавленного слоя заданных размеров и свойств, высокого качества и с минимальным припуском на последующую механическую обработку.

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем дипломном проекте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности;

ГОСТ 12.2.007.8-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Устройства электросварочные и для плазменной обработки. Требования безопасности;

ГОСТ 12.4.035-78 Система стандартов безопасности труда. Щитки защитные лицевые для электросварщиков. Технические условия. С актуализацией 01.06.2019 году;

ГОСТ 12.4.275-2014 (EN 13819-1:2002) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Общие технические требования;

ГОСТ 15878-79. Контактная сварка. Соединения сварные. Конструктивные элементы и размеры;

ГОСТ 19521-74 Сварка металлов. Классификация;

ГОСТ 2.103-2013 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Стадии разработки (с Поправками);

ГОСТ 2310-77 Молотки слесарные стальные. Технические условия. С актуализацией 01.06.2019 году

ГОСТ 2526-83 Клейма ручные буквенные и цифровые. Типы и основные размеры

ГОСТ 2601-84 Сварка металлов. Термины и определения основных понятий;

ГОСТ 3541-79 Валки стальные кованные для холодной прокатки металлов;

ГОСТ 427-75 Линейки измерительные металлические. Технические

условия

ГОСТ 4543-2016 Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия

ГОСТ 4986-79 Лента холоднокатаная из коррозионно-стойкой и жаростойкой стали;

ГОСТ 5949-75 Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия;

ГОСТ 7211-86 Зубила слесарные. Технические условия. Дата последнего изменения: 12.09.2018.

ГОСТ 7275-75 Ключи гаечные разводные. Технические условия. С актуализацией 01.06.2019 году

ГОСТ 8.417-2002 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Единицы величин. (СИ)

ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали;

ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры;

ГОСТ 9087-81 Флюсы сварочные плавленые. Технические условия;

ГОСТ Р 12.4.213-99 (ИСО 4869-3-89) Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты органа слуха. Противошумы;

ГОСТ Р 52787-2007 (ИСО 5743:2004) Инструмент шарнирно-губцевый. Технические требования;

ГОСТ Р ИСО 17659-2009 "Сварка. Термины многоязычные для сварных соединений";

НПБ 105-95 Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности;

ОСТ 17-830-80 Щетки и кисти технические. Общие технические условия;

СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование (с 01.01.2004 взамен СНиП 2.04.05-91);

СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95;

В настоящем дипломном проекте использованы следующие сокращения:

ЛНК	–	лаборатория неразрушающего контроля;
ПАО	–	публичное акционерное общество;
ОТ	–	охрана труда;
СИ	–	международная система единиц, система единиц физических величин, современный вариант метрической системы;
ЧТПЗ	-	Челябинский трубопрокатный завод
ПДК	-	Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

1 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Анализ базового технологического процесса

Технология изготовления труб на стане 530 – 820.

Технологический процесс производства труб включает в себя следующие производственные операции:

В производстве электросварных прямошовных труб используется листовая заготовка (штрипс). Листовой штрипс поставляется на предприятие в соответствии с техническими условиями или стандартами. Входной контроль осуществляют:

1. На соответствие химического состава и механических свойств штрипса требованиям, указанным в ТУ и ГОСТах на штрипс и сертификатах качества на листовой штрипс;

2. На соответствие геометрических размеров листа, марке стали, номеру плавки.

3. После того, как внешняя приемка проверила качественные параметры и геометрические размеры листового штрипса, дается разрешение на задачу листа в производство. Задача листа происходит по роликам в девятивалковую правильную машину, где происходит правка листа.

4. После правки лист поступает на 12-ти клетьевой кромкострогальный станок УФ - 5016, где происходит строжка кромок листа по длине и снятие фаски на кромках (подготовка кромок листа для сварки). На кромкострогальный станок устанавливают 80 резцов, по 40 с каждой стороны, расположенных попарно, в том числе 74 прямых и 6 угловых.

5. Далее лист поступает на замер ширины.

6. После этого лист поступает на кромкогибочный стан и пресс подгибки кромок ПО - 87. Подгибание кромок листа производится перед предварительной формовкой. Подгибку кромок осуществляют на кромкогибочном стане, состоящем из задающей и трех гибочных клетей.

Задающая клеть служит для задачи сцентрированного листа в гибочные клети, центровка листа осуществляется центрирующими роликами перед задающей клетью. Гибочные клети состоят из трех пар валков с наборными гибочными дисками, производящими последовательную подгибку кромок листа. Скорость подгибки кромок должна быть в пределах 24 - 36 м/мин и обеспечивается технической характеристикой стана.

7. Предварительная формовка труб производится для придания исходной заготовке U - образной формы. Предварительная формовка происходит на прессе предварительной формовки (ПО - 87). На прессе предварительной формовки листу придают U - образную форму. Пресс предварительной формовки состоит из двух сблокированных прессов, траверсы со штампами и роликов гибки, расположенных вдоль траверсы по всей ее длине.

8. После предварительной формовки U - образная заготовка поступает на пресс окончательной формовки (П - 753), где происходит окончательное придание будущей трубе правильного геометрического размера. Сформованная заготовка должна отвечать следующим требованиям:

- Превышение кромок в свободном состоянии заготовки должно быть не более 10 мм.
- Местное искривление кромок заготовки должно быть не более 3 мм.
- Продольные кромки заготовок не должны иметь уступов более 0,5 мм.

Контроль сформованной заготовки производят внешним осмотром поверхности и кромок заготовки.

9. Далее происходит маркировка трубной заготовки на клеймовочной машине. Клеймами наносят маркировку: товарный знак, условное обозначение марки стали, условное обозначение года, номер трубы.

10. После клеймения труба поступает по передаточным и транспортирующим рольгангам на наружный стан для сварки наружного шва 820 .

11. Заготовка поступает на стан наружной сварки (А - 1373), где в соответствии с технологией накладывается один наружный шов.

12. Далее по технологической цепочке труба поступает на стан внутренней сварки, где накладывается внутренний шов. При сварке внутреннего шва обеспечивается провар на глубину не менее 0,6 толщины стенки труб.

13. Далее труба проходит внутреннюю промывку для удаления остатков флюса и шлаковой корки на установках гидросмыва внутренней поверхности труб.

14. Все трубы после очистки внутренней поверхности поступают на ремонтные площадки для контроля качества трубы и сварного шва. Контроль производится внешним осмотром для исправления дефектов основного металла и сварных швов. В журнале ремонтной площадки описывается каждая труба с указанием всех технических параметров.

15. Далее труба поступает на установку воздушно-плазменной резки, где производится отрезка концов труб струей плазмы, образующейся в результате горения потока плазмообразующей газо-воздушной смеси в электрической дуге постоянного тока.

16. Затем труба поступает на фрезерный станок для снятия усиления внутреннего сварного валика шва. Эта операция необходима для того, чтобы при последующем гидроиспытании пуансоны пресса-расширителя плотно соприкасались со стенкой трубы.

17. Далее труба поступает на экспандирование и гидроиспытание на пресс-расширитель. В процессе обработки труб на прессе-расширителе (типа П - 89) осуществляется калибровка концов труб, правка труб раздачей и их гидроиспытание.

18. После гидроиспытаний и экспандирования труба поступает на автоматизированную ультразвуковую установку для проведения неразрушающего контроля сварного шва.

19. После ультразвукового контроля труба поступает на трубоподрезной станок (типа КЖ - 8802 или КЖ 9116Ф1) для обработки торцов труб и снятия фаски. Эта операция производится при неподвижной трубе и вращающихся резцах. Также проводятся механические испытания труб.

20. После прохождения всего технологического процесса труба проходит технический контроль и маркировку. И в готовом виде поступает на склад для отгрузки или на участок по нанесению антикоррозионного покрытия труб.

Сложный процесс изготовления трубы требует технологическую оснастку высокой точности. К такой оснастки детали, которой должны подвергаться замены или ремонту, принадлежат кромкогибочный станок, штамп пресса окончательной формовки и пресс-расширитель. Поэтому постоянно проводится контроль состояния рабочих поверхностей валков кромкогибочного станка и дисков, вкладышей двенадцатиметрового штампа для пресса окончательной формовки, а также деталей пресса-расширителя, на котором происходит экспандирование трубы (конуса, расширительные кольца и др.). Перечисленные детали после износа списывают, заменяют новыми или восстанавливаются.

Проектирование нового технологического процесса начинается с анализа существующего. Рассмотрим процесс изготовления выше перечисленного деталей.

- Вкладыши формовочного стана окончательной формовки изготавливаются из чугуна модифицированного магнием. Вкладыши истираются в результате трения металла о металл в сочетании с высокими контактными нагрузками. При этом образуется пластическая деформация сдвига в сопрягаемых поверхностях, возможны сколы металла, после чего вкладыш бракуется и заменяется на новые. При истирании рабочей поверхности больше допустимого значения вкладыш перетачивается на больший диаметр, а при достижении максимального износа идут на переплавку. Основной задачей

является увеличение срока службы вкладыша при сохранении или улучшении эксплуатационных качеств.

• Валки кромкогибочного стана изготавливаются из инструментальной стали 9Х. В таблице 1.1 приведен химический состав этой стали.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 9Х, % (ГОСТ 3541-79)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
			не более			
0.8 - 0.95	0.25-0.45	0.15-0.40	0.030	0.030	1.40-1.70	≤0.35

Эта сталь обеспечивает высокую износостойкость поверхности, но ее цена достаточно высока. Валки истираются в результате трения металла о металл в сочетании с относительно небольшими контактными нагрузками. При износе, превышающем допустимое значение валки списываются и заменяются новыми. Высокое содержание углерода препятствует восстанавливающей наплавке изношенной поверхности валка. Основной задачей является снижение стоимости валка при сохранении или увеличении срока службы и эксплуатационных качеств.

• Конуса и калибрующие кольца используются при экспандировании трубы. Они изготавливаются из стали 35 и наплавляются порошковой наплавочной проволокой ПП - НП - 35В9Х3СФ под флюсом АН-20С. Химический состав наплавленного слоя приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Химический состав наплавленного слоя металла

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	W	V
			не более					
0.30 - 0.40	0.50-0.80	0.15-0.40	0.030	0.030	2.5-3.5	≤0.35	8.5-9	0.2-0.5

• Диски кромкогибочного стана служат для подгибки кромок листа, идущего затем на операцию формовки. Они изготавливаются из стали 55Х. Это конструкционная среднеуглеродистая сталь. Ее химический состав приведен в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Химический состав стали 55Х, % (ГОСТ 8479-70)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
			не более			
0.51-0.59	0.17-0.37	0.50-0.80	0.035	0.035	0.80-1.10	≤0.25

Диски испытывают большие контактные нагрузки и износ в результате трения их поверхности о металл заготовки. Сталь 55Х имеет среднюю износостойкость. При износе, превышающем допустимое значение диски списываются и заменяются новыми. Сравнительно высокое содержание углерода затрудняет восстанавливающую наплавку изношенной поверхности валка. Основной задачей является снижение стоимости дисков с увеличением срока службы и эксплуатационных качеств.

1.2 Патентный поиск

В рамках данного дипломного проекта был проведен патентный поиск на тему “Способы наплавки” по журналу “Сварочное производство”, «Сварка и диагностика» и бюллетеню “Изобретения” за 1997-2018 г.г..

• 2087282

МКИ 6 В 23 К 9/04; В 23 Р 6/02

“Способ восстановления изношенных поверхностей деталей машин”

Юдин Н.С.

Способ восстановления изношенных поверхностей деталей машин, при котором полосу металла, непрерывно поджимаемую роликом, приваривают к вращающейся детали, при этом источник нагрева помещают между деталью и полосой и образуют на поверхности восстанавливаемой детали сварочную ванну путем расплавления источником нагрева поверхностного слоя детали, полосу нагревают тем же источником, в процессе поджатия полосу и полученный металл прослойки пластически деформируют, отличающийся тем, что в зоне приварки создают дополнительную пластическую деформацию в виде сдвига соединяемого металла путем торможения ролика.

- 2089361

МКИ 6 В 23 К 9/04

“Способ наплавки трущихся и уплотнительных поверхностей износостойкими материалами”

Шуляковский О.Б., Гусев Р.И., Венков В.В., Добриков Н.И., Шевелкин В.И., Шанин Е.Н.

Способ наплавки трущихся и уплотнительных поверхностей износостойкими материалами, при котором производят предварительный подогрев детали, процесс наплавки ведут на обратной полярности от источника постоянного тока, после завершения наплавки деталь охлаждают,

а) отличающийся тем, что наплавку осуществляют не менее чем в 3 слоя при толщине каждого слоя не менее 2 мм и ширине каждого наплавленного валика не более 25 мм, а общая толщина наплавки составляет не менее 5 мм;

б) отличающийся тем, что используются медные или графитовые накладки для предотвращения растекания наплавляемого металла.

- 2090326

МКИ 6 В 23 К 13/01

“Способ индукционной наплавки”

Зайченко Ю.А.

Способ индукционной наплавки преимущественно изделий замкнутого контура, включающий нагрев изделия, нанесение на него шихты, имеющей в своем составе ферромагнитные составляющие, предварительное спекание шихты ее флюсовой частью на поверхности изделия и последующую наплавку, отличающийся тем, что изделие нагревают до нанесения на него шихты до 300-400 ºС, формуют шихту в соответствии с геометрической формой изделия, а наплавку производят последовательно, размещая жидкую ванну в горизонтальной плоскости.

- 2093329

МКИ 6 В 23 К 25/00; В 22 D 23/10; С 22 В 9/18

“Способ электрошлаковой наплавки и устройство для его осуществления”

Забаровский В.Х.

а) Способ электрошлаковой наплавки, включающий нагрев и подачу наплавляемого материала под слоем флюса в зазор между водоохлаждаемым кокилем и наплавляемой поверхностью с образованием ванны присадочного материала и последующим охлаждением наплавленного слоя, отличающийся тем, что ванну присадочного материала, материал в зазоре между индуктором и наплавляемой поверхностью дополнительно нагревают вихревыми токами.

б) Устройство для электрошлаковой наплавки, содержащее водоохлаждаемый кокиль, индуктор и охладитель, отличающееся тем, что индуктор выполнен со слоем электротермоизносостойкой изоляции, толщина которой h для ведения прямого нагрева равна или меньше 0.35Δ, где Δ - горячая глубина проникновения вихревых токов, и вмонтирован в нижнюю часть кокиля, а охладитель установлен за индуктором, при этом рабочие поверхности индуктора и охладителя расположены от наплавляемой поверхности на расстоянии, равном толщине наплавляемого слоя.

- 2122928

МКИ 6 В 23 К 11/06

“Способ электроконтактной наплавки”

Петров С.Ю., Аксенов Ю.Н., Дубровский В.А., Булычев В.В.

Способ электроконтактной наплавки, при котором через присадочный материал пропускают сварочный ток для его нагрева в зоне контакта с деталью, деформируют роликовым электродом и приваривают, при этом, роликовый электрод-токопровод и присадочный материал-токопровод вводят соответственно токоподвод осуществляется к детали и роликовому электроду, отличающийся тем, что осуществляют дополнительный токоподвод к присадочному материалу, а в электрические цепи деталь-токопровод регуляторы тока.

Проанализировав вышеперечисленные способы наплавки, частично используется способ, изложенный в патенте № 2089361.

1.3 Выбор способа наплавки

Выбор способа наплавки заключается в сравнении нескольких различных способов наплавки и выбору их них оптимального для данных условий. Все данные сведены в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Сравнение способов наплавки

Сравниваемый показатель	Способы наплавки			
	Под флюсом		В защитных газах	Открытой дугой электродной проволокой с защитным покрытием
	электродной лентой	электродной проволокой		
Внешний вид валика	хороший	хороший	средний	средний

Окончание таблицы 1.4

Проплавление основного металла	минимальное	относительно большое	относительно большое	относительно большое
Потери на угар и разбрызгивание	практически отсутствуют	небольшие	5-15%	до 10%
Выгорание легирующих элементов	минимальное	минимальное	повышенное	среднее
Зачистка швов	необходимо полное удаление шлаковой корки перед каждым проходом	необходимо полное удаление шлаковой корки перед каждым проходом	не требуется	необходимо полное удаление шлаковой корки перед каждым проходом
Наблюдение за сварочной ванной	затруднено	затруднено	не затруднено	средне

При выборе сравнительных показателей для наплавки электродной лентой пользовались источником [4]. Проанализировав вышеперечисленные способы, выбирается наплавка электродной лентой под флюсом.

1.4 Предлагаемый технологический процесс восстановления изношенных поверхностей

- Вкладыши

Предлагается заменить материал вкладышей формовочного стана с чугуна на сталь 20Х, так как наплавка на чугунный вкладыш сталкивается с непреодолимыми трудностями [1,2,3]. Сталь 20Х обладает хорошими пластическими и прочностными свойствами, легко поддается обработке

резанием, имеет хорошую свариваемость и относительно недорога. Химический состав этой стали приведен в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Химический состав стали 20Х, % (ГОСТ 4543-2016)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
			не более				
0.17-0.22	0.17-0.37	0.50-0.90	0.035	0.035	0.70-1.30	≤0.25	≤0.20

При подборе материала для наплавки в целях увеличения износостойкости было учтено влияние основных легирующих элементов на свойства наплавленного металла. Данные об этом приведены в таблице 1.6 [2].

Таблица 1.6 – Влияние легирующих элементов на механические свойства

При увеличении содержания	Сопротивляемость износу	Твердость	Сопротивляемость ударным нагрузкам
C	сильно возрастает	сильно возрастает	сильно снижается
Mn	слегка возрастает	сильно возрастает	слегка возрастает
Ni	почти не влияет	слегка возрастает	возрастает
Cr	сильно возрастает	сильно возрастает	слегка возрастает

Выбирается наплавка электродной лентой 20Х23Н18 (ГОСТ 4986-79) под флюсом АН-20С. Химический состав наплавленного металла приведен в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Химический состав электродной ленты 20Х23Н18, % (ГОСТ 5949-75)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
			не более			
0.2	0.1	2,0	0.02	0.035	22.0-25.0	17.0-20.0

Флюс АН-20С – это низкокремнистый, безмарганцовистый флюс. Он обеспечивает высокую стабильность горения дуги, малую склонность к порам, отличное формирование наплавленного металла. Шлаковая корка хорошо отделяется при температуре t=450ºС. Этот флюс выпускается на ПАО «ЧТПЗ» как в стекловидном состоянии, так и пемзовидном. Так как для наплавки применяется электродная лента, то выбирается пемзовидный флюс /1,2/. Химический состав флюса АН-20С приведен в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Химический состав флюса АН-20С, % (ГОСТ 9087-81)

SiO_2	MnO	CaF_2	Al_2O_3	CaO	MgO	K_2O	FeO	S	P
							не более		
19.0-24.0	≤0.5	25.0-33.0	27.0-32.0	3.0-9.0	9.0-13.0	2.4-3.0	1.0	0.08	0.05

Наплавленный металл имеет однофазную аустенитную структуру. Стойкость наплавленного металла против коррозии очень высокая, что очень важно, так как в процессе работы, для уменьшения трения, вкладыши поливаются водой. Так как аустенитная сталь является немагнитной, то к рабочей поверхности вкладыша не будут прилипать металлические частицы, образующиеся при формовке листа, что предотвращает задиры на поверхности вкладыша, тем самым, увеличивая срок службы вкладыша и улучшая внешний вид трубной заготовки.

При износе, превышающем допустимые пределы, вкладыш подвергается механической обработке и дальнейшей наплавке. Вкладыш закрепляется в приспособлении, сконструированном в рамках данного дипломного проекта, которое устанавливается на наплавочной установке УМН-4М и позволяет позиционировать вкладыш во время наплавки. Механическая обработка вкладыша выполняется на участке механической обработки и в данном проекте не рассматривается.

- Валки

Предлагается заменить сталь 9Х на сталь 20Х с последующей наплавкой электродной лентой 30ХГСА под флюсом АН-20С. Свойства этой стали и ее химический состав рассмотрены выше. Химический состав металла, наплавленного электродной лентой 30ХГСА приведен в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Химический состав электродной ленты 30ХГСА, % (ГОСТ 5949-75)

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni
			не более			
0.28-0.34	0.9-1.2	0.8-1.1	0.025	0.025	0.8-1.1	0.3

Химический состав флюса АН-20С и его характеристики приведены выше. Наплавленный при оптимальных скоростях охлаждения металл приобретает твердость от 40 до 50 Rc, хорошую красностойкость и износостойкость [1,2]. Поскольку специальные карбиды выделяются преимущественно вблизи границ столбчатых кристаллов, где произошла кристаллизация карбидной эвтектики, а игольчатый троостит сохраняет ориентацию аустенита, то вторичная структура наплавленного металла подобна первичной в отношении направленности главной массы кристаллов. Ориентировка кристаллов по нормали к рабочей поверхности способствует повышению износостойкости и является весьма благоприятной [2,3].

Перед наплавкой валок протачивается на токарном станке модели 165 для снятия старого наплавленного слоя. Для создания оптимальной температуры охлаждения валок, непосредственно перед наплавкой и во время ее, подогревается с помощью индуктора. Наплавка производится по винтовой линии. После завершения наплавки валок транспортируется обратно на токарный станок для обточки наплавленного слоя металла до размеров указанных в чертеже.

- Конуса и кольца

Предлагается заменить сталь 35 на сталь 20Х, а порошковую проволоку ПП-НП-35В9Х3СФ – на электродную ленту 30ХГСА ГОСТ 4986-79. Химические составы металла наплавленного с помощью этих материалов приведены ранее. Использование стали 20Х объясняется более широким интервалом допустимых скоростей охлаждения, чем у стали 35. Применение электродной ленты обусловлено меньшим проплавлением основного металла и, соответственно, более стабильным химическим составом наплавленного металла. Перед наплавкой конуса и кольца обрабатываются на токарном станке для снятия остатков старого наплавленного слоя. Затем детали подогреваются в газовой печи, установленной на спроектированном участке, и наплавляются на наплавочной установке УМН-4М. После наплавки детали снова проходят механическую обработку на токарном станке для обточки наплавленных поверхностей до необходимых размеров.

- Диски

Предлагается заменить сталь 55Х на сталь 20Х с последующей наплавкой электродной лентой 30ХГСА под флюсом АН-20С. При этом увеличивается износостойкость поверхности и появляется возможность повторной многократной наплавки. Так же как и предыдущие детали, диски механически обрабатываются до и после наплавки. Перед наплавкой диски подогреваются в печи.

1.4.1 Неразрушающий контроль наплавленных поверхностей деталей

Все вышеперечисленные детали подвергаются контролю качества. После механической обработки детали проверяются на соответствие заданным геометрическим размерам. Во время и после наплавки детали подвергаются визуальному осмотру, с целью обнаружения пор и трещин в наплавленном слое металла. При этом использовали руководящий документ РД 03-606-03 (Инструкция по визуальному и измерительному контролю). После окончательной механической обработки детали поступают на место для контроля качества. Проверяется соответствие геометрических размеров деталей с заданными на чертежах. Все изделия подвергаются стопроцентному люминесцентно-цветному контролю с целью обнаружения поверхностных трещин и ультразвуковому контролю для обнаружения пор, неметаллических включений и несплавлений с основным металлом [5,6,7].

- Люминесцентно-цветной метод

Задача капиллярной (пенетрационной) дефектоскопии заключается в обнаружении поверхностных дефектов при использовании средств, позволяющих изменить светоотдачу дефектных участков. Тем самым искусственно изменяют контрастность дефектного и неповрежденного мест.

Капиллярная дефектоскопия базируется в основном на следующих явлениях: капиллярном проникновении, сорбции и диффузии, световом и цветовом контрастах. Заполнение дефектных полостей, открытых с поверхности, специальными свето- и цветоконтрастными индикаторными веществами – первый этап капиллярной дефектоскопии. Микроскопическое сечение и макроскопическая протяженность поверхностных дефектов уподобляют их капиллярным сосудам, обладающим своеобразной особенностью всасывать смачивающие их жидкости под действием капиллярных сил [7]

Люминесцентно-цветной метод представляет собой сочетание люминесцентного и цветного в диффузном варианте. Для получения наибольшей

чувствительности деталь осматривают в ультрафиолетовом свете кварцевых ламп типа ПРК-2 и ПРК-4 со стеклами УФС-3-4, а для пониженной чувствительности в дневном свете. При этом применяют особые дефектоскопические материалы, именуемые аэро. Используют слабо концентрированный раствор спирто-водорастворимого красного флуорокрасителя в смеси спирта и неионогенного поверхностно-активного вещества. В качестве проявляющего лака применяют флуоресцирующее в ультрафиолетовом свете, быстросохнущее белое пигментированное покрытие. Проявляющее покрытие образует твердый раствор, светящийся в ультрафиолетовом освещении красным светом, а в дневном свете, дающий видимый красный свет. Индикаторная жидкость смывается водой.

С помощью этого метода можно обнаружить трещины минимальным размером: раскрытие – до 2 мкм, глубина – 10-15 мкм, длина – до 0.2 мм [6,7]

- Ультразвуковой метод

Методы ультразвукового контроля основаны на исследовании процесса исследования упругих колебаний с частотой 0.5-25МГц в контролируемых изделиях. В общей схеме ультразвукового контроля сварки акустическое поле источника (излучателя) распространяется в объеме материала контролируемого изделия. При наличии дефекта акустическое поле изменяет свою структуру. За дефектом имеется “тень” и поверхность дефекта отражает ультразвуковые колебания. Регистрируя с помощью приемника ослабление акустической волны или появление отраженной акустической волны, можно судить о наличии дефектов в сварном шве.

Признаком обнаружения дефекта при ультразвуковом контроле является прием эхо-сигнала, амплитуда которого превышает заданный уровень, от отражателя, расположенного в металле шва. Для получения информации о выявленных дефектах используют следующие основные измеряемые характеристики дефекта: максимальную амплитуду эхо-сигнала от дефекта,

координаты расположения дефекта в шве, условные размеры дефекта, количество дефектов на определенной длине шва или единице площади [6,7]

Для контроля используется поперечная волна частотой 7.5 МГц. Чувствительность при этой частоте составляет 0.8 мм.

Аппаратом для ультразвукового контроля является ультразвуковой дефектоскоп – прибор, предназначенный для излучения ультразвуковых колебаний, приема и регистрации отраженных сигналов, а также для определения координат выявленных несплошностей. Эхо-сигналы регистрируют, как правило, по экрану электронно-лучевой трубки, на котором в определенном масштабе воспроизводится ход ультразвукового луча в контролируемом объекте.

1.5 Расчет режимов наплавки электродной лентой

1.5.1 Расчет режимов наплавки вкладыша

Расчет производится из условия обеспечения минимально допустимой плотности тока в электроде. Наплавка ведется электродной лентой размерами *100х0.5мм* из стали 20Х23Н18 по ГОСТ 4986-79. Минимально допустимая плотность тока в электродной ленте таких размеров равна $j=15А/мм^2$ [1,2]. Исходя из этого, находится сила сварочного тока:

$$I_{св} = j \cdot F_э = 50 \cdot 15 = 750\,А; \qquad (1.1)$$

где $I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

j – плотность тока, $А/мм^2$;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, $мм^2$,

$$F_э = b \cdot S = 100 \cdot 0.5 = 50\,мм^2; \qquad (1.2)$$

где b – ширина ленты, *мм*;

S – толщина ленты, *мм*.

Напряжение находится /1, 2/ в зависимости от силы тока. Напряжение на дуге равно *U=37 В.*

Скорость подачи электродной ленты рассчитывается по формуле [8]:

$$v_{ш} = \frac{\alpha_р \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_э \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 0.5 \cdot 7.85} = 1.06 \frac{см}{с} = 38.2 \frac{м}{ч}, \quad (1.3)$$

где $\alpha_р$ - коэффициент расплавления ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [1,2]);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала (γ *=7.85 г/см*^{3}).

Скорость наплавки рассчитывается по формуле:

$$v_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_н \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 2.6 \cdot 7.85} = 0.204 \frac{см}{с} = 7.35 \frac{м}{ч}, \quad (1.4)$$

где $\alpha_н$ - коэффициент наплавки ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [1,2]) (принимаем равными коэффициенты расплавления и наплавки, так как наплавка под слоем флюса и потери на угар минимальны [1,2,8];

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного слоя металла, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала (γ *=7.85 г/см*^{3}).

Склонность стали 20Х к холодным трещинам можно определить косвенным методом – определением $C_{экв}$.

$$C_{экв} = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{Mo}{13} = 0.20 + \frac{0.7 + 1.0}{9} + \frac{0.25}{18} = 0.40. \quad (1.5)$$

Так как $C_{экв} < 0.45$, то данная сталь не склонна к холодным трещинам при оптимальных скоростях охлаждения. Для стали 20Х диапазон допустимых скоростей охлаждения составляет $v_{охл} = 2 \div 20 \, ^\circ C/c$ [3].

Расчет скорости охлаждения точек, находящихся на оси валика, наплавленного на массивное тело:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_n} = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.08 \cdot \frac{(730 - 20)^2}{29400} = 9^\circ C/c, \quad (1.6)$$

где ω - скорость охлаждения, $^\circ C/c$;

λ - коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0.08 \frac{кал}{см \cdot с}$);

T – мгновенная температура при которой вычисляется скорость охлаждения. ($T = 730^\circ C$ - температура наименьшей устойчивости аустенита, т.к. от нее зависит микроструктура наплавленного металла);

T_o – температура предварительного подогрева, ºС;

q_n – погонная энергия, *кал/см*:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U \cdot \eta \cdot 0.24}{v_{св}} = \frac{750 \cdot 37 \cdot 0.9 \cdot 0.24}{0.204} = 29400 \frac{кал}{см},$$

где q_n – погонная энергия, *кал/см;*

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

U – напряжение на дуге, *В*;

η - эффективный к.п.д. процесса нагрева;

$v_{св}$ – скорость наплавки, *см/с*.

Рассчитанная скорость охлаждения металла (1.6) не выходит за рамки допустимых скоростей охлаждения, делается вывод, что при соблюдении рассчитанных параметров режима холодные трещины возникать не будут.

Склонность стали 20Х к горячим трещинам можно определить с помощью критерия Вилкинса-Котрэлла [8] . Если параметр HCS не более 4, то сталь не склонна к горячим трещинам.

$$HCS = \frac{C \cdot \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right)}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \cdot 10^3 = \frac{0.20 \cdot \left(0.035 + 0.035 + \frac{0.27}{25} + \frac{0.25}{100} \right)}{3 \cdot 0.9 + 1.3} \cdot 10^3 = 3.8 . \quad (1.7)$$

Так как *HCS <4*, то данная сталь не склонна к возникновению горячих трещин (1.7).

Вследствие высокого легирования, склонность стали 20Х23Н18 к появлению холодных трещин оценивается по рекомендациям в литературе [1,2,8] и практическим изысканиям. Сталь 20Х23Н18 в данном конкретном случае холодным трещинам не подвержена.

Склонность стали 20Х23Н18 к горячим трещинам можно определить косвенным методом – с помощью критерия Вилкинса-Котрэлла для высоколегированным сталей. Если параметр HCS не более 1.6-2.0, то сталь не склонна к горячим трещинам.

$$HCS = \frac{C \cdot \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right)}{3 \cdot Mn + Cr + Mo + V} \cdot 10^3 = \frac{0.2 \cdot \left(0.02 + 0.035 + \frac{0.1}{25} + \frac{20}{100} \right)}{3 \cdot 2 + 25} \cdot 10^3 = 0.345 \qquad (1.8)$$

Так как $HCS < 1.6$, то возникновение горячих трещин не происходит (1.8).

1.5.2 Расчет режима наплавки валка

Наплавка ведется электродной лентой размерами *60х0.5мм* из стали 30ХГСА. Из рекомендаций /1, рис.126/ оптимальная сила тока для данного диаметра валка (*350мм*) составляет $I_{св}=450A$. Исходя из этого находится плотность тока:

$$j = \frac{I_{св}}{F_э} = \frac{450}{30} = 15 \frac{A}{мм^2},$$

где j – плотность тока, $А/мм^2$;

$I_{св}$ – сварочный ток, $А$;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, $мм^2$:

$$F_э = b \cdot S = 60 \cdot 0.5 = 30\, мм^2;$$

где b – ширина ленты, *мм*;

S – толщина ленты, *мм*.

Расчетная плотность тока удовлетворяет требованиям на минимально допустимую плотность тока в электроде ($j_{min}=15А/мм^2$).

Напряжение находится /1, рис.124/ в зависимости от силы тока. Напряжение на дуге равно *U=33 В.*

Скорость подачи электродной ленты рассчитывается по формуле:

$$v_{ш} = \frac{\alpha_р \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_э \cdot \gamma} = \frac{18 \cdot 450}{3600 \cdot 0.3 \cdot 7.85} = 0.96 \frac{см}{с} = 34.6 \frac{м}{ч}, \qquad (1.8)$$

где $\alpha_р$ - коэффициент расплавления ($\alpha_р = 18 \frac{г}{А \cdot ч}$);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, *см²*;

γ - плотность наплавляемого материала ($\gamma = 7.85$ *г/см³*).

Скорость наплавки рассчитывается по формуле:

$$v_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_н \cdot \gamma} = \frac{18 \cdot 450}{3600 \cdot 1.6 \cdot 7.85} = 0.18 \frac{см}{с} = 6.45 \frac{м}{ч},$$

где $\alpha_н$ - коэффициент наплавки ($\alpha_р = 18 \frac{г}{А \cdot ч}$);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного слоя металла, *см²*;

γ - плотность наплавляемого материала ($\gamma = 7.85$ *г/см³*).

Расчет скорости охлаждения точек, находящихся на оси валика, наплавленного на массивное тело:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_п} = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.08 \cdot \frac{(730 - 20)^2}{16830} = 15 ^\circ C/с, \qquad (1.9)$$

где ω - скорость охлаждения, $^\circ C/с$;

λ - коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0.08 \frac{кал}{см \cdot с}$);

T – мгновенная температура, при которой вычисляется скорость охлаждения. ($T = 730^\circ C$ - температура наименьшей устойчивости аустенита, т.к. от нее зависит микроструктура наплавленного металла);

$T_о$ – температура предварительного подогрева, ºС;

$q_п$ – погонная энергия, *кал/см*:

$$q_n = \frac{I_{св} \cdot U \cdot \eta \cdot 0.24}{v_{св}} = \frac{450 \cdot 33 \cdot 0.85 \cdot 0.24}{0.18} = 16830 \frac{кал}{см},$$

где q_n – погонная энергия, *кал/см;*

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

U – напряжение на дуге, *В*;

η - эффективный к.п.д. процесса нагрева;

$v_{св}$ – скорость наплавки, *см/с*.

Согласно [1] диапазон допустимых скоростей охлаждения у стали 30ХГСА составляет 10-30°С/с [3]. Также, склонность стали 30ХГСА к холодным трещинам можно определить косвенным методом – определением $C_{экв}$.

$$C_{экв} = C + \frac{Mn + Cr}{9} + \frac{Ni}{18} + \frac{Mo}{13} = 0.40 + \frac{0.4 + 2.7}{9} + \frac{0.35}{18} = 0.76 . \qquad (1.10)$$

Так как $C_{экв} > 0.45$, то данная сталь склонна к холодным трещинам. (1.10) Для избежания их возникновения необходимо применение предварительного подогрева. Температуру предварительного подогрева можно определить используя выражение:

$$T_{ш} = 350 \cdot \sqrt{C_э \cdot (1 + 0.005 \cdot \delta) - 0.25} = 350 \cdot \sqrt{0.76 \cdot (1 + 0.005 \cdot 7.5) - 0.25} = 260°C, \quad (1.11)$$

но практически, исходя из опыта, существующего на заводе, для избежания возникновения холодных трещин рекомендуется подогрев до Т=300 °С. При слишком малой скорости охлаждения (<5 °С/с) распад аустенита происходит в области температур от 600 до 800°С, с образованием перлита, значительным укрупнением карбидных частиц. При рассчитанной скорости охлаждения появление горячих трещин маловероятно.

Большое значение для формирования слоя, наплавленного на тело вращения, имеет правильный выбор смещения с зенита, то есть расстояние от зенита наплавляемой поверхности до оси электрода. Форма сечения наплавленного валика зависит от того, как уравновешиваются давление дуги и гидростатическое давление жидкой ванны. Если наплавляемый участок

поверхности наклонен в ту же сторону, куда перемещается дуга, уровень жидкого металла в кратере повышается. Расплавленный металл как бы вытесняет дугу. Глубина провара уменьшается, ширина наплавленного валика увеличивается, и он приобретает наиболее благоприятную форму. Величина смещения с зенита должна быть примерно равна длине сварочной ванны, которая зависит от тока, напряжения, температуры изделия и пр. При наплавке деталей диаметром от 250 до 800 мм смещение электрода с зенита устанавливают от 20 до 40 мм. [1]. Так как для наплавки используется электродная лента, длина сварочной ванны у которой меньше чем у проволоки, то выбирается смещение электрода против направления вращения на 15 мм.

1.5.3 Расчет режима наплавки кольца

Расчет производится из условия обеспечения минимально допустимой плотности тока в электроде. Наплавка ведется электродной лентой размерами *45*х*1мм* из стали 30ХГСА. Минимально допустимая плотность тока в электродной ленте таких размеров равна $j=15А/мм^2$ [1,2]. Исходя из этого находится сила сварочного тока:

$$I_{св} = j \cdot F_э = 45 \cdot 15 = 675\,А;$$

где $I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

j – плотность тока, $А/мм^2$;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, $мм^2$,

$$F_э = b \cdot S = 45 \cdot 1 = 45\,мм^2;$$

где b – ширина ленты, *мм*;

S – толщина ленты, *мм*.

Напряжение находится /1, рис.124/ в зависимости от силы тока. Напряжение на дуге равно *U=36 В.*

Скорость подачи электродной ленты рассчитывается по формуле:

$$v_{пп} = \frac{\alpha_р \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_э \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 675}{3600 \cdot 0.45 \cdot 7.85} = 1.06 \frac{см}{с} = 38.2 \frac{м}{ч}, \quad (1.12)$$

где $\alpha_р$ - коэффициент расплавления ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [2]);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала (γ =*7.85 г/см*^{3}).

Скорость наплавки рассчитывается по формуле:

$$v_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_н \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 675}{3600 \cdot 1.2 \cdot 7.85} = 0.4 \frac{см}{с} = 14 \frac{м}{ч}, \quad (1.13)$$

где $\alpha_н$ - коэффициент наплавки ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [2]);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного слоя металла, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала (γ =*7.85 г/см*^{3}).

Расчет скорости охлаждения точек, находящихся на оси валика, наплавленного на массивное тело:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_п} = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.08 \cdot \frac{(730 - 20)^2}{13100} = 18 ^\circ C/с, \quad (1.14)$$

где ω - скорость охлаждения, $^\circ C/с$;

λ - коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0.08 \frac{кал}{см \cdot с}$);

T – мгновенная температура при которой вычисляется скорость охлаждения. ($T = 730^\circ C$ - температура наименьшей устойчивости аустенита, т.к. от нее зависит микроструктура наплавленного металла);

$T_о$ – температура предварительного подогрева, ºС;

$q_п$ – погонная энергия, *кал/см*:

$$q_п = \frac{I_{св} \cdot U \cdot \eta \cdot 0.24}{v_{св}} = \frac{675 \cdot 36 \cdot 0.9 \cdot 0.24}{0.4} = 13100 \frac{кал}{см},$$

где q_n – погонная энергия, *кал/см;*

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

U – напряжение на дуге, *В*;

η - эффективный к.п.д. процесса нагрева;

$v_{св}$ – скорость наплавки, *см/с*.

Рассчитанная скорость охлаждения металла не выходит за рамки допустимых скоростей охлаждения для стали 20Х, делается вывод, что при соблюдении рассчитанных параметров режима холодные трещины в ней возникать не будут.

Склонность стали 30ХГСА к холодным и горячим трещинам рассмотрена (1.10) в пункте 1.5.2. Принимается температура предварительного подогрева – $T_{пп}$=*300 °C*.

Выбирается смещение электрода против направления вращения на 25 мм.

1.5.4 Расчет режима наплавки конуса

Наплавка ведется электродной лентой размерами *60х0.5мм* из стали 30ХГСА. Плотность тока в электродной ленте принимается равной j=*25А/мм*^{2} [2]. Исходя из этого находится сила сварочного тока:

$$I_{св} = j \cdot F_э = 30 \cdot 25 = 750\,A;$$

где $I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

j – плотность тока, *А/мм*^{2};

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, *мм*^{2},

$$F_э = b \cdot S = 60 \cdot 0.5 = 30\,мм^2;$$

где b – ширина ленты, *мм*;

S – толщина ленты, *мм*.

Напряжение находится /1, рис.124/ в зависимости от силы тока. Напряжение на дуге равно *U=37 В*.

Скорость подачи электродной ленты рассчитывается по формуле:

$$v_{пп} = \frac{\alpha_р \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_э \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 0.3 \cdot 7.85} = 1.77 \frac{см}{с} = 63.7 \frac{м}{ч}, \quad (1.15)$$

где $\alpha_р$ - коэффициент расплавления ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [2]);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала (γ =*7.85 г/см*^{3}).

Скорость наплавки рассчитывается по формуле:

$$v_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_н \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 1.6 \cdot 7.85} = 0.33 \frac{см}{с} = 11.9 \frac{м}{ч}, \quad (1.16)$$

где $\alpha_н$ - коэффициент наплавки ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [2]);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного слоя металла, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала (γ =*7.85 г/см*^{3}).

Расчет скорости охлаждения точек, находящихся на оси валика, наплавленного на массивное тело:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_п} = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.08 \cdot \frac{(730 - 20)^2}{18100} = 14.8 \, ^\circ C/с, \quad (1.17)$$

где ω - скорость охлаждения, $^\circ C/с$;

λ - коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0.08 \frac{кал}{см \cdot с}$);

T – мгновенная температура при которой вычисляется скорость охлаждения. ($T = 730^\circ C$ - температура наименьшей устойчивости аустенита, т.к. от нее зависит микроструктура наплавленного металла);

$T_о$ – температура предварительного подогрева, ºС;

$q_п$ – погонная энергия, *кал/см*:

$$q_п = \frac{I_{св} \cdot U \cdot \eta \cdot 0.24}{v_{св}} = \frac{750 \cdot 37 \cdot 0.9 \cdot 0.24}{0.33} = 18100 \frac{кал}{см},$$

где $q_п$ – погонная энергия, *кал/см;*

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

U – напряжение на дуге, *В*;

η - эффективный к.п.д. процесса нагрева;

$v_{св}$ – скорость наплавки, *см/с*.

Рассчитанная скорость охлаждения металла не выходит за рамки допустимых скоростей охлаждения для стали 20Х, делается вывод, что при соблюдении рассчитанных параметров режима холодные трещины в ней возникать не будут.

Склонность стали 30ХГСА к холодным и горячим трещинам рассмотрена в пункте 1.5.2. Принимается температура предварительного подогрева – $T_{пп}$=*300* ^{o}C. Выбирается смещение электрода против направления вращения на 20 мм.

1.5.5 Расчет режима наплавки дисков

Расчет производится из условия обеспечения минимально допустимой плотности тока в электроде. Наплавка ведется электродной лентой размерами *100х0.5мм* из стали 30ХГСА. Минимально допустимая плотность тока в электродной ленте таких размеров равна j=*15А/мм*^{2} [1,2]. Исходя из этого находится сила сварочного тока:

$$I_{св} = j \cdot F_э = 50 \cdot 15 = 750 A;$$

где $I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

j – плотность тока, *А/мм*^{2};

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, *мм*^{2},

$$F_э = b \cdot S = 100 \cdot 0.5 = 50 мм^2;$$

где b – ширина ленты, *мм*;

S – толщина ленты, *мм*.

Напряжение находится /1, рис.124/ в зависимости от силы тока. Напряжение на дуге равно $U=37$ *В*.

Скорость подачи электродной ленты рассчитывается по формуле:

$$v_{ш} = \frac{\alpha_р \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_э \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 0.5 \cdot 7.85} = 1.06 \frac{см}{с} = 38.2 \frac{м}{ч}, \quad (1.18)$$

где $\alpha_р$ - коэффициент расплавления ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [2]);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_э$ – площадь поперечного сечения электрода, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала ($\gamma = 7.85$ *г/см*^{3}).

Скорость наплавки рассчитывается по формуле:

$$v_{св} = \frac{\alpha_н \cdot I_{св}}{3600 \cdot F_н \cdot \gamma} = \frac{20 \cdot 750}{3600 \cdot 2.6 \cdot 7.85} = 0.204 \frac{см}{с} = 7.35 \frac{м}{ч}, \quad (1.19)$$

где $\alpha_н$ - коэффициент наплавки ($\alpha_р = 20 \frac{г}{А \cdot ч}$, [2]);

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

$F_н$ – площадь поперечного сечения наплавленного слоя металла, *см*^{2};

γ - плотность наплавляемого материала ($\gamma = 7.85$ *г/см*^{3}).

Расчет скорости охлаждения точек, находящихся на оси валика, наплавленного на массивное тело:

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot \lambda \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_п} = 2 \cdot 3.14 \cdot 0.08 \cdot \frac{(730 - 20)^2}{29400} = 9 \, ^\circ C/с, \quad (1.20)$$

где ω - скорость охлаждения, $^\circ C/с$;

λ - коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0.08 \frac{кал}{см \cdot с}$);

T – мгновенная температура при которой вычисляется скорость охлаждения. ($T = 730°C$ - температура наименьшей устойчивости аустенита, т.к. от нее зависит микроструктура наплавленного металла);

T_o – температура предварительного подогрева, °С;

q_n – погонная энергия, *кал/см*:

$$q_{п} = \frac{I_{св} \cdot U \cdot \eta \cdot 0.24}{v_{св}} = \frac{750 \cdot 37 \cdot 0.9 \cdot 0.24}{0.204} = 29400 \frac{кал}{см},$$

где q_n – погонная энергия, *кал/см;*

$I_{св}$ – сварочный ток, *А*;

U – напряжение на дуге, *В*;

η - эффективный к.п.д. процесса нагрева;

$v_{св}$ – скорость наплавки, *см/с*.

Рассчитанная скорость охлаждения металла не выходит за рамки допустимых скоростей охлаждения для стали 20Х, делается вывод, что при соблюдении рассчитанных параметров режима холодные трещины в ней возникать не будут.

Склонность стали 30ХГСА к холодным и горячим трещинам рассмотрена в пункте 1.5.2. Принимается температура предварительного подогрева – $T_{пп}$=*300 °С*. Выбирается смещение электрода против направления вращения на 15 мм.

Для всех деталей шаг наплавки на 5мм меньше ширины ленты.

Все рассчитанные параметры режимов сведены в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Параметры режимов наплавки

Деталь	Размер ленты, мм	Сварочный ток, А	Напряжение на дуге, В	Скорость подачи ленты, м/час	Скорость наплавки, м/час	Температура подогрева, °С	Смещение от зенита, мм
Вкладыш	100х0.5	750	37	38.2	7.35	–	–
Валок	60х0.5	450	33	34.6	6.45	300	15
Кольцо	45х1	675	36	38.2	14	300	25
Конус	60х0.5	750	37	63.7	11.9	300	20
Диски	100х0.5	750	37	38.2	7.35	300	15

1.6 Выбор оборудования

В качестве источника питания при наплавке деталей используется сварочный выпрямитель ВДУ-1202. Он выполнен по шестифазной схеме выпрямления с тиристорным регулированием по первичной стороне трансформатора. Выпрямитель обеспечивает высокий уровень стабилизации напряжения и тока, дистанционное регулирование, простой переход с одного вида характеристик на другой.

Техническая характеристика ВДУ-1202:

Напряжение питающей однофазной сети частотой 50 или 60Гц, В	380
Номинальный сварочный ток при ПВ=100%, А	1250
Пределы регулирования тока, А	250-1250
Номинальное рабочее напряжение, В	56
Пределы регулирования напряжения, В	24-56
Потребляемая мощность, кВА	120

Габаритные размеры, мм	1150x700x950
Масса, кг	590

Для наплавки деталей выбирается наплавочная установка УМН-4М. Она предназначена для восстановления или упрочнения рабочих поверхностей деталей наплавкой. Детали, имеющие форму тел вращения, закрепляются в центрах манипулятора. Плоские детали, размещаются на плоском столе. Установка оснащена автосварочным аппаратом А-384-МК, предназначенного для автоматической поверхностной наплавки под флюсом порошковой электродной проволокой диаметром 3-3.5мм, обычной электродной проволокой диаметром 3-6мм или лентой шириной 20-100мм и толщиной 0.2-1.2мм тел вращения и плоских поверхностей. А-384-МК оснащен флюсоотсосом для сбора неотработанного флюса.

Техническая характеристика наплавочной установки УМН-4М:

Максимальный диаметр наплавляемых деталей, мм	1000
Максимальная длина наплавляемых деталей, мм	3000
Максимальный вес наплавляемой детали при установке,	
а) на планшайбе манипулятора	1000
б) в центрах манипулятора	4000
в) на передвижном столе	1000
Максимальный угол наклона планшайбы, град	120
Габариты, мм:	
длина	7500
ширина	2400
высота	3400
Общий вес наплавочной установки с	не более 8000

Наплавочный аппарат А-384-МК:

Скорость продольного перемещения:	
рабочая, мм/мин	0.855-13.2
маршевая, м/мин	1.0263

Скорость вертикального перемещения сварочного	29.14
Скорость подачи электрода, м/ч	28.5-225
Манипулятор:	
Диаметр планшайбы, мм	1000
Скорость вращения шпинделя, об/мин	0.9-0.1
Скорость наклона шпинделя, град/мин	33
Задняя бабка:	
Скорость перемещения, м/мин	2.4
Ход пиноли, мм	150
Перемещение пиноли	ручное

В качестве источника питания для индуктора принимается высокочастотный генератор ВЧГ2-160/66. Он предназначен для преобразования электрической энергии промышленной частоты в высокие частоты и использование этих частот в различных технологических операциях.

Технические данные высокочастотного генератора ВЧГ2-160/66:

Напряжение питающей сети, В	380
Мощность, кВт	160
Потребляемая мощность, кВт, не более	240
Диапазон рабочих частот, кГц	2.4-66
Масса, кг	2550
Габариты, мм:	
длина	800
ширина	700
высота	1000

В качестве комплектующего изделия к высокочастоному генератору ВЧГ2-160/66 применяется анодный трансформатор ТВМА-160/10. Он может быть использован в качестве повышающего трансформатора до напряжения 10000 В. Имеет принудительное охлаждение водой.

Технические данные анодного трансформатора ТВМА-160/10:

Напряжение питающей сети, В	380
Мощность, кВт	160
Трансформируемое напряжение, кВ	10
Масса, кг	850
Габариты, мм:	
длина	700
ширина	600
высота	1000

Для выполнения ультразвукового контроля выбирается небольшой, высокоэффективный микропроцессорный дефектоскоп USM 25 фирмы Krautkremer. Дефектоскоп сертифицирован Госстандартом РФ. Он имеет следующие отличительные особенности:

- малый вес и небольшие габариты
- скоростной высокоэффективный жидко-кристаллический индикатор: большой угол обзора и оптимальная контрастность при любых условиях освещения
- легко усваиваемая концепция управления прибором с использованием двух вращающихся ручек
- встроенная память и последовательный интерфейс RC232
- функция оптимизации протокола

Основные технические характеристики:

Частотный диапазон, МГц	0.5-15, 3 поддиапазона
Диапазон калибровки по глубине, мм	0-9999+10%
Скорость звука, м/с	1000-15000
Смещение сигнала, мм	10-1024
Регулировка усиления, дБ	0-110 (ступенями 0.5/1/2/8/12 дБ), дополнительная плавная регулировка
Частота следования импульсов, Гц	8-1000 (10 положений регулирования)

Форма представления эхо-сигналов	двухполупериодное детектирование + детектирование по положительной и отрицательной полуволне
Отсечка, %	от 0 до 80% высоты шкалы экрана
Оценка параметров эхо-сигналов	измерение пути прохождения и разницы расстояний по фронту сигнала, измерение амплитуды сигнала в % от высоты экрана
Индикатор	жидко-кристаллический (96х72 мм)
Питание	от 4-х Ni-Cd аккумуляторов или от сети

2 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ

В конструкторском разделе приведен расчет основных геометрических размеров индуктора и режима его работы. Индуктор предназначен для нагрева валка кромкострогального стана посредством токов высокой частоты. Выделяемое при этом в теле валка тепло нагревает его поверхность до температуры 300ºС на глубину не менее 2 мм. Проектируемый индуктор методического действия, он расположен на тележке наплавочной установки, и во время наплавки он движется перед сварочной головкой, синхронно с ней. Так как во время работы индуктор нагреваемся до высокой температуры, то выбирается схема с водоохлаждаемым индуктирующим проводом. Подвод воды осуществляется от цехового водопровода с помощью резиновых или полиэтиленовых шлангов. Давление в водопроводе должно быть не менее $2 \cdot 10^5$ Па. Общая жесткость воды должна быть не выше 20 мг-экв/л. Количество механических примесей в ней не более 20 мг/л, иначе трубка индуктора будет быстро покрываться солями и засорится. Винты изготавливаются из немагнитной стали. Во избежание перегрева индуктора и электрических потерь на нем, все токоведущие элементы должны изготавливаться из меди М1.

Конструкция индуктора показана на сборочном чертеже 15.03.01.20.144.12.00.СБ. Индуктор выполнен разъемным, что позволяет производить закрепление валка в наплавочной установке без снятия полностью всего индуктора. Съемным выполнено верхнее полукольцо индуктирующего провода (позиция 2). Для лучшего охлаждения оно выполнено из трех прямоугольных трубок, соединенных друг с другом на концах полукольца так, что образуется замкнутый контур, по которому и движется охлаждающая вода. После установки валка в манипулятор верхнее полукольцо 2 устанавливается на нижнюю часть индуктора, центрируется с помощью винтов 15 и закрепляется, для чего скоба 10, закрепленная на нижнем кронштейне 9, накидывается на

верхний кронштейн 8 и вращая упорный винт 16 прижимает верхний кронштейн 8 к нижнему кронштейну 9.

2.1 Расчет индуктора

Для расчета параметров индуктора задаются несколько параметров [9]:

1. Глубина нагретого до температуры 300ºС слоя – $x_к$=*3мм*;
2. Диаметр нагреваемого изделия – D_2=*350мм*;
3. Ширина нагреваемой полосы a_3=*60мм*;
4. Удельная мощность p_o=*110Вт/см*^{2};
5. Размеры шин: b_1=*65мм*, b_2=*300мм*, l_1=*50мм*, l_2=*100мм*, $h_ш$=*4мм*, $d_ш$=*3мм*. (схема индуктора на рисунке 2.1)

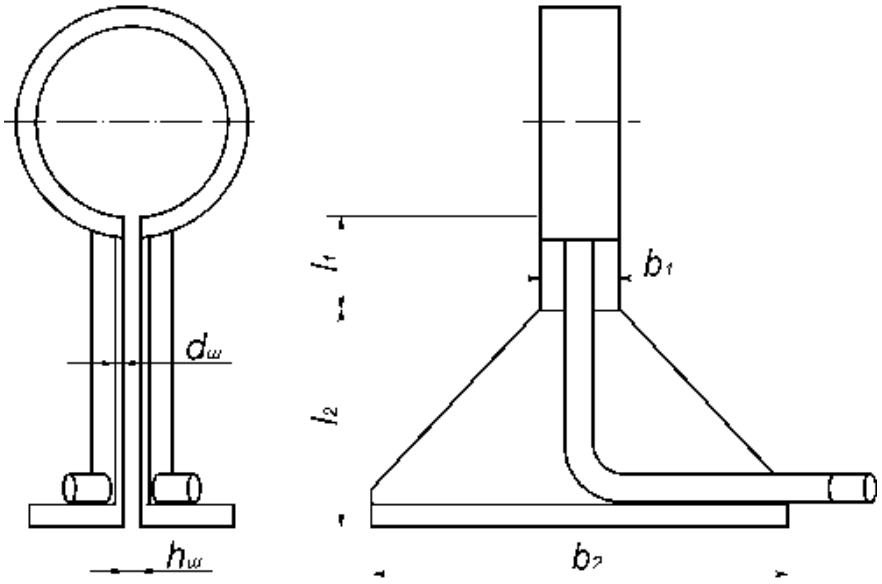

Рисунок 2.1 – Схема индуктора

- Выбор рабочей частоты индуктора

Рекомендуемый диапазон частот равен: $\frac{300}{x_к^2} \le f \le \frac{2500}{x_к^2}$, выбирается *f=4000Гц*.

- Расчет внутреннего диаметра индуктора:

$$D_1 = D_2 + 2 \cdot h = 0.35 + 2 \cdot 0.008 = 0.366\,м \qquad (2.1)$$

- Определение токонесущей стенки индуктивного провода:

$$d_1 = 1.6 \cdot \Delta_1 = 1.6 \cdot 0.14 = 0.224\,см \approx 2.5\,мм \qquad (2.2)$$

- Определение ширины индуктора:

$$a_1 = v \cdot t = 0.323 \cdot 0.2 = 0.0646\,м \approx 65\,мм; \qquad (2.3)$$

где v – скорость движения индуктора по детали, м/ч;

t – время нагрева участка детали, ч.

- Определение удельной мощности индуктора с учетом потерь на излучение, конвекцию и охлаждение водой:

$$p_0' = p_0 + \Delta p = 110 + 45 = 155\,Вт / см^2,$$

где Δp - удельные потери,

$$\Delta p = p_и + p_к + p_в = 5 + 8 + 32 = 45\,Вт / см^2,$$

где $p_и$ – потери на излучение, $Вт/см^2$;

$p_к$ – потери на конвекцию, $Вт/см^2$;

$p_в$ – потери на охлаждение индуктора водой, $Вт/см^2$.

- Определение магнитной проницаемости:

$$\mu_e \approx \frac{B}{\mu_0 \cdot H_e}, \text{ но эту формулу можно переписать в виде:}$$

$$H_e^2 \cdot \sqrt{\mu_e} = 3.67 \cdot 10^2 \cdot \frac{p_0'}{\sqrt{\rho \cdot f}} = 3.67 \cdot 10^2 \cdot \frac{15.5 \cdot 10^5}{\sqrt{2 \cdot 10^{-7} \cdot 4000}} = 2 \cdot 10^{10},$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление стали при “холодном” режиме нагрева (температура нагрева ниже точки магнитных превращений - 750ºС) по рисунку 3-5 [9] определяются H_e и μ_e: H_e=47А/м; $\mu_e = 2$.

- Определение активного и внутреннего реактивного сопротивления нагреваемого слоя:

$$r_2 = 1.37 \cdot \frac{\pi \cdot D_2 \cdot \rho_2}{a \cdot \Delta_2} = 1.37 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.35 \cdot 2 \cdot 10^{-7}}{0.065 \cdot 2.5 \cdot 10^{-3}} = 3.7 \cdot 10^{-3}\,Ом; \qquad (2.4)$$

$$\Delta_2 = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho_2}{\mu_e \cdot f}} = 503 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 4000}} = 2.5 \cdot 10^{-3}\,м;$$

$$x_{2м} \approx \frac{r_2}{1.37} = \frac{3.7 \cdot 10^{-3}}{1.37} = 2.7 \cdot 10^{-3}\,Ом.$$

- Определение реактивного сопротивления детали

$$x_o = \frac{x_{10} \cdot k_1}{1 - k_1} = \frac{5.11 \cdot 10^{-2} \cdot 0.3}{1 - 0.3} = 2.19 \cdot 10^{-2}\ Ом,$$

где x_{10} - реактивное сопротивление отрезка a_1 пустого индуктора;

$$x_{10} = \frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot S_1}{a_1} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4000 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot \pi \cdot 0.366^2}{4 \cdot 0.065} = 5.11 \cdot 10^{-2}\ Ом;$$

k_1 - поправочный коэффициент, учитывающий магнитное сопротивление обратного замыкания. $k_1 = f(D_1/a_1)$ - находится из рисунка 5-6 [9], $k_1 = 0.3$;

S_1 – площадь окна индуктора.

- Определение реактивности рассеяния индуктора

$$x_S = \frac{\omega \cdot \mu_0 \cdot (S_1 - S_2)}{a_2} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4000 \cdot 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \left(0.366^2 - 0.35^2\right)}{4 \cdot 0.065} = 1.39 \cdot 10^{-3}\ Ом;$$

- Коэффициент приведения активного сопротивления детали

$$c = \frac{1}{\left(\frac{r_2}{x_0}\right)^2 + \left(1 + \frac{x_S + x_{2м}}{x_o}\right)^2} = \frac{1}{\left(\frac{3.7 \cdot 10^{-3}}{2.19 \cdot 10^{-2}}\right)^2 + \left(1 + \frac{1.39 \cdot 10^{-3} + 2.7 \cdot 10^{-3}}{2.19 \cdot 10^{-2}}\right)^2} = 0.63;$$

- Приведенное активное сопротивление детали

$$r_2' = c \cdot r_2 = 0.63 \cdot 3.7 \cdot 10^{-3} = 2.33 \cdot 10^{-3}\ Ом;$$

- Приведенное реактивное сопротивление вторичной цепи

$$x_2' = c \cdot \left[x_S + x_{2м} + \frac{(x_S + x_{2м})^2 + r_2^2}{x_o} \right] = 3.06 \cdot 10^{-3}\ Ом;$$

- Активное и внутреннее реактивное сопротивление индуктирующего провода

$$r_{1И} = \frac{\rho_1 \cdot \pi \cdot D_1}{a_1 \cdot d_1} = \frac{2 \cdot 10^{-8} \cdot 3.14 \cdot 0.366}{0.065 \cdot 0.0025} = 1.42 \cdot 10^{-7}\ Ом, \qquad (2.5)$$

где D_1 - расчетный диаметр индуктора;

ρ_1 - удельное сопротивление меди при температуре 60ºС.

$$\frac{d_1}{\Delta_1} = \frac{0.0025}{0.00112} = 2.23;$$

$$\Delta_1 = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho_1}{f}} = 503 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-8}}{4000}} = 1.12 \cdot 10^{-3}\ м$$

$k_r = k_x = 2.23$ - коэффициенты увеличения активного и внутреннего реактивного сопротивлений соответственно, определяются из графика 5-9 [9].

$$r_1 = r_{1П} \cdot k_r = 1.42 \cdot 10^{-7} \cdot 2.23 = 3.17 \cdot 10^{-7}\ Ом;$$

$$x_{1м} = r_{1П} \cdot k_x = 1.42 \cdot 10^{-7} \cdot 2.23 = 3.17 \cdot 10^{-7}\ Ом;$$

- Определение эквивалентных активного, реактивного и полного сопротивлений индуктора

$$r_э = r_1 + r_2^{/} = 3.17 \cdot 10^{-7} + 2.33 \cdot 10^{-3} = 2.33 \cdot 10^{-3}\ Ом;$$

$$x_э = x_{1м} + x_2^{/} = 3.17 \cdot 10^{-7} + 3.06 \cdot 10^{-3} = 3.06 \cdot 10^{-3}\ Ом;$$

$$z_э = \sqrt{x_э^2 + r_э^2} = \sqrt{(2.33 \cdot 10^{-3})^2 + (3.06 \cdot 10^{-3})^2} = 3.85 \cdot 10^{-3}\ Ом.$$

- Определение мощности выделяемой индуктором

$$P_T = \pi \cdot D_2 \cdot a \cdot p_0^{/} = 3.14 \cdot 0.35 \cdot 0.065 \cdot 15.5 \cdot 10^5 = 110 кВт\ ; \qquad (2.6)$$

- Определение тока в индукторе

$$I_и = \sqrt{\frac{P_T}{r_2^{/}}} = \sqrt{\frac{110 \cdot 10^3}{2.33 \cdot 10^{-3}}} = 6870 A \approx 6.9 кА; \qquad (2.7)$$

- Определение напряжения на индуктирующем проводе индуктора

$$U_и = I_и \cdot z_э = 6870 \cdot 3.85 \cdot 10^{-3} = 26.4 B;$$

где $I_и$ - ток в индукторе;

$z_э$ - полное эквивалентное сопротивление индуктора.

- Расчет активного сопротивления шин

$$r_{шк} = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot l_k \cdot k_r}{d_ш \cdot b_k^{/}};\quad r_ш = \sum_{k=1}^{n} r_{шк}\ ;$$

$$\frac{d_ш}{\Delta_1} = \frac{0.003}{0.0012} = 2.5\ ;\quad k_r = 2.5\ ;$$

$$b_2' = \frac{b_1 + b_2}{2} = \frac{0.06 + 0.3}{2} = 0.18\,м;$$

$$r_{ш1} = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot l_1 \cdot k_r}{d_ш \cdot b_1} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0.05 \cdot 2.5}{0.003 \cdot 0.065} = 2.78 \cdot 10^{-5}\,Ом;$$

$$r_{ш2} = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot l_2 \cdot k_r}{d_ш \cdot b_1'} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0.1 \cdot 2.5}{0.003 \cdot 0.18} = 1.85 \cdot 10^{-5}\,Ом;$$

$$r_ш = r_{ш1} + r_{ш2} = 2.78 \cdot 10^{-5} + 1.85 \cdot 10^{-5} = 4.63 \cdot 10^{-5}\,Ом.$$

- Расчет реактивного сопротивления шин

$$x_{шk} = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot l_k \cdot k_x}{d_ш \cdot b_k'} + \frac{7.9 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot h_ш \cdot l_k}{b_k'}; \quad x_ш = \sum_{k=1}^{n} x_{шk}; \quad k_x = 2.5;$$

$$x_{ш1} = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot l_1 \cdot k_x}{d_ш \cdot b_1} + \frac{7.9 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot h_ш \cdot l_1}{b_1} =$$
$$= \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0.05 \cdot 2.5}{0.003 \cdot 0.065} + \frac{7.9 \cdot 10^{-6} \cdot 4000 \cdot 0.004 \cdot 0.05}{0.065} = 3.57 \cdot 10^{-5}\,Ом;$$

$$x_{ш2} = \frac{2 \cdot \rho_1 \cdot l_2 \cdot k_x}{d_ш \cdot b_1'} + \frac{7.9 \cdot 10^{-6} \cdot f \cdot d_ш \cdot l_2}{b_1'} =$$
$$= \frac{2 \cdot 2 \cdot 10^{-8} \cdot 0.05 \cdot 2.5}{0.003 \cdot 0.18} + \frac{7.9 \cdot 10^{-6} \cdot 4000 \cdot 0.004 \cdot 0.05}{0.18} = 1.19 \cdot 10^{-5}\,Ом;$$

$$x_ш = x_{ш1} + x_{ш2} = 3.57 \cdot 10^{-5} + 1.19 \cdot 10^{-6} = 4.76 \cdot 10^{-5}\,Ом.$$

- Определение активного, реактивного и полного сопротивлений индуктора

$$r_и = r_э + r_ш = 2.33 \cdot 10^{-3} + 4.63 \cdot 10^{-5} = 2.37 \cdot 10^{-3}\,Ом;$$

$$x_и = x_э + x_ш = 3.06 \cdot 10^{-3} + 4.76 \cdot 10^{-5} = 3.11 \cdot 10^{-3}\,Ом;$$

$$z_и = \sqrt{x_и^2 + r_и^2} = \sqrt{\left(2.37 \cdot 10^{-3}\right)^2 + \left(3.11 \cdot 10^{-3}\right)^2} = 3.91 \cdot 10^{-3}\,Ом. \qquad (2.8)$$

- Определение полного к.п.д. индуктора

$$\eta = \eta_и \cdot \eta_t;$$

где $\eta_и$ - электрический к.п.д.;

$$\eta_и = \frac{r_2'}{r_и} = \frac{2.33 \cdot 10^{-3}}{2.37 \cdot 10^{-3}} = 0.983;$$

η_t - термический к.п.д.;

$$\eta_t = \frac{p_0}{p_0'} = \frac{110}{155} = 0.71;$$

$$\eta = \eta_и \cdot \eta_t = 0.983 \cdot 0.71 = 0.7$$

- Определение коэффициента мощности индуктора

$$\cos\varphi = \frac{r_и}{z_и} = \frac{2.37}{3.91} = 0.606$$

- Определение мощности подводимой к индуктору

$$P_и = \frac{P_T \cdot 10^{-3}}{\eta_и} = \frac{110}{0.7} = 157\,кВт \qquad (2.9)$$

- Определение напряжения на индукторе

$$U_и = I_и \cdot z_и = 6870 \cdot 3.91 \cdot 10^{-3} = 26.9\,В \approx 27\,В \qquad (2.10)$$

- Определение количества охлаждающей воды

$$W = \frac{0.24 \cdot \Delta P}{T_2 - T_1} \cdot 10^{-3} = \frac{0.24 \cdot 24.2}{30} \cdot 10^{-3} = 1.94 \cdot 10^{-4}\ \frac{м^3}{с};$$

где ΔP - полное количество тепла, нагревающего индуктор;

$$\Delta P = P_и \cdot \left(\frac{1}{\eta} - 1\right) = 59.3 \cdot \left(\frac{1}{0.71} - 1\right) = 24.2\,кВт;$$

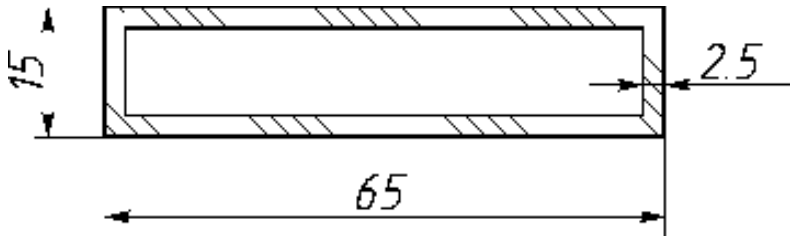

Рисунок 2.2 – Сечение трубки индуктора

T_1 и T_2 - температура воды на входе и выходе индуктора, $T_1 = 20^oC$, $T_2 = 50^oC$.

- Определение площади сечения трубки

$$S = \frac{W}{v} = \frac{1.94 \cdot 10^{-4}}{1} = 194\,мм^2,$$

где v - скорость воды, принимается равной $v = 1\frac{м}{сек}$.

Выбирается прямоугольная трубка со следующими размерами:

Эффективное охлаждение происходит при турбулентном характере движения воды в трубке, поэтому выполняется проверка на турбулентность по критерию Рейнольдса.

$$\mathrm{Re} = \frac{v \cdot D_o}{\mu'} > 2300;$$

где D_o - гидравлический эквивалент диаметра;

$$D_o = \frac{4 \cdot S}{F} = \frac{4 \cdot 1.94 \cdot 10^{-4}}{14 \cdot 10^{-2}} = 0.0055 м;$$

F - внутренний периметр трубки, участвующий в теплообмене. $F = 56 мм$.

$\mu`$ - кинематическая вязкость воды. Определяется в зависимости от температуры воды, $\mu' = 0.5 \cdot 10^{-6} \frac{м^2}{сек}$.

2.2 Конструирование приспособления для закрепления вкладышей

Приспособление для вкладышей необходимо для закрепления в нем вкладыша формовочного стана и позиционирования его относительно головки наплавочного аппарата, установленного на наплавочной установке УМН-4М. Так как наплавка производится по образующей вкладыша, то после каждого наплавленного валика его необходимо повернуть для того, чтобы следующий наплавляемый валик находился в нижнем положении.

Конструкция приспособления и его размеры показаны на чертеже 15.03.01.20.144.08.00.СБ. Вкладыш устанавливается на опорные планки 3 и зажимается в приспособлении с помощью упорных планок 6, 7, шпилек 16, болтов 12 и гаек 13. Хвостовик 2 приспособления закрепляется в планшайбе

манипулятора наплавочной установки и, с его помощью вращается на необходимый угол. Обечайка 4 приспособления вращается на роликах 1, установленных на направляющих рельсах наплавочной установки и закрепленных на них болтами 11.

3 ОХРАНА ТРУДА, ПРОМЫШЛЕННАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСТНОСТЬ

3.1 Анализ технологического процесса по опасным и вредным факторам

Согласно статье 209 Трудового Кодекса РФ, охрана труда—это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности,

При проектировании участка наплавки одной из главных задач является создание здоровых и безопасных условий труда.

В разработанном технологическом процессе применяется электродуговая наплавка под слоем флюса. При данном способе наплавки к вредным производственным факторам относятся [10,11,12]:

- повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны. Серьезным потенциально опасным фактором является загрязнение воздушной среды в цехе пылью (сварочным аэрозолем) и газами. При сварке нагретые до высокой температуры и поэтому более легкие, чем окружающий воздух, пары металла, компонентов электродного покрытия или других сварочных материалов поднимаются над местом сварки и попадают в зону температур одного порядка с окружающим воздухом, поэтому быстро конденсируются и затвердевают. Образуется твердая фаза частиц сварочной пыли – аэрозоль конденсации. Загрязнение воздушной среды сварочным аэрозолем, содержащим мелкодисперсную пыль, газы, пары приводит к профессиональным заболеваниям сварщиков – силикоз, интоксикация марганцем. Это приводит к тяжелым поражениям органов дыхания и нервной системы, вплоть до параличей. Можно отметить, что концентрация аэрозоля, окислов марганца и других токсичных веществ в зоне дыхания сварщиков-автоматчиков зависят от состава и степени измельчения флюса, конфигурации свариваемых изделий, направления воздушных потоков в

здании. Исследования показали большую эффективность применения флюсоотсосов при автоматической сварке и наплавке;

- опасные уровни напряжения в электрических цепях. При эксплуатации электрического оборудования возникает опасность поражения электрическим током. Это могут быть ожоги, металлизация, электроудар при прикосновении к токоведущим частям, остановка сердца. Вследствие больших величин сварочного тока дуговой разряд является источником мощного электромагнитного поля, которое может привести к нарушениям функционирования внутренних органов и головного мозга;
- наличие предметов с высокой температурой поверхности. Нагретые до высокой температуры поверхности изделия или оборудования, шлаковая корка, брызги и выбросы расплавленного металла могут привести к ожогам различной степени тяжести, также создают опасность возникновения пожара;
- движущиеся машины и механизмы, перемещающие грузы и изделие, незащищенные подвижные элементы сварочного оборудования и оснастки могут привести к ушибам, увечьям людей, вывести из строя установки.
- излучение сварочной дуги: видимые лучи ослепляют, так как их яркость превышает физиологически допустимую дозу; ультрафиолетовые лучи могут вызвать электроофтальмию; инфракрасные лучи, обладая главным образом тепловым эффектом, могут вызвать перегрев организма;
- наличие источников повышенной яркости вызывает необходимость частой переадаптации зрения, недостаточное освещение рабочего места может вызвать утомление глаз, снижение внимания, работоспособности;
- неблагоприятный микроклимат может вызвать перегрев или переохлаждение организма рабочего, влиять на самочувствие, функциональное состояние, здоровье человека;
- высока вероятность возникновения пожаров, ожогов, так как на участке находится много нагретых до высокой температуры предметов;

- существует вероятность взрыва природного газа, применяемого при подогреве деталей;
- нерациональная планировка участка может вызвать опасность столкновений грузовых тележек с рабочими или оборудованием, вызвать трудности при эвакуации, передвижении по участку.

3.2 Обеспечение санитарно-гигиенических условий труда на участке

Вентиляция (от лат. ventilatio — проветривание) — процесс удаления отработанного воздуха из помещения и замена его наружным.

Системы вентиляции должны обеспечить в сборочно-сварочных цехах и на участках микроклимат (температуру, относительную влажность и скорость движения воздуха) в соответствии с СНиП 2.04.05-86, а также содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88.

Участки сварки и наплавки следует снабжать местными и общеобменными механическими вентиляционными установками. Наиболее эффективным средством вентиляции являются местные отсосы, обладающие по сравнению с общеобменной вентиляцией следующими преимуществами [10,11]:

- локализуя вредные вещества непосредственно в зоне их образования, они предотвращают распространение их по всему объему производственного помещения;
- благодаря близкому расположению к источнику вредных выделений местные отсосы могут удалять их с помощью минимальных объемов воздуха, что имеет большое экономическое преимущество по сравнению с общеобменной вентиляцией.

В данном дипломном проекте используется местный отсос, закрепленный на головке наплавочной установки. При наплавке под слоем флюса вредные

компоненты выделяются с некоторым запаздыванием, что объясняется постепенной фильтрацией вредных веществ через слой нерасплавленного флюса. Практически выделение вредных веществ имеет место, пока температура остывающего металла выше 300°С. кроме выделения аэрозоля и газов непосредственно от наплавленного металла, процесс наплавки под флюсом сопровождается поступлением в атмосферу цеха флюсовой пыли (аэрозоля дезинтеграции), образующейся путем истирания частиц флюса при транспортировках и пересыпках. Уборка неиспользованного флюса производится флюсоотсосом.

При наплавке под флюсом расход воздуха, удаляемого местным отсосом, может быть определен по формуле:

$$L_м = k \cdot \sqrt[3]{I_{св}} = 16 \cdot \sqrt[3]{750} = 145 \, {}^{м^3}\!/_{ч}, \qquad (3.1)$$

где $L_м$ – объем воздуха, удаляемый при наплавке под флюсом, *м³/ч*;

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

k – опытный коэффициент (k = 16 – для отсоса, применяемого в проекте).

Расход воздуха, подаваемого в помещение системой общеобменной вентиляции находится по формуле:

$$L_{пр} = L_м + \frac{Z - L_м \cdot (C_{р.з.} - C_{пр})}{C_{уд} - C_{пр}}, \qquad (3.2)$$

где $L_{пр}$ – расход воздуха, *м³/ч*;

$L_м$ – расход воздуха, удаляемого из рабочей зоны системой местной вентиляции, *м³/ч*;

Z – количество вредных веществ, поступающих в помещение, *мг/ч*;

$C_{р.з.}$, $C_{пр}$, $C_{уд}$ – концентрации вредных веществ соответственно в воздухе рабочей зоны, в приточном и удаляемом воздухе, *мг/м³*.

Определяется количество сварочной аэрозоли Z, выделяемой из флюса, мг/ч по формуле:

$$Z_ф = 1000 \cdot m_ф \cdot Z_{фв}, \quad (3.3)$$

где $m_ф$ – масса расходуемого флюса (m = 10.5 кг/ч);

$Z^{п}_{фв}$ – удельные выделения пыли (для флюса $Z^{п}_{фв} = 0.45\ {}^{Г}\!/_{КГ}$);

$Z^{MnO_2}_{фв}$ - удельные выделения MnO_2 (для флюса $Z^{MnO_2}_{фв} = 0.013\ {}^{Г}\!/_{КГ}$);

$Z^{HF}_{фв}$ - удельные выделения HF (для флюса $Z^{HF}_{фв} = 0.042\ {}^{Г}\!/_{КГ}$)

$$Z^{п}_{ф} = 1000 \cdot 10.5 \cdot 0.45 = 4725\ {}^{МГ}\!/_{Ч},$$

$$Z^{MnO_2}_{ф} = 1000 \cdot 10.5 \cdot 0.013 = 136.5\ {}^{МГ}\!/_{Ч},$$

$$Z^{HF}_{ф} = 1000 \cdot 10.5 \cdot 0.042 = 441\ {}^{МГ}\!/_{Ч}.$$

Определяется количество сварочной аэрозоли Z, выделяемой из электродной ленты, мг/ч по формуле:

$$Z_л = 1000 \cdot m_л \cdot Z_{лв}, \quad (3.4)$$

где $m_л$ – масса расходуемой электродной ленты (m = 15 кг/ч);

$Z^{п}_{лв}$ – удельные выделения пыли (для электродной ленты $Z^{п}_{лв} = 9\ {}^{Г}\!/_{КГ}$);

$Z^{MnO_2}_{лв}$ - удельные выделения MnO_2 (для электродной ленты $Z^{MnO_2}_{лв} = 1.2\ {}^{Г}\!/_{КГ}$);

$Z^{CrO_3}_{лв}$ - удельные выделения CrO_3 (для электродной ленты $Z^{CrO_3}_{лв} = 0.15\ {}^{Г}\!/_{КГ}$);

$Z^{Cr_2O_3}_{лв}$ - удельные выделения Cr_2O_3 (для электродной ленты $Z^{Cr_2O_3}_{лв} = 0.18\ {}^{Г}\!/_{КГ}$);

$Z^{соедSi}_{лв}$ - удельные выделения Cr_2O_3 (для электродной ленты $Z^{соедSi}_{лв} = 0.8\ {}^{Г}\!/_{КГ}$);

$$Z^{п}_{л} = 1000 \cdot 15 \cdot 9 = 135000\ {}^{МГ}\!/_{Ч},$$

$$Z^{MnO_2}_{л} = 1000 \cdot 15 \cdot 1.2 = 18000\ {}^{МГ}\!/_{Ч},$$

$$Z^{CrO_3}_{л} = 1000 \cdot 15 \cdot 0.15 = 2250\ {}^{МГ}\!/_{Ч},$$

$$Z^{Cr_2O_3}_{л} = 1000 \cdot 15 \cdot 0.18 = 2700\ {}^{МГ}\!/_{Ч},$$

$$Z^{соедSi}_{л} = 1000 \cdot 15 \cdot 0.8 = 12000\ {}^{МГ}\!/_{Ч}$$

Общее количество пыли в помещении:

$$Z_{\Sigma}^{п} = 2 \cdot \left(Z_{ф}^{п} + Z_{л}^{п}\right) = 2 \cdot \left(4725 + 13500\right) = 36450 \ {}^{МГ}/_{Ч}. \quad (3.5)$$

Общее количество MnO_2 в помещении:

$$Z_{\Sigma}^{MnO_2} = 2 \cdot \left(Z_{ф}^{MnO_2} + Z_{л}^{MnO_2}\right) = 2 \cdot \left(136.5 + 18000\right) = 36273 \ {}^{МГ}/_{Ч}. \quad (3.6)$$

Концентрация $C_{рз} = ПДК$ принимается в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88.

ПДК: для пыли – 4 *мг/м*^{3};

для MnO_2 – 0.3 *мг/м*;

для *HF* – 0.5 *мг/м*;

для CrO_3 – *0.01 мг/м*;

для Cr_2O_3 – *1 мг/м;*

для соединений *Si – 2 мг/м;*

$$C_{пр} \le 0.3 \cdot ПДК.$$

$$C_{пр}^{п} = 0.3 \cdot 4 = 1.2 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

$$C_{пр}^{MnO_2} = 0.3 \cdot 0.3 = 0.09 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

$$C_{пр}^{HF} = 0.3 \cdot 0.5 = 0.15 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

$$C_{пр}^{CrO_3} = 0.3 \cdot 0.01 = 0.003 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

$$C_{пр}^{Cr_2O_3} = 0.3 \cdot 1 = 0.3 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

$$C_{пр}^{соедSi} = 0.3 \cdot 2 = 0.6 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

При удалении воздуха за пределы рабочей зоны:

$$C_{уд} = C_{пр} + k_z(ПДК - C_{пр}), \quad (3.7)$$

где k_z – коэффициент воздухообмена.

$k_z = 1.3$ – при подаче воздуха на высоте 4 м.

$$C_{уд}^{п} = 1.2 + 1.3 \cdot \left(4 - 1.2\right) = 4.84 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

$$C_{уд}^{MnO_2} = 0.09 + 1.3 \cdot \left(0.3 - 0.09\right) = 0.363 \ {}^{МГ}/_{М^3};$$

$$C_{уд}^{HF} = 0.15 + 1.3 \cdot (0.5 - 0.15) = 0.605 \, {МГ}/{м^3};$$

$$C_{уд}^{CrO_3} = 0.003 + 1.3 \cdot (0.01 - 0.003) = 0.0121 \, {МГ}/{м^3};$$

$$C_{уд}^{Cr_2O_3} = 0.3 + 1.3 \cdot (1 - 0.3) = 1.21 \, {МГ}/{м^3};$$

$$C_{уд}^{соедSi} = 0.6 + 1.3 \cdot (2 - 0.6) = 2.42 \, {МГ}/{м^3};$$

Определяется расход воздуха для разбавления пыли:

$$L_{пр} = 290 + \frac{36450 - 290 \cdot (4 - 1.2)}{4.84 - 1.2} = 10008 \, {м^3}/{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления MnO_2:

$$L_{пр} = 290 + \frac{36273 - 290 \cdot (0.3 - 0.12)}{0.363 - 0.12} = 149300 \, {м^3}/{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления HF:

$$L_{пр} = 290 + \frac{441 - 290 \cdot (0.5 - 0.15)}{0.605 - 0.15} = 1036 \, {м^3}/{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления CrO_3:

$$L_{пр} = 290 + \frac{2250 - 290 \cdot (0.01 - 0.003)}{0.0121 - 0.003} = 247300 \, {м^3}/{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления Cr_2O_3:

$$L_{пр} = 290 + \frac{2700 - 290 \cdot (1 - 0.3)}{1.21 - 0.3} = 3034 \, {м^3}/{ч}.$$

Определяется расход воздуха для разбавления соединений Si :

$$L_{пр} = 290 + \frac{12000 - 290 \cdot (2 - 0.6)}{2.42 - 0.6} = 6660 \, {м^3}/{ч}.$$

Необходимый расход воздуха принимается по наибольшему значению, полученному при расчете на CrO_3.

Определяется концентрация пыли C_n в воздухе, выбрасываемом местным отсосом:

$$C_n = 0.8 \cdot Z/L_o = 0.8 \cdot 36450/290 = 100 мг/м^3. \quad (3.8)$$

Определяется допустимая концентрация пыли C_n в вентиляционных выбросах:

$$C_n = k(160 - 4L_o), \quad (3.9)$$

где $k=0.6$ – коэффициент, принимаемый в зависимости от предельно допустимой концентрации пыли в воздухе рабочей зоны помещений на постоянных рабочих местах $ПДК_{рз}$ = 4 мг/м^3.

$$C_n = 0.8 \cdot (160 - 4 \cdot 290 \cdot 10^{-3}) = 127 мг/м^3.$$

Так как $C_n > C_в$ ($127 мг/м^3 > 100 мг/м^3$), то воздух, удаляемый местными отсосами в атмосферу можно не подвергать очистке.

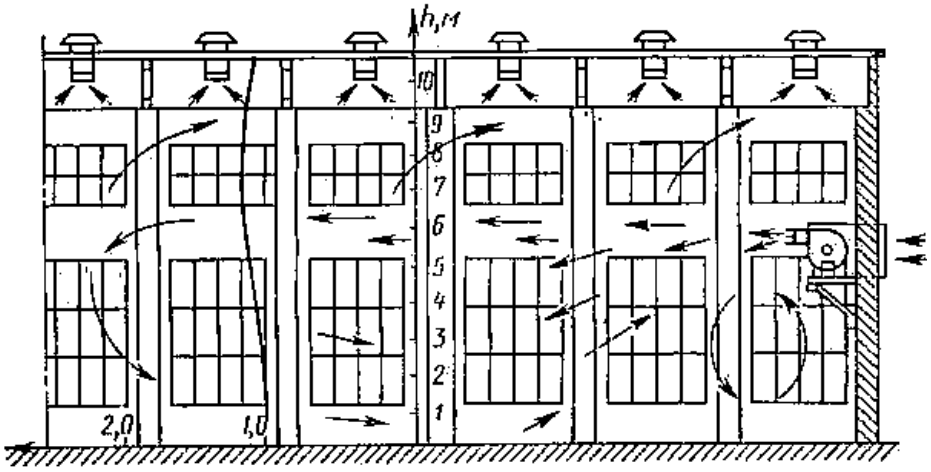

Рисунок 3.1 – Схема общеобменной вентиляции

Выбирается схема общеобменной вентиляции (рисунок 3.1). Эта схема применима в высоких цехах, не требует протяженных воздуховодов и эффективно выполняет функции отопления, так как при подаче в верхнюю зону приточный воздух можно нагреть до 70–80°С. По этой схеме воздух интенсивно перемешивается и достигается равномерное распределение аэрозоля во всем объеме цеха [11].

Освещение помещения производственного типа для облегчением работы сотрудников и устранения проблем со здоровьем из-за неудачно выбранного света оснащаются светильниками с соблюдением норм.

Освещение является одним из важнейших условий нормальной жизнедеятельности. Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда. Неудовлетворительное освещение вызывает преждевременное утомление, притупляет внимание работающего, снижает производительность труда, ухудшает качественные показатели и может оказаться причиной несчастного случая. Неудовлетворительное освещение в течении длительного времени может также привести в ухудшению зрения [10].

Проектирование искусственного освещения ставит целью решение следующих задач: выбор системы освещения, типа источника света, светильника, расположение светильников, выполнение светотехнического расчета и определения мощности осветительной установки .

- Рассчитывается площадь участка: $S=A\cdot B=24\cdot 9=216м^2$,

где S – площадь производственного участка;

A – длина участка ($A=24м$);

B – ширина участка ($B=9$м).

- По СП 52.13330.2016 [10, 11] назначается норма минимальной освещенности в помещении $E_н=300лк$.

- Выбирается тип лампы по таблица 3 [11]. Для высоты помещения $H=12м$ наиболее целесообразной является лампа ДРЛ. По таблица П6 [11] принимается лампа ДРЛ 400. Ее характеристики: мощность $W=400Вт$, световой поток $Ф=23000\ лм$.

- Выбирается тип светильника РСП 05-400-016-У3.

- По ширине помещения $B=9м$ принимается схема 3 ([11, рисунок 5) размещения светильников: 2 ряда светильников, расположенных по углам строительных модулей. Из таблицы 5 [11] определяются размеры $a=1.5м$, $l=3.5м$. Число светильников $N=13$.

- Задается высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (с учетом примечания 2 ([11], таблица П14):

$$H_p = H - H_1 - H_2 = 12 - 1 - 1 = 10\ м, \qquad (3.10)$$

где H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, *м;*

H – высота помещения, *м*;

H_1 – расстояние от светильника до потолка ($H_1=1м$), *м*;

H_2 – высота рабочей поверхности от пола ($H_2=1м$), *м*.

- Определяется индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{24 \cdot 9}{10 \cdot (24 + 9)} = 0.654,$$

где i – индекс помещения;

A и B – длина и ширина помещения соответственно, *м*;

H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, *м*.

- Определяется величина светового потока от одной лампы:

$$\Phi = \frac{100 \cdot E_н \cdot S \cdot Z \cdot K}{N \cdot n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 300 \cdot 216 \cdot 1.15 \cdot 1.8}{13 \cdot 1 \cdot 48} = 21500\ лм$$

- Допустимое отклонение расчетного значения светового потока от табличного установлено от –10 до +20%. Для лампы ДРЛ 400 $\Phi_{табл}=23000лм$. Проверяется выполнение данного условия:

$$\Delta = \frac{\Phi_{т\,абл} - \Phi}{\Phi_{т\,абл}} \cdot 100 = \frac{23000 - 21500}{23000} \cdot 100 = 6.52\%$$

Эта величина меньше +20%, условие выполняется.

Эскиз спроектированной системы освещения:

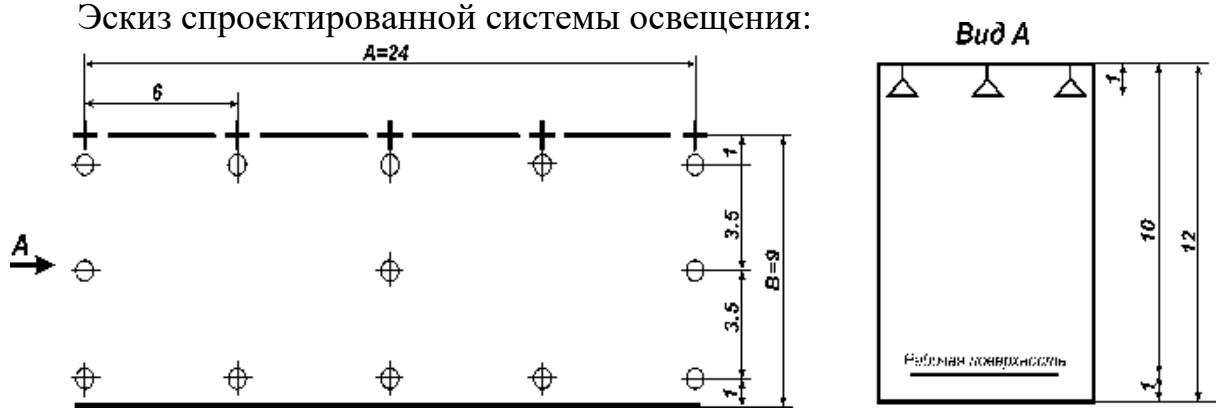

Рисунок 3.2 – Схема спроектированной системы общего равномерного освещения

Светильники необходимо очищать от загрязнений (пыль, дым, копоть) не реже 3 раз в месяц.

Излучение от горение сварочной дуги сопровождается видимых сектором ослепительно ярких световых лучей и невидимых глазом так называемых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Интенсивность лучистой энергии в основном зависит от силы сварочного тока и величины напряжения.

Видимые световые лучи ослепляют, так как их яркость превышает физиологически переносимую дозу. Короткие ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию. Инфракрасные лучи обладают главным образом тепловым эффектом, их интенсивность зависит от мощности дуги. При современных способах сварки тепловая радиация на рабочем месте может составлять *0.5-6 кал/см^2·мин*. Источниками тепловой радиации являются дуга и в меньшей степени нагретый металл.

Автоматическая сварка и наплавка под слоем флюса характеризуется меньшей опасностью поражения глаз, так как электрическая дуга при этих способах закрыта слоем флюса. Однако и при наплавке под слоем флюса возможно появление открытой дуги, например, при полном или частичном прекращении подачи флюса в сварочную ванну, что возможно при засыпке в бункер отсыревшего флюса, который, высыхая, превращается в комки, перекрывающие горловину бункера [12].

Для индивидуальной защиты электросварщиков предусмотрены следующие средства по ГОСТ 12.4.035 – 78 (таблица 3.1):

Таблица 3.1 – Средства индивидуальной защиты

Наименование	Тип, марка, ГОСТ	Примечание
Костюм брезентовый		Предназначены для защиты от излучения сварочной дуги, брызг расплавленного металла
Ботинки кожаные		
Рукавицы брезентовые		
Предохранительный пояс		Выдаются дополнительно и в зависимости от характера и условий, выполняемой работы
Диэлектрические перчатки, галоши, резиновый коврик		
Защитный шлем		
Каски		
Противопылевые респираторы из фильтрующих материалов	ШБ–1, «Астра», «Лепесток», Ф–62Ш, РП – К	

Инструмент, необходимый электросварщику, приведен в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Инструмент, необходимый электросварщику.

Наименование	Тип, ГОСТ	Примечание
Металлическая щетка	ОСТ 17-830-80	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Зубило	ГОСТ 7211-86	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Плоскогубцы комбинированные	ГОСТ Р 52787-2007	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Отвертка с диэлектрической ручкой		Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Ключ разводной 30	ГОСТ 7275-75	Полуавтоматическая, автоматическая сварка

Окончание таблицы 3.2

Молоток	ГОСТ 2310-77	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Набор шаблонов		Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Комплект клейм	ГОСТ 25726-83	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Метр складной металлический	ГОСТ 427-75	Полуавтоматическая, автоматическая сварка
Шлакоотделитель		Автоматическая сварка
Совок для сбора флюса		Автоматическая сварка
Покровное стекло		Полуавтоматическая сварка

Шум с точки зрения санитарно-гигиенической норм принято определять звук, несущий негатив и наносящий вред здоровью [10].

Источниками шума в сборочно-сварочных цехах могут быть работающие сварочные преобразователи, трансформаторы, выпрямители, сварочная дуга, вентиляционные установки. Для рабочих мест производственных помещений уровень звука не должен превышать 85 дБА.

Для снижения шума технологическое и вентиляционное оборудование предусмотрено устанавливать на виброизолирующие основания. Присоединение воздуховодов к вентиляторам следует выполнять с помощью виброизолирующих брезентовых вставок.

Для защиты органов слуха от шума рекомендуется пользоваться индивидуальными средствами защиты – противошумными наушниками или вкладышами по ГОСТ Р 12.4.213-99.

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой, и поддержание оптимального и допустимого состояния организма.

Для предотвращения неблагоприятных воздействий микроклимата рабочего места производственных помещений на самочувствие, функциональное состояние и здоровье человека устанавливаются санитарно-гигиенические требования к параметрам микроклимата.

Оптимальные нормы обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течении рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах. Наплавка под слоем флюса относится к категории энергозатрат *2а.*

Оптимальные величины параметров микроклимата приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Оптимальные величины параметров микроклимата.

Период года	Категория работ	Температура воздуха, ^{0}C	Температура поверхностей, ^{0}C	Относительная оптимальная влажность воздуха, %	Относительная допустимая влажность воздуха, %	Скорость оптимальная движения воздуха, м/с	Скорость допустимая движения воздуха, м/с
Холодный ≤ 10°C	2б	17-19	16-20	40-60	15-75	0,2	0,4
Теплый > 10°C	2б	19-21	18-22	40-60	15-70	0,2	0,2-0,5

Допустимая интенсивность теплового облучения устанавливается в зависимости от источника излучения и облучаемой поверхности тела человека (таблица 3.4).

Таблица 3.4 – Допустимая интенсивность теплового излучения.

Источник	Интенсивность E, Вт/м^2	Облучаемая поверхность тела S, %
Технологическое оборудование	Не более 35	50
Осветительные приборы	72	25 – 50
Источники, нагретые до темного свечения	100	Не более 25
Источники, нагретые до красного или белого свечения (нагретый металл, открытое пламя)	Не более 140	Не более 25 Обязательное использование средств индивидуальной защиты глаз, лица

3.3 Обеспечение безопасности жизнедеятельности на участке

3.3.1 Электробезопасность

Все электрооборудование участка должно соответствовать «Правилам устройства электроустановок» и действующим ГОСТ12.2.007.8-75 и ГОСТ 12.2.007.0-75, а его эксплуатация - «Правилам технической эксплуатации электроустановок потребителей».

Применяемое электрооборудование, подключения, устройство заземления на проектируемом участке, осуществляется в соответствии с правилами по технике безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей.

Для предупреждения поражения сварщика электрическим током предусмотрены следующие требования [10]:

- при сварке под флюсом каждый сварочный аппарат имеет отдельный заземляющий провод, подсоединяемый непосредственно к заземляющей

магистрали. Не допускается использование контура заземления в качестве обратного провода. Кроме того, напряжение в цепях автоматической аппаратуры выше, чем при ручной дуговой сварке, поэтому все неподвижные провода заключают в металлические трубки, а подвижные – в резиновые рукава, обшитые брезентом или обмотанные в два слоя киперной (прорезиненной) лентой. Все части автоматов, которые в случае повреждения изоляции могут оказаться под напряжением, должны быть надежно заземлены. Номинальный ток плавких предохранителей не должен быть выше предельного тока, указанного в паспорте установки.

- переключающее устройство снабжают защитным кожухом во избежание случайных прикосновений. Во время снятия или установки наплавляемой детали, смены кассеты с электродной лентой и при других подготовительных работах наплавочную установку следует отключать от питающей сети.

- наружные клеммы электрооборудования защитить кожухами. Не допускается прикасаться голыми руками к токоведущим частям включенного сварочного оборудования.

- шкаф управления постоянно закрыт на замок. Доступ в шкаф управления разрешается только специально назначенному лицу. При осмотрах и ремонте шкафа управления необходимо схему полностью отключить на цеховом щите. при обнаружении повреждений электрических цепей в источнике питания, автомате, полуавтомате необходимо отключить оборудование и сообщить мастеру.

3.3.2 Безопасность при работе с подъемно-транспортными устройствами

Безопасность труда при подъеме и перемещении грузов зависит от конструкции подъемно - транспортных устройств и соответствия их правилам и нормам Госгортехнадзора.

В связи с работой в цехе мостового крана следует принимать меры безопасности при работе. Закрыть все доступы для людей на необорудованные проходными галереями крановые пути работающего мостового крана.

Все двигающиеся и вращающиеся части механизмов ограждаются.

Предусмотрено обеспечить надежную прочность механизмов вспомогательных и грузозахватных приспособлений, а также исключить непредусмотренные контакты рабочих с перемещаемыми грузами и движущимися механизмами. Стропальщики должны быть обеспечены исправными и промаркированными вспомогательными и грузозахватными приспособлениями.

Все работы с краном, связанные по перемещению груза, выполняет аттестованный стропальщик. Работы предусмотренные технологическим процессом по погрузке сборочных и сварочных приспособлений с помощью подъемно-транспортных устройств, выполняют сварщики. Для всех сварщиков, работающих на участке, предусмотрены удостоверения стропальщиков.

На участке все подъемно транспортные работы выполняет мостовой кран грузоподъемностью 5 тонн.

На рисунке 3.3 приведена схема строповки валка [10].

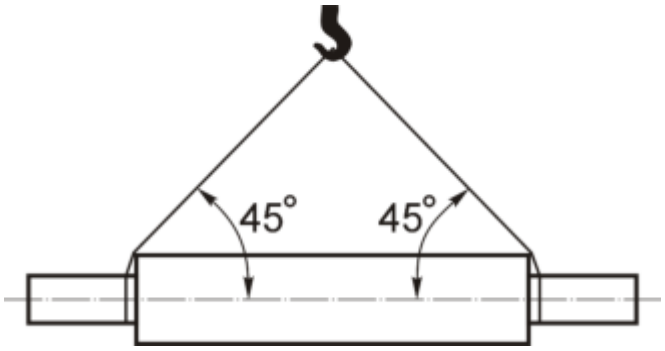

Рисунок 3.3 – Схема строповки

Тяговые стальные проволочные канаты перед установкой на грузоподъемную машину проверяются расчетом:

$$\frac{P}{S} \geq k,$$

где k – коэффициент запаса прочности;

P – разрывное усилие каната, H;

S – наибольшее натяжение ветви каната, H.

Рассчитывается натяжение стального троса:

$$S = G \cdot \frac{m}{n} = 22000 \cdot \frac{1.42}{4} = 7810 H$$

где G – вес груза, H;

m – коэффициент, зависящий от угла наклона ветви троса (при $\alpha = 45°$, $m=1.42$);

n – количество ветвей каната.

Для грузовых и стреловых канатов на грузоподъемной машине с тяжелым режимом работы $k=6$, тогда $P=46.9кН$. Выбирается канат с P близким к расчетному – $P=50кН$, диаметр каната – 15 мм.

Инспекция Госгортехнадзора РФ и администрация устанавливают постоянный надзор за состоянием канатов, строп и тары.

Капитальный ремонт производится каждые 7 лет, средний - каждые 2-3 года, текущий - каждый год. Осмотр проводят 2 раза в месяц.

3.3.3 Обеспечение пожарной безопасности

По классификации производств по пожарной безопасности, приведенной в НПБ 105–95, проектируемый участок относится к категории «Г» - пожароопасного производства, в котором обращаются негорючие вещества и материалы в горячем состоянии.

Пожароопасны различные виды сварки и наплавки не только из-за отлетающих раскаленных металлических частиц, но и по причине возможности возникновения пожара из-за неисправности сварочного оборудования. Так, при неправильном устройстве обратного провода, соединяющего аппарат с изделием, его сопротивление прохождению тока может оказаться выше, чем сопротивление других обходных путей, и тогда часть сварочного тока (так называемый блуждающий ток) протекает по этим новым путям, что приводит к искрению и нагреву мест со значительным переходным сопротивлением. В результате этого может произойти воспламенение горючих материалов, расположенных в зоне прохождения обратного провода.

Предусмотрено, что места, отведенные для проведения сварочных работ и установки сварочных агрегатов и трансформаторов, должны быть очищены от легковоспламеняющихся материалов в радиусе не менее 5 м.

При проведении сварочных работ запрещается пользоваться одеждой и рукавицами со следами масел и жиров, бензина, керосина и других горючих жидкостей.

Перед началом работы сварщик проверяет исправность сварочной аппаратуры, подготовленность рабочего места в противопожарном отношении: наличие средств пожаротушения, внутренних пожарных кранов, песка, огнетушителей. Если рабочее место не подготовлено, к работам приступать нельзя. Во время работы не допускается попадание искр расплавленного металла

и разбрасывание электродных огарков на горючие конструкции и материалы, а после работы рабочее место тщательно осматривается.

Нельзя загромождать и закрывать пожарные проходы к пожарному инвентарю.

Курить необходимо в специально отведенных местах, оборудованных средствами пожаротушения.

Лица не сдавшие испытания по сварочным работам, а также не прошедшие предварительную проверку знаний ими правил пожарной безопасности, к выполнению сварочных работ, даже временных, не допускаются.

При возникновении пожара или загорания необходимо немедленно отключить сварочную установку. Подать сигнал пожарной тревоги и сообщить о пожаре мастеру, руководителем, позвонить в пожарную охрану. До прибытия пожарной охраны необходимо приступить к ликвидации пожара наиболее целесообразными для данной ситуации способами.

На проектируемом участке предусматривается:

а) пожарный щит, в комплект которого входят огнетушитель пенный ОХП-10, огнетушитель углекислотный ОУ-8, два ящика с песком;

б) стены и здания, перекрытия и полы изготавливаются из несгораемого материала;

в) на участке установлен пожарный кран;

г) эвакуация людей на случай пожара производиться согласно плану эвакуации.

3.3.4 Взрывоопасность

Основным условием безопасности систем, находящихся под давлением, являются достаточная их прочность и герметичность, которые в условиях эксплуатации гарантируются соблюдением режимов эксплуатации и

надежностью работы контрольно - измерительной аппаратуры и предохранительных устройств.

С целью предупреждения аварий введены обязательные для всех предприятий и организаций «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением». Соблюдение этих правил контролирует Госгортехнадзор. Правила определяют требования к устройству, изготовлению, монтажу, ремонту и эксплуатации сосудов, работающих под давлением свыше 0.7атм [11].

Цеховые газопроводы, как правило, прокладывают открыто по стенам или колоннам зданий. Возможна также прокладка в непроходимых каналах, засыпаемых песком и перекрываемых съёмными несгораемыми плитами. Допускается совместная прокладка кислородопроводов и трубопроводов с горючими газами, в одном канале при условии устройства разделительной стенки и засыпки обоих отделений канала песком.

Газопроводы изготовляют из стальных бесшовных труб. Исключение составляют кислородопроводы высокого давления, изготовляемые из медных или латунных труб. Трубы должны соединяться сваркой. Резьбовые и фланговые соединения допускаются только в местах установки отключающих устройств, контрольно - измерительных приборов и другой арматуры. После монтажа новых газопроводов или после их капитального ремонта проводят испытания внутренним давлением на прочность и плотность.

Все новые трубопроводы должны иметь опознавательную (определенного цвета) окраску. Дополнительными мерами безопасности служат сигнальные цветные кольца, нанесенные на трубопроводы, предупреждающие знаки, маркировочные щитки и надписи на трубопроводах

4 ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Целью организационно-экономической части дипломного проекта является доказательство эффективности и целесообразности разработки внедрения проекта путем определения основных технико-экономических показателей и сравнения их с аналогичными показателями базового варианта. Необходимо также рассчитать нормы времени по операциям, потребное количество производственных рабочих и технологического оборудования, затраты на основные и вспомогательные материалы, заработную плату рабочим и капитальные вложения.

Проектируемый участок для наплавки деталей технологического оборудования находится в одном цехе с этим оборудованием, то есть ремонтируемые детали - для внутрицехового использования. Поэтому в расчетах вместо прибыли используется разница себестоимостей между проектным и базовым вариантами.

У тех деталей, которые наплавляются более износостойкими материалами, чем материалы, применяемые в базовом варианте, увеличивается срок службы. Соответственно, количество деталей, ремонтируемых в течение года, снижается. Ниже приведен список наплавляемых деталей с годовой программой выпуска для каждого из них. В скобках указано количество ремонтируемых или заменяемых в течение года деталей в базовом проекте.

- Вкладыши – 720 (1440) штук;
- Валки – 60 (120) штук;
- Конуса – 500 (500) штук;
- Кольца – 500 (500) штук;
- Диски верхние – 100 (100) штук;
- Диски нижние – 100 (100) штук;

- Диски центральные – 100 (100) штук.

4.1 Техническое нормирование

4.1.1 Расчет норм времени по операциям

Техническое нормирование – основа всех последующих расчетов при организации и планировании производства [13,14]. Технические нормы необходимы при расчетах оборудования, числа работающих, материальных ресурсов и т.д. Норма времени обычно выражается в минутах и определяется на деталь, а обозначается - $T_{шт}$. Структура $T_{шт}$ включает в себя все затраты времени, связанные с выполнением операции:

$$T_{шт} = T_0 + T_в + T_{т\,о} + T_{оо} + T_{от\,д}, \qquad (4.1)$$

где $T_о$ – основное время;

$T_в$ – вспомогательное время;

$T_{то}$ – время на техническое обслуживание рабочего места;

$T_{оо}$ – время на организационное обслуживание рабочего места;

$T_{отд}$ – время на отдых и личные надобности.

- Расчет норм времени при наплавке:

При автоматической наплавке под слоем флюса расчет времени производится по формуле:

$$T_{шт} = \left[\left(t_о \cdot k_1 + t_{всп1}\right) \cdot l + t_{всп2}\right] \cdot k_2, \qquad (4.2)$$

где $t_0 = \frac{60}{v_{св}}$;

k_1 – коэффициент, учитывающий длину наплавленного валика (при $l > 0.5$ *м* $k=1$);

$t_{всп1}$ – время на зачистку шва валика от шлака после каждого прохода, осмотр, смену кассеты с электродной лентой, проверку правильности установки головки

автомата ($t_{всп1}$ для вкладыша – 1.5 мин/м; для валка, кольца и конуса – 0.1 мин/м; для дисков – 0.2 мин/м);

$t_{всп2}$ - время на установку и снятие изделия ($t_{всп2}$ для вкладыша – 15 мин, $t_{всп2}$ для валка – 10 мин, $t_{всп2}$ для дисков, колец и конусов – 5 мин)

k_2 – время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности (k_2=*1.1*).

Наплавка вкладыша: (4.3)

$$T_{шт} = \left[(t_o \cdot k_1 + t_{всп1}) \cdot 1 + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[\left(\frac{60}{7.35} \cdot 1 + 1.5\right) \cdot 38.4 + 15\right] \cdot 1.1 = 385\,мин = 6.42\,ч.$$

Наплавка валка:

$$T_{шт} = \left[(t_o \cdot k_1 + t_{всп1}) \cdot 1 + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[\left(\frac{60}{6.45} \cdot 1 + 0.1\right) \cdot 49 + 10\right] \cdot 1.1 = 517\,мин = 8.62\,ч.$$

Наплавка верхнего диска:

$$T_{шт} = \left[(t_o \cdot k_1 + t_{всп1}) \cdot 1 + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[\left(\frac{60}{7.35} \cdot 1 + 0.2\right) \cdot 30.9 + 5\right] \cdot 1.1 = 288\,мин = 4.8\,ч.$$

Наплавка нижнего диска:

$$T_{шт} = \left[(t_o \cdot k_1 + t_{всп1}) \cdot 1 + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[\left(\frac{60}{7.35} \cdot 1 + 0.2\right) \cdot 15 + 5\right] \cdot 1.1 = 141\,мин = 2.35\,ч.$$

Наплавка центрального диска:

$$T_{шт} = \left[(t_o \cdot k_1 + t_{всп1}) \cdot 1 + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[\left(\frac{60}{7.35} \cdot 1 + 0.2\right) \cdot 22.4 + 5\right] \cdot 1.1 = 209\,мин = 3.49\,ч.$$

Наплавка кольца:

$$T_{шт} = \left[(t_o \cdot k_1 + t_{всп1}) \cdot 1 + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[\left(\frac{60}{14} \cdot 1 + 0.1\right) \cdot 6.6 + 5\right] \cdot 1.1 = 35\,мин = 0.583\,ч.$$

Наплавка конуса:

$$T_{шт} = \left[(t_o \cdot k_1 + t_{всп1}) \cdot 1 + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[\left(\frac{60}{11.5} \cdot 1 + 0.1\right) \cdot 12.5 + 5\right] \cdot 1.1 = 75\,мин = 1.25\,ч.$$

- Расчет норм времени при механической обработке

При механической обработке валка расчет времени производится по формуле:

$$T_{шт} = \left[t_o + t_{всп1} + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[130 + 2 + 8\right] \cdot 1.1 = 154\,мин = 2.57\,ч.,$$

где t_0 - основное время на обработку детали. Основное время токарной обработки рассчитывается исходя из следующих соображений: частота вращения шпинделя – 500 об/мин; продольная подача на 1 оборот – 0.5 мм/об; длина обрабатываемой части валка 2600 мм $\Rightarrow$ 5200 оборотов; поперечная подача на 1 оборот – 0.2 мм/об.; толщина снимаемого слоя металла – 2.5 мм $\Rightarrow$ 12.5 оборотов, для обточки валка необходимо: 5200х12.5=65000 оборотов, отсюда: $t_o = \frac{65000}{500} = 130\,мин$;

$t_{всп1}$ – время на осмотр поверхности, смену резца, ($t_{всп1}$ =*2 мин*);

$t_{всп2}$ - время на установку и снятие изделия ($t_{всп2}$=*10 мин*)

k_2 – время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности (k_2=*1.1).*

Механическая обработка дисков.

Расчет штучного времени производится аналогично предыдущему.

$$T_{шт} = \left[t_o + t_{всп1} + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[17.5 + 1 + 5\right] \cdot 1.1 = 25.8\,мин$$

Механическая обработка конуса

$$T_{шт} = \left[t_o + t_{всп1} + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[6 + 1 + 5\right] \cdot 1.1 = 13.2\,мин$$

Механическая обработка кольца

$$T_{шт} = \left[t_o + t_{всп1} + t_{всп2}\right] \cdot k_2 = \left[2.5 + 1 + 5\right] \cdot 1.1 = 9.35\,мин$$

Обточка деталей для подготовки под наплавку равна по длительности обработке детали после наплавки.

- Контроль качества

Расчет штучного времени на контроле качества производится по следующей формуле:

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k,$$

где t_o – непосредственно время испытания;

$t_{всп}$ – время на подготовку оборудования и детали;

k – время на обслуживание рабочего места, отдых и личные надобности (k=*1.1).*

Ультразвуковой контроль

Вкладыш

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (40 + 5) \cdot 1.1 = 49.5\,мин \quad (4.4)$$

Валок

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (60 + 5) \cdot 1.1 = 71.5\,мин$$

Диски

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (15 + 5) \cdot 1.1 = 22\,мин$$

Конус

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (10 + 5) \cdot 1.1 = 16.5\,мин$$

Кольцо

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (5 + 5) \cdot 1.1 = 11\,мин$$

Люминесцентный метод контроля (4.5)

Вкладыш

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (15 + 5) \cdot 1.1 = 22\,мин$$

Валок

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (20 + 5) \cdot 1.1 = 27.5\,мин$$

Диски

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (10 + 5) \cdot 1.1 = 16.5\,мин$$

Конус

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (7 + 5) \cdot 1.1 = 13.2\,мин$$

Кольцо

$$T_{шт} = (t_o + t_{всп}) \cdot k = (5+5) \cdot 1.1 = 11 мин$$

4.1.2 Расчет норм расхода материалов и энергоносителей

- Расчет нормы расхода электродной ленты

Расчет норм расхода материалов и энергоносителей базируется на количестве наплавленного металла [15,16]. При наплавке электродной лентой под слоем флюса можно принять, что потери на угар и разбрызгивание равны нулю, значит, масса наплавленного металла равна массе израсходованной электродной ленты. Масса наплавленного металла определяется по формуле:

$$Q_{нм} = F \cdot l \cdot \rho,$$

где F – поперечное сечение валика наплавленного металла;

l – длина валика; ρ - плотность стали ($\rho = 7.85 \, г/см^3$).

Наплавка вкладыша: $Q_{нм} = F \cdot l \cdot \rho = 2.6 \cdot 3840 \cdot 7.85 \cdot 10^{-3} = 78.4 кг.$

В год: $Q_{нм}^{год} = Q_{нм} \cdot N^{год} = 78.4 \cdot 720 = 56430 кг = 56.4 \, т/год$ (4.6)

Нормы расхода наплавленного металла на другие изделия рассчитываются аналогично и приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Нормы расхода наплавленного металла

Наименование	Масса наплавленного металла на одно изделие, кг	Масса наплавленного металла на годовую программу выпуска, т/год
Вкладыш	78.4	56.4
Валок	61.5	3.69
Кону	15.7	7.85
Кольцо	6.22	3.11
Диск верхний	30.6	3.06
Диск нижний	63.1	6.31
Диск центральный	45.7	4.57
На все изделия	-	85

- Расход флюса

Расход флюса определяется по формуле:

$$Q_ф = Q_{нм} \cdot k_ф = 85 \cdot 0.7 = 60\,т\ , \qquad (4.7)$$

где $Q_{нм}$ – масса наплавленного металла на все изделия в год;

$k_ф$ – коэффициент расхода флюса для автоматической наплавки с применением флюсоотсоса.

- Расход газов при термической обработке

Расход природного газа: $Q_{пг} = 5 \cdot 3 = 10\,м^3$, где $5м^3$ – расход природного газа в час; *3ч.* – время подогрева детали.

Расход кислорода: $Q_к = 8 \cdot 3 = 24\,м^3$, где $8м^3$ – расход кислорода в час; *3ч.* – время подогрева детали.

Одновременно в печь помещается 4 детали, то есть в совершается 325 загрузок печи.

- Расчет энергоносителей

Расход электроэнергии при наплавке находится из выражения:

$$Q_{эл} = Q_{нм} \cdot q_э = 85000 \cdot 3.2 = 272.5 \cdot 10^3\,кВт \cdot ч, \qquad (4.8)$$

где $Q_{нм}$ – масса наплавленного металла на все изделия в год;

$q_э$ – удельный расход электроэнергии,

$$q_э = \frac{U}{\alpha_н \cdot \eta \cdot k} = \frac{36}{20 \cdot 0.7 \cdot 0.8} = 3.2 \frac{кВт \cdot ч}{кг},$$

где U – среднее напряжение на дуге;

$\alpha_н$ - средний коэффициент наплавки;

η - коэффициент полезного действия наплавочной установки;

$k_и$ – коэффициент, учитывающий время горения дуги.

Годовой расход электроэнергии при:

Токарной обработке - *20700 кВт·ч;*

Предварительном подогреве с помощью индуктора - *15600 кВт·ч.*

$$Q_{эл} = 272 \cdot 10^3 + 20700 + 15600 = 308300 кВт \cdot ч.$$

- Расход основного материала

Масса стали 20Х на годовую программу выпуска вкладышей: 2·60=120 тонн.

Масса стали 20Х на годовую программу выпуска валков: 2.2·60=132 тонн.

Масса стали 20Х на годовую программу выпуска конусов: 0.34·60=20.4 тонн.

Масса стали 20Х на годовую программу выпуска колец: 0.145·60=8.7 тонн.

Масса стали 20Х на годовую программу выпуска верхних дисков: 1.42·50=71 тонн.

Масса стали 20Х на годовую программу выпуска нижних дисков: 0.178·50=8.9 тонн.

Масса стали 20Х на годовую программу выпуска центральных дисков: 1.07·50=53.5 тонн.

Общая масса стали 20Х: 364.5 тонны. (4.9)

4.2 Организация производства

4.2.1 Расчет количества оборудования [15]

Расчетное количество единиц оборудования на операцию C_p определяется по формуле:

$$C_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}}, \quad (4.10)$$

где $T_{шт}$ – штучное время на данной операции для одного изделия, мин;

N – годовая программа выпуска изделий, шт/год;

$F_д$ – действительный годовой фонд времени работы оборудования в односменном режиме, час/год;

S – количество смен работы оборудования;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм выработки ($k_{вн}$=*1.1*)

Действительный годовой фонд времени определяется по формуле:

$$F_д = F_н \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) = 2000 \cdot \left(1 - \frac{2.75}{100}\right) = 1945\,час., \quad (4.11)$$

где Р – процент от номинального годового фонда рабочего времени, учитывающий время пребывания агрегата в ремонте (P=2.75% - при двусменной работе).

$F_н$ – номинальный фонд рабочего времени, определяется по формуле:

$$F_н = \frac{D_г}{D_н} \cdot t_н = \frac{250}{5} \cdot 40 = 2000\,час., \quad (4.12)$$

где $D_г$ – количество рабочих дней в году;

$D_н$ – количество рабочих дней в неделе;

$t_н$ – продолжительность рабочей недели ($t_н$=40час.).

- Расчет оборудования применяемого при наплавке:

Расчетное количество единиц оборудования на операции наплавки вкладышей:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{517 \cdot 60}{60 \cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1.1} = 0.121$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции наплавки валков:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{517 \cdot 60}{60 \cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1.1} = 0.121$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции наплавки конусов:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{75 \cdot 500}{60 \cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1.1} = 0.146\,.$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции наплавки колец:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{35 \cdot 500}{60 \cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1.1} = 0.0682\,.$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции наплавки верхних дисков:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{288 \cdot 100}{60 \cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1.1} = 0.112 .$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции наплавки нижних дисков:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{141 \cdot 100}{60 \cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1.1} = 0.0549$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции наплавки центральных дисков:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{209 \cdot 100}{60 \cdot 1945 \cdot 2 \cdot 1.1} = 0.0814 .$$

Так как все операции наплавки производятся на одинаковых наплавочных установках, то рассчитывается общее количество оборудования:

$$C_р^{\Sigma} = \sum C_р = 1.08 + 0.12 + 0.146 + 0.0682 + 0.112 + 0.0549 + 0.0814 = 1.66 . \quad (4.13)$$

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа – $C_{пр}$, которое является принятым количеством оборудования. $C_{пр}$=2. При этом коэффициент загрузки оборудования составит: $K_з = \frac{C_р}{C_{пр}} = \frac{1.66}{2} = 0.83 .$

Коэффициент машинного времени составит: $K_м = \frac{T_{осн}}{T_{шт}} = \frac{1106}{1265} = 0.874$

- Расчет оборудования применяемого при механической обработке:

Расчетное количество единиц оборудования на операции обточки валков:

$$C_р = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{308 \cdot 60}{60 \cdot 1945 \cdot 1 \cdot 1.1} = 0.143$$

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа - $C_{пр}$, которое является принятым количеством оборудования. $C_{пр}=1$.

При этом коэффициент загрузки оборудования составит: $K_з = \frac{C_р}{C_{пр}} = \frac{0.143}{1} = 0.143 .$

Коэффициент машинного времени составит: $K_м = \frac{T_{осн}}{T_{шт}} = \frac{130}{154} = 0.844$

Расчетное количество единиц оборудования на операции обточки конусов:

$$C_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{26.4 \cdot 500}{60 \cdot 1945 \cdot 1 \cdot 1.1} = 0.103.$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции обточки колец:

$$C_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{18.7 \cdot 500}{60 \cdot 1945 \cdot 1 \cdot 1.1} = 0.0689.$$

Расчетное количество единиц оборудования на операции обточки дисков:

$$C_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot S \cdot k_{вн}} = \frac{51.6 \cdot 300}{60 \cdot 1945 \cdot 1 \cdot 1.1} = 0.120.$$

Так как обточка дисков, конусов и колец производится на одном токарном станке, то рассчитывается общее количество оборудования:

$$C_p^{\Sigma} = \sum C_p = 0.103 + 0.0689 + 0.12 = 0.292.$$

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа - $C_{пр}$, которое является принятым количеством оборудования. $C_{пр}=1$. При этом коэффициент загрузки оборудования составит: $K_з = \frac{C_p}{C_{пр}} = \frac{0.292}{1} = 0.292$.

Коэффициент машинного времени составит: $K_м = \frac{T_{осн}}{T_{шт}} = \frac{51}{96.7} = 0.527$ (4.14)

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Потребность в оборудовании и его загрузка

№ операции	Наименование операции	Наименование оборудования (тип, модель)	Расчетное число оборудования	Принятое число оборудования	Коэффициент загрузки
1	Наплавка	Наплавочная установка УМН-4М Выпрямитель	1.66	2 2	0.83

Окончание таблицы 4.2

2	Токарная обработка	Токарный станок модели 165 Токарный станок	0.143 0.292	1 1	0.143 0.292
3	Термообработка	Печь для подогрева Индуктор		1 1	
Итого по участку				8	

4.2.2 Расчет количества основных производственных рабочих

Расчетным методом искомое количество рабочих R_p определяется по формуле [15]:

$$R_p = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_д \cdot k_{вн}}, \quad (4.15)$$

где $T_{шт}$ – штучное время на данной операции для одного изделия, мин;

N – годовая программа выпуска изделий, шт/год;

$F_д$ – действительный годовой фонд времени одного рабочего, час/год;

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм выработки ($k_{вн}$=1.1)

Действительный годовой фонд времени одного рабочего определяется по формуле:

$$F_д = F_н \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) = 2000 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 1800\,час.,$$

где P – процент от номинального годового фонда рабочего времени, учитывающий время очередного отпуска и время планируемых невыходов на работу по уважительной причине, (P=*10%*).

$F_н$ – номинальный фонд рабочего времени, определяется по формуле:

$$F_н = \frac{D_г}{D_н} \cdot t_н = \frac{250}{5} \cdot 40 = 2000 час.,$$

где $D_г$ – количество рабочих дней в году;

$D_н$ – количество рабочих дней в неделе;

$t_н$ – продолжительность рабочей недели ($t_н$=40час.).

- Расчет количества рабочих на операции наплавки

Расчетное количество рабочих на операции наплавки вкладышей:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{385 \cdot 720}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 2.3$$

Расчетное количество рабочих на операции наплавки валков:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{517 \cdot 60}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.26$$

Расчетное количество рабочих на операции наплавки конусов:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{75 \cdot 500}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.316.$$

Расчетное количество рабочих на операции наплавки колец:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{35 \cdot 500}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.147.$$

Расчетное количество рабочих на операции наплавки верхних дисков:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{288 \cdot 100}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.242.$$

Расчетное количество рабочих на операции наплавки нижних дисков:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{141 \cdot 100}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.119.$$

Расчетное количество рабочих на операции наплавки центральных дисков:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{209 \cdot 100}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.176.$$

Так как все операции наплавки производятся на одних и тех же наплавочных установках, то рассчитывается общее количество рабочих:

$$R_{оп}^{\Sigma} = \sum R_{оп} = 2.3 + 0.26 + 0.316 + 0.147 + 0.242 + 0.119 + 0.176 = 3.56. \quad (4.16)$$

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа - $R_{оп}$, которое является принятым количеством рабочих. $R_{оп}$ =4. При этом коэффициент загрузки рабочих составит: $K_з = \frac{R_{оп}}{R_{пр}} = \frac{3.56}{4} = 0.89$.

- Расчет количества рабочих на операции механической обработки

Расчетное количество рабочих на операции обточки валков:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{308 \cdot 60}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.156.$$

Расчетное количество рабочих на операции обточки конусов:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{26.4 \cdot 500}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.111.$$

Расчетное количество рабочих на операции обточки колец:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{18.7 \cdot 500}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.0787.$$

Расчетное количество рабочих на операции обточки дисков:

$$R_{оп} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60 \cdot F_{др} \cdot k_{вн}} = \frac{51.6 \cdot 300}{60 \cdot 1800 \cdot 1.1} = 0.130.$$

Так как обточка дисков, конусов и колец может производиться одним человеком, то рассчитывается общее количество рабочих:

$$C_p^{\Sigma} = \sum C_p = 0.156 + 0.111 + 0.0787 + 0.13 = 0.476.$$

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа - $C_{пр}$, которое является принятым количеством рабочих. $C_{пр}=1$. При этом коэффициент загрузки рабочего составит: $K_з = \frac{C_p}{C_{пр}} = \frac{0.476}{1} = 0.476$.

- Расчет количества рабочих на операции контроля качества

Расчетное количество рабочих на операции контроль качества изделия приведено в таблице 4.3:

Таблица 4.3 – Расчетное количество рабочих на операции контроля качества

наименование	Расчетное количество рабочих	
	УЗК	люминесцентный
Вкладыш	0.3	0.133
Валок	0.0361	0.0139
Диски	0.0556	0.0417
Кольцо	0.0694	0.0556
Конус	0.0462	0.0462

Так как контроль качества может производиться одним человеком, то рассчитывается общее количество рабочих:

$$C_p^{\Sigma} = \sum C_p = 0.798$$

Полученное значение округляется до ближайшего целого числа - $C_{пр}$, которое является принятым количеством рабочих. $C_{пр}=1$. При этом коэффициент загрузки рабочего составит:

$$K_з = \frac{C_p}{C_{пр}} = \frac{0.798}{1} = 0.798 \quad (4.17)$$

Рассчитанное количество рабочих и их занятость приведены в таблице 4.4:

Таблица 4.4 – Численность и профессионально-квалификационный состав.

Профессия, специальность	Разряд работ	Расчетное количество рабочих	Принятое количество рабочих	Коэффициент занятости
Электросварщик	4-5	3.56	4	0.89

Продолжение таблицы 4.4

Профессия, специальность	Разряд работ	Расчетное количество рабочих	Принятое количество рабочих	Коэффициент занятости
Токарь	4-5	0.476	1	0.476
Дефектоскопист	2 уровень	0.798	1	0.798
Итого по участку	-	4.83	6	0.805

4.3 Технико-экономическое обоснование проекта

4.3.1 Расчет капитальных вложений

При расчете капитальных вложений учитываются единовременные затраты во все виды основных производственных фондов. Капитальные вложения в здания и сооружения $K_з$ определяются по удельным нормативам:

$$K_з = S \cdot c = 214 \cdot 2 = 428 тыс.руб., \quad (4.18)$$

где S – площадь участка по планировке составляет 214 м^2,

c – затраты на модернизацию квадратного метра существующей производственной площади по данным завода ориентировочно составляют 2тыс.руб.

Капитальные вложения в рабочие машины и оборудование $K_{рм}$ рассчитываются по их потребному количеству и оптовой цене с учетом затрат на транспортировку и монтаж:

$$K_{рм} = n \cdot c_м \cdot \left(1 + \frac{P_т + P_м}{100}\right),$$

где n – принятое количество оборудования;

$c_м$ – оптовая цена оборудования;

$P_т$ – процент затрат на транспортировку оборудования ($P_т$=*3..5%*). Принимаем 3%;

$P_м$ – процент затрат на монтаж оборудования ($P_м$=*2..7%*). Принимаем 7%.

Исходные данные и результаты расчетов занесены в таблице 4.5:

Таблица 4.5 – Расчет основных средств и амортизации

Наименование основных средств	Количество	Оптовая цена, тыс.руб.		Затраты на транспорт и монтаж, тыс.руб.	Балансовая стоимость, тыс.руб.		Амортизация	
		единицы	всего		единицы	всего	Норма, %	Сумма, тыс.руб.
Здания, сооружения	1		428			428	4	17,12
Технологическое оборудование, в том числе:								
1. Наплавочная установка УМН-4М	2	1000	2000	200	1100	2200	25	550
2. Токарный станок модели 165	1	500	500	50	550	550	30	165
3. Токарный станок	1	400	400	40	440	440	30	132
4. Индукционная установка	1	250	250	25	275	275	20	55
5. Печь для подогрева	1	150	150	15	165	65	15	24,8

Окончание таблицы 4.5

6. Выпрямитель ВДУ12 02	2	200	400	40	220	440	25	110
Приспособление, инструмент								
1. Стол для контроля	1	10	10	1	11	11	10	1,1
2. Прочие приспособления и инструмент			30	3		33	15	4,95
Производственный и хозяйственный инвентарь:			10	1		11	15	1.65

Наименование основных средств	Количество	Оптовая цена, тыс.руб.		Затраты на транспорт и монтаж.	Балансовая стоимость, тыс.руб.		Амортизация	
		единицы	всего		единицы	всего	Норма, %	Сумма, тыс.руб.
Итого по участку			4178	375		4453		1061.62
Базовый проект						2954		584
Разрабатываемый проект						4453		1061.62
Разница между базовым и разрабатываемым проектами						1499		477.62

4.3.2 Расчет себестоимости продукции

Так как на участке наплавляются несколько изделий, то для упрощения экономических расчетов принимается изделие-представитель – вкладыш. Все остальные изделия сводятся к нему по количеству наплавленного металла. В таблице приведены данные по пересчету изделий на вкладыши.

Таблица 4.6 – Пересчет изделий на вкладыши (годовой выпуск).

Наименование	Количество	Эквивалентное количество вкладышей
Вкладыши	720	720
Валки	60	47
Конуса	500	100
Кольца	500	39.7
Все диски	300	178
Всего	–	1085

- Расчет затрат на основные материалы

При определении себестоимость продукции рассчитываются все основные статьи расходов, формирующиеся в цехах. Затраты на основные материалы рассчитываются по формуле:

$$M_o = Q_o \cdot Z_o \cdot \left(\frac{100 + P_{т з}}{100}\right) - Q_{от х} \cdot Z_{от х}, \qquad (4.19)$$

где Q_o – объем основных материалов, т;

Z_o – стоимость производства одной тонны изделия, тыс.руб/т;

$P_{тз}$ – процент транспортно-заготовительных расходов;

$Q_{отх}$ – объем отходов, т;

$Z_{отх}$ – стоимость отходов (10% от Z_o).

Стоимость металла сталь 20Х на годовую программу:

$$M_o = 364.5 \cdot 60 \cdot \left(\frac{100 + 5}{100}\right) - 0 \cdot 1.5 = 23000 \, т \; тыс.руб.$$

- Расчет затрат на вспомогательные материалы

Затраты на вспомогательные материалы рассчитываются по формуле:

$$M_{всп} = Q_{всп} \cdot Z_{всп} \cdot \left(\frac{100 \cdot P_{т з}}{100}\right),$$

где $Q_{всп}$ – объем основных материалов, т;

$Z_{всп}$ – оптовая цена основных материалов, руб/т;

$P_{тз}$ – процент транспортно-заготовительных расходов.

Электродная лента

$$M_{эл.л.} = Q_{эл.л.} \cdot Z_{эл.л.} \cdot \left(\frac{100 \cdot P_{тз}}{100} \right) = 85 \cdot 75 \cdot 1.05 = 6700 \, т \; тыс.руб.,$$

где $Q_{эл.л.}$ – масса электродной ленты, т;

$Z_{эл.л.}$– оптовая цена электродной ленты, тыс.руб/т;

$P_{тз}$ – процент транспортно-заготовительных расходов.

Флюс

$$M_{фл.} = Q_{фл.} \cdot Z_{фл.} \cdot \left(\frac{100 \cdot P_{тз}}{100} \right) = 60 \cdot 25 \cdot 1.05 = 1580 \, т \; тыс.руб.,$$

где $Q_{фл.}$ – масса флюса, т;

$Z_{фл.}$ – оптовая цена флюса, тыс.руб/т;

$P_{тз}$ – процент транспортно-заготовительных расходов.

Газ на подогрев детали

Расход природного газа на годовую программу выпуска – 3250м^3. Стоимость *1000м^3* природного газа – 500руб., на годовую программу выпуска - 1.62 тыс. руб.

Расход кислорода на годовую программу выпуска – 7800м^3. Стоимость *1000м^3* кислорода – 10 тыс.руб., на годовую программу выпуска - 78 тыс. руб.

- Расчет затрат на электроэнергию

Затраты на электроэнергию (на годовую программу выпуска) рассчитываются по формуле:

$$C_{э.эн} = Q_{э.эн} \cdot Z_{э.эн} = 308300 \cdot 0.91 = 280 \, т \; тыс.руб$$

- Расчет затрат на заработную плату и социальное страхование

Для составления сметы проектных работ сначала следует рассчитать заработную плату. Расчет заработной платы выполняется в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Фонд заработной платы основных рабочих.

Профессия, Специальность		Разряд работ	Количество рабочих	Коэффициент занятости	Осн. з/п, тыс.руб	Доп. з/п, тыс.руб	Полная з/п, тыс.руб	Отчисл. на соц. страх., тыс.руб
Электросварщик		4-5	4	0.89	1440	86.4	1526.4	564.768
Токарь		4-5	1	0.476	170	10.2	180.2	66.674
Дефектоскопист		2 уровня	1	0.798	360	21.6	381.6	141.192
		Итого:	6	-	1970	118.2	2088.2	772.634

- Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования рассчитываются по укрупненному методу, задавшись их процентом от основной заработной платы (за исключением амортизации оборудования). Для сварочных цехов этот процент составляет 210% от основной заработной платы [13].

$$C_{сэо} = 2.1 \cdot Ф_{зо} = 2.1 \cdot 276 = 580 \, т \; ыс. руб.$$

- Общецеховые расходы

При подсчете общецеховые расходы принимаются за 90-110% от суммы основной заработной платы и расходов на содержание оборудования [13]:

$$C_{цех} = C_{сэо} + Ф_{зо} = 580 + 276 = 856 \, т \; ыс. руб.$$

- Общезаводские и внепроизводственные расходы

При укрупненных расчетах общезаводские расходы берутся в процентах от основной заработной платы. Для мелкосерийного производства – 130-160% от основной заработной платы [13].

$$C_{общ. зав.} = 1.4 \cdot Ф_{зо} = 1.4 \cdot 276 = 386 \, т \; ыс. руб.$$

Внепроизводственные расходы, связанные со сбытом продукции, определяются в размере 2-3% от производственной (заводской) себестоимости [13]. $C_{внепр.} = 34170 \cdot 0.02 = 683 \, т \; ыс. руб.$

На основании выполненных расчетов по отдельным статьям затрат составляется калькуляция себестоимости изделия, выпускаемой

спроектированным участком. Подведение итогов по данной калькуляции дает возможность определить полную себестоимость изделия.

Таблица 4.8 – Калькуляция себестоимости изделия [13]

Наименование статей затрат	Сумма затрат, тыс.руб.		Удельный вес затрат, %
	на изделие	на годовой выпуск	
1. Основные материалы и п/ф за вычетом отходов	21.2	23000	50.88
2. Вспомогательные (сварочные) материалы	7.63	8280	18.31
3. Энергия, топливо для технических целей	0.332	360	0.8
4. Основная зарплата производственных рабочих	1.8157	1970	4.36
5. Дополнительная зарплата произв. рабочих	0.109	118.2	0.27
6. Отчисления на социальное страхование	0.7121	772.634	1.7
7. Расходы по содержанию и эксплуатацию оборудования	2.7235	2955	6.5
8. Амортизация оборудования	0.9785	1061.62	2.3
9. Общецеховые расходы	4.0853	4432.5	9.8
10. Итоговая цеховая себестоимость	39.5853	42949.954	95
11. Общезаводские расходы	1.271	1379	3

Окончание таблицы 4.8

12. Итого производственная себестоимость	40.8562	44328.954	98
13. Внепроизводственные расходы	0.8172	886.5791	2
14. Итого полная себестоимость	41.6733	45215.5331	100
Себестоимость одного вкладыша в базовом проекте – 50 тыс.руб.			
Себестоимость одного вкладыша в разрабатываемом проекте округленно составляет – 41.7 тыс.руб.			

4.4 Экономическое обоснование проекта

Анализ безубыточности проекта проводится с целью оценки критического объема производства N_{min} , при котором прибыль становится нулевой, так как выручка от реализации совпадает с издержками производства. Сравнение критического объема производства (точки безубыточности) с планируемым объемом $N_г$ позволяет определить так называемый запас прочности производства [14].

Для анализа безубыточности необходимо в полной себестоимости изделия выделить переменные (зависимые от объема производства) и постоянные (не зависимые от объема производства) затраты, используя данные таблицы 4.8.

К переменной составляющей относят: стоимость основных материалов, вспомогательных материалов, энергию для технологических целей, затраты на основную и дополнительную заработные платы, отчисления от заработной платы. Получается: *A = 34500.8 тыс.руб.* на годовую программу выпуска.

К постоянным затратам относят: расходы по содержанию и эксплуатации оборудования, общецеховые расходы, амортизационные отчисления. Получается: *B=8449.12 тыс.руб*. на годовую программу выпуска.

Точка безубыточного объема производства рассчитывается по данным таблицы 4.9 и формулам, учитывающим зависимость объемов реализации Q_p и общих издержек C от объемов выпуска и реализации в натуральном выражении N.

$$Q_p = C \cdot N \qquad (4.20)$$

$$C = A \cdot N + B \,,$$

где C – себестоимость выпуска, руб/год.

$N = 1085$ *шт/год* – годовой объем выпуска.

A=34.5 млн.руб/год – переменные издержки на годовую программу выпуска.

B=8449.49 тыс.руб/год – постоянные издержки на годовую программу выпуска.

Таблица 4.9 – Данные для построения графика безубыточности

Показатель	Сумма		Структура в % к цене
	На 1 вкладыш, руб.	На программу, тыс.руб.	
Себестоимость С	41700	45244.5	100
Переменные издержки А	31797.3	34500	76
Валовая маржа (вклад)	9005.5	9082	20
Постоянные издержки В	7787.2	8449.49	18.5
ΔC	8300	9005,5	43

Критический объем производства в натуральном выражении:

$$N_{\min} = \frac{B}{C + \Delta C - a} = \frac{8449.49}{41.7 + 8.3 - 31.8} \approx 464 \frac{\text{шт}}{год} \qquad (4.21)$$

Для иллюстрации полученного решения строится график безубыточности (рисунок 4.1).

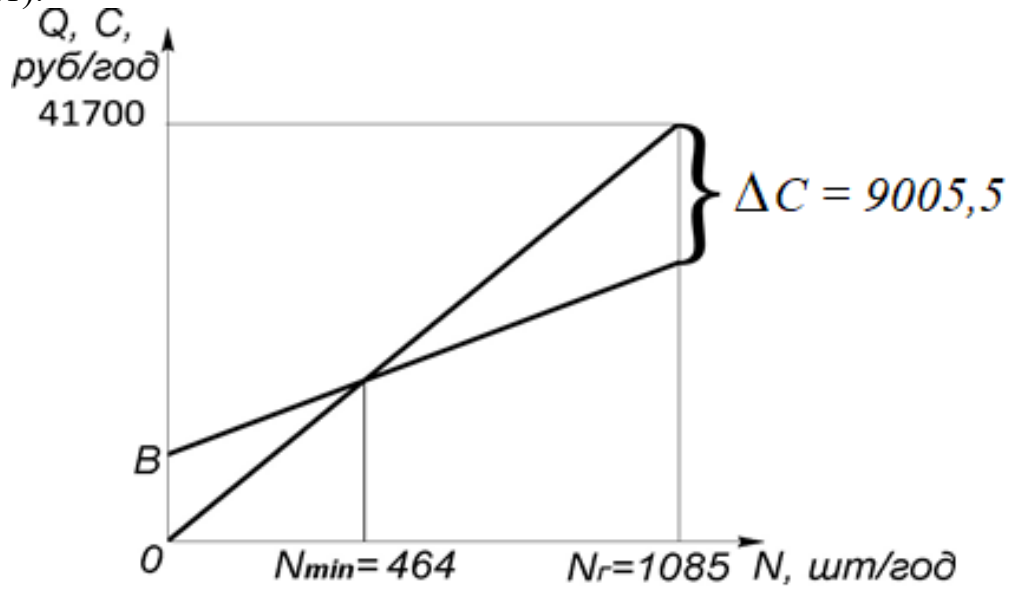

Рисунок 4.1 – Определение N_{min}

Для оценки полученного значения N_{min} необходимо рассчитать относительный запас прочности:

$$\delta = \frac{N_{\text{год}} - N_{\min}}{N_{\text{год}}} \times 100\% = \frac{1085 - 464}{1085} \times 100 = 57.2\% \qquad (4.22)$$

Запас прочности показывает, что на 57.2% можно снизить объем производства без угрозы его финансового положения. Анализ графика на рисунке показывает, что при изготовлении деталей в количестве 464 штуки в течении 5 месяцев достигается безубыточный процесс. Далее происходит процесс получения чистой прибыли. Так как все наплавляемые детали технологического оборудования по объему наплавляемого металла приведены к условным вкладышам стана окончательной формовки труб с годовой программой 1085 штук в год , а разница в себестоимости одного вкладыша по предлагаемому в дипломном проекте варианту и базовому варианту составляет $\Delta C = 50\text{-}41{,}7 = 8{,}3$ тыс. руб., годовой экономический эффект сотавляет

$$Э_{год} = N_{год}\,\Delta C = 8{,}3\ 1085 = 9005{,}5 \text{ тас.руб.} \qquad (4.23)$$

С учетом того, что окупаемость проектного варианта по ряду нормативов может колебаться до 5 лет, а проектном варианте она составляет 5 месяцев. Проект является экономически эффективным и окупаемым.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте предложены способы наплавки деталей технологического оборудования для изготовления труб на стане 530-820. Основной металл всех деталей заменен на низкоуглеродистую конструкционную сталь 20Х с последующей наплавкой износостойким материалом - электродной лентой, что уменьшает глубину проплавления. Для вкладышей штампа выбирали электродную ленту 20Х24Н18 по ГОСТ 4986-79. Наплавка осуществлялась под флюсом АН - 20С. Наплавленный металл имеет однофазную аустенитную структуру. Важным свойством наплавленного металла является высокая стойкость против коррозии, так как в процессе работы, для уменьшения трения, вкладыши поливаются водой. Вторым важным свойством является то, что аустенитный наплавленный слой является немагнитным, а к рабочей поверхности вкладыша не будут прилипать металлические частицы, образующиеся при формовке листа. Это предотвращает задиры на поверхности вкладыша и увеличивает его срок службы. При этом повышается качество трубной заготовки.

Для остальных деталей применяли электродную ленту 30ХГСА. При наплавки тел вращения зенит электродной ленты сдвигали на длину ванны в сторону от вращения. В результате предложенной технологии у вкладыша, валка и дисков сроки службы увеличились примерно в 2 раза, себестоимость одного вкладыша снизилась с 50 тыс.руб. до 41,7 тыс.руб. У кольца и конуса проплавление основного металла снизилось примерно в 3 раза, что привело к меньшему смешиванию наплавленного и основного металлов, следовательно, более стабильному химическому составу наплавленного металла и в результате - большему сроку службы.

Были рассчитаны режимы наплавки для каждой из деталей. Для подогрева валка перед наплавкой был разработан индуктор и рассчитаны его параметры, основные размеры и режим нагрева. Для наплавки вкладыша было

спроектировано приспособление, позволяющее закрепить в нем вкладыш и позиционировать его относительно головки наплавочного аппарата.

Основной целью работы являлась экономия средств завода на эксплуатацию оборудования и времени, затрачиваемого на частую замену износившихся деталей. Взвесив все плюсы и минусы предлагаемого проекта можно сделать вывод, что он жизнеспособен и эффективен.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Фрумин, И.И. Автоматическая электродуговая наплавка/ И.И. Фрумин. – Харьков: Металлургиздат, 1961. - 421 с.

2 Толстых, И.А. Справочник по наплавке/ И.А. Толстых, В.А. Коротков. – Челябинск: Металлургия .-1990.- 382 с.

3 Шахматов, М.В. Технология изготовления и расчет сварных оболочек /М.В.Шахматов, В.В. Ерофеев, В.В. Коваленко. – Уфа: Полиграфкомбинат.- 1999.- 230с

4 Гулаков С. В. Наплавка под флюсом ленточным электродом / С. В. Гулаков, В. Н. Матвиенко.- 2006 -136 с.

5 Шахматов М.В. Контроль должен быть комплексным/ М.В. Шахматов, Д.М. Шахматов, Ю.И. Узбеков.- журнал «Технадзор».-2007 .-№5.- С.58-60.

6 Шахматов М.В. Несущая способность и неразрушающий контроль сварных соединений с дефектами/ М.В. Шахматов, В.В. Ерофеев.- В.В. Коваленко.-Челябинск: ЦНТИ.-2001.-230с.

7 Неразрушающий контроль и диагностика. Справочник./Под общей редакцией В.В. Клюева.- М.: Машиностроение.-1995.-488с.

8 Шахматов М.В. Производство сварных конструкций/ М.В. Шахматов, Д.М. Шахматов/ Учебное пособие. - Челябинск: ООО «ЦПС «Сварка и контроль»- 2009.-183 с.

9 Шамов, А.Н., Бодажков, В.А. Проектирование и эксплуатация высокочастотных установок/ А.Н. Шамов, В.А. Бодажков . – М: Машиностроение, 2014. -280 с.

10 Брауде М.З. Охрана труда при сварке в машиностроении / М.З. Брауде – М.: Книга по Требованию, 2013. – 141 с. ISBN 978-5-458-29092-0

11 Волкова А.А. Безопасность жизнедеятельности в примерах и задачах : Учеб. пособие / А. А. Волкова, В. Г. Шишкунов, А. О. Хоменко, Г. В.

Тягунов ; под общ. ред. канд. техн. наук, доц. А. О. Хоменко. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. — 120 с. ISBN 978-5-7996-2392-0

12 Матвиенко, В.Н./Наплавка ленточным электродом валков прокатных станов/ Матвиенко В.Н.- 2006. 120 с.

13 Клыков, Н.А. Производство сварных конструкций. Учебное пособие по курсовому проектированию/ Н.А. Клыков, М.В. Шахматов, В.Н. Голиков, А.В. Пуйко.- Челябинск: ЧГТУ, 1992.

14 Голиков В.Н. Производственно-финансовый менеджмент: Учебное пособие по курсовой работе. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003 (УОП Изд-ва). - 31 с.; ISBN 5-696-02617-6 (в обл.)

15 Казанцев И.А. Проектирование цехов и участков сварочного производства / И.А. Казанцев, С.Н. Чугунов, О.А. Кривенков. – Пенза: Пензенский государственный университет, 2012. – 49 с.

16 Клыков, Н.А., Руководство по дипломному проектированию /Н.А. Клыков, М.В. Шахматов, А.М. Попков, В.А. Стихин. – Челябинск: ЧГТУ.- 1990.48 с.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Номер листа				Номер документа	Подпись	Дата внесения изменения	Дата введения изменения
	Измененного	Замененного	Нового	Аннулированного				