

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Факультет «Материаловедение и металлургические технологии»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

должность, место работы

М.А. Иванов

подпись

И.О. Фамилия

« ____ » _____ 2019 г.

« ____ » _____ 2019 г.

Оптимизация технологии наплавки износостойкого слоя кольца
гидроразгрузки центробежного насоса

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ (МАГИСТЕР-
СКОЙ ДИССЕРТАЦИИ)
ЮУрГУ-15.04.01.2019.191.00 ПЗ ВКР**

Руководитель ВКР

Автор ВКР

магистрант группы П-246

Кривощёков, А. М.

Должность

Подпись

И.О., Фамилия

« ____ » _____ 2019 г.

« ____ » _____ 2019 г.

Нормоконтролёр

старший преподаватель

Ю.В. Безганс

« ____ » _____ 2019 г.

Челябинск, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РАЗДЕЛ	
1.1 Анализ конструкции центробежного насоса.....	9
1.2 Материал изделия и его свариваемость.....	12
1.3 Условия эксплуатации изделия	13
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	
2.1 Базовый вариант технологического процесса	15
2.2 Проектируемый вариант технологического процесса	23
2.3 Выбор способа сварки	26
2.4 Выбор сварочных материалов	31
2.5 Расчет режимов сварки	34
2.6 Выбор сборочного и сварочного оборудования	34
2.6.1 Описание конструкции сварочной установки (стенда)	34
2.7 Контроль качества	35
3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ	
3.1 Актуальность.....	38
3.2 Состояние вопроса исследования	38
3.3 Цель и задачи исследования.....	39
3.4 План эксперимента	39
3.5 Изготовление и контроль качества колец разгрузки.....	40
3.6 Изготовление образцов для проведения испытаний.....	45
3.7 Металлографические дюрOMETрические испытания	47
3.8 Проведение исследований на растровом электронном микроскопе.....	62
3.9 Натуральные испытания колец гидроразгрузки	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	70

ВВЕДЕНИЕ

Кольцо разгрузки, совместно с диском разгрузки служат для восприятия осевого усилия ротора. В ранних модификациях центробежных насосов использовались диски разгрузки и втулки гидропаты, которые изготавливались из стали 30Х13 с объемной закалкой на твердость по Роквеллу HRC 35...42.

В современных насосах, для повышения срока службы и улучшения характеристик насоса, диск разгрузки и кольцо разгрузки разделены. На кольцо разгрузки наносится твердосплавная наплавка, обеспечивающая высокий коэффициент скольжения и высокую износостойкость. При износе или повреждении колец разгрузки, диск разгрузки остается в исправном состоянии. Поэтому в большинстве случаев диск разгрузки не требует замены, а при очередном ремонте меняются только кольца разгрузки. Эффективность применения таких колец определяется наплавочным материалом и технологией наплавки, выбор которых требует соответствующего обоснования.

1.1 Анализ конструкции центробежного насоса

Центробежный горизонтальный секционный насос (ЦНСГ) предназначен для перекачки жидкости с помощью последовательно соединённых ступеней, каждая из которых даёт прирост энергии потоку жидкости (увеличивает напор). ЦНСГ (рисунок 1.1) применяют в системах водоснабжения и повышения давления в контурах холодной воды, в системах холодного водоснабжения промышленных, административных и жилых объектов, в системах водоотлива каменноугольных шахт, в системы подачи воды в нефтеносные пласты.

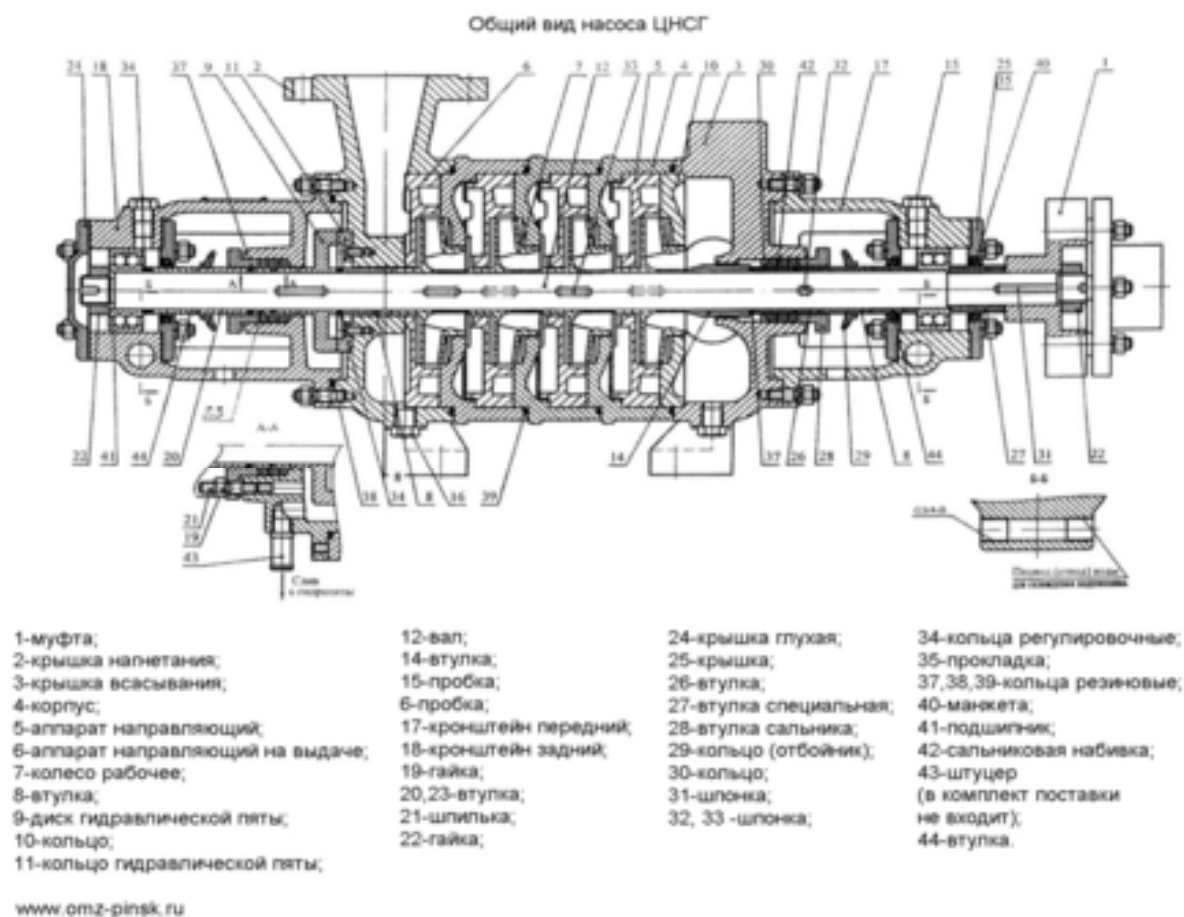


Рисунок 1.1 – Общий вид насоса ЦНСГ.

Принцип работы ЦНСГ заключается в следующем. Рабочее колесо, вращается и сообщает движение жидкости, находящейся между лопастями. Возникает центробежная сила, в результате действия которой, жидкость от центра рабочего колеса перемещается к выходу, и далее через направляющие на вход следую-

щего колеса. Освободившееся пространство снова заполняется жидкостью, поступающей из всасывающего трубопровода под действием давления. Так жидкость переходит с одного колеса на другое с увеличением давления жидкости на каждой ступени.

Особенностью работы центробежного насоса является наличие осевого усилия, действующего на вал рабочего колеса и направленного в сторону всасывающего патрубка. Осевое усилие, особенно у многоступенчатых секционных насосов, достигает больших величин, сильно нагружает подшипники и может приводить к смещению всего ротора насоса в сторону всасывающего патрубка и износу передних дисков рабочих колес.

В частности, для уравнивания осевого усилия, действующего на ротор в сторону всасывания, в многоступенчатых секционных насосах применяется гидравлическое разгрузочное устройство. Гидравлическое разгрузочное устройство автоматически обеспечивает равновесие ротора при всех режимах работы насосов.

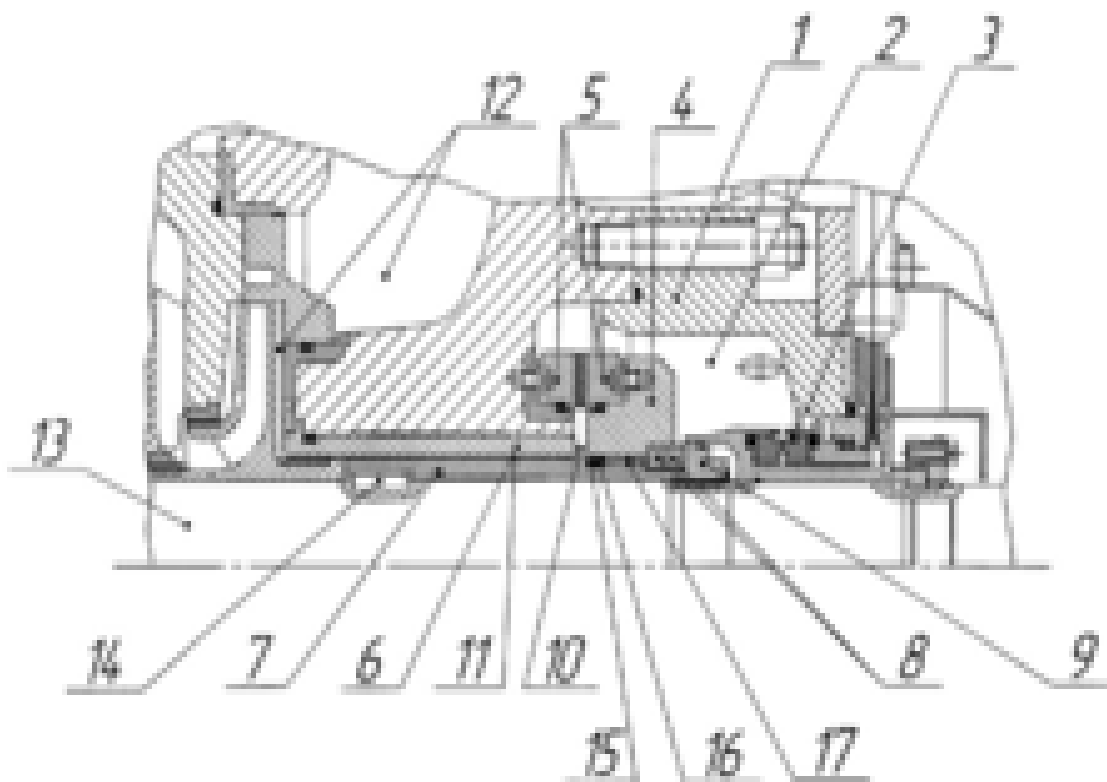


Рисунок 1.2 – Разгрузочное устройство.

Разгрузочное устройство, которое представлено на рисунок 1.2, состоит из следующих элементов: корпус 1 с полостью 2, сообщенной со входом насоса, и с

установленным концевым торцовым уплотнением 3; диск разгрузки 4; два кольца разгрузки 5 из стойкого к износу материала; втулку разгрузки 6; втулку дистанционную 7; сферические шайбы 8; гайку 9. Разгрузочная камера 10 посредством дросселирующей цилиндрической щели 11, образованной втулкой разгрузки 6 и втулкой дистанционной 7, сообщена с зоной нагнетания 12. Втулка дистанционная 7 посажена на вал 13 и воспринимает крутящий момент шпоночным соединением 14. Диск разгрузки 4 установлен по уплотнительному кольцу 15 на втулке дистанционной 7 и зафиксирован на ней в окружном направлении по шлицевому соединению 17 с посадкой по боковым поверхностям шлиц с зазором, а в осевом направлении зафиксирован гайкой 9 через пару сферических шайб 8, при этом гайка 9 наворачивается по резьбе на валу 13 до упора во втулку дистанционную 7. Разгрузочная камера 10 и полость 2 разобщены уплотнительным кольцом 15 и защитным кольцом 16.

Важной деталью разгрузочного устройства являются кольца разгрузки, которые всё осевое усилие ротора воспринимают на себя. Между кольцами возникает трение, которое приводит к быстрому их износу. В современных насосах, для повышения срока службы и улучшения их характеристик, эксплуатируются разделенные диск разгрузки и кольцо разгрузки. На кольцо разгрузки наносится твердосплавная наплавка, обеспечивающая высокий коэффициент скольжения и высокую износостойкость. При износе или повреждении кольца разгрузки, диск разгрузки не требует замены при очередном ремонте, меняются только кольца разгрузки (рисунок 1.3).

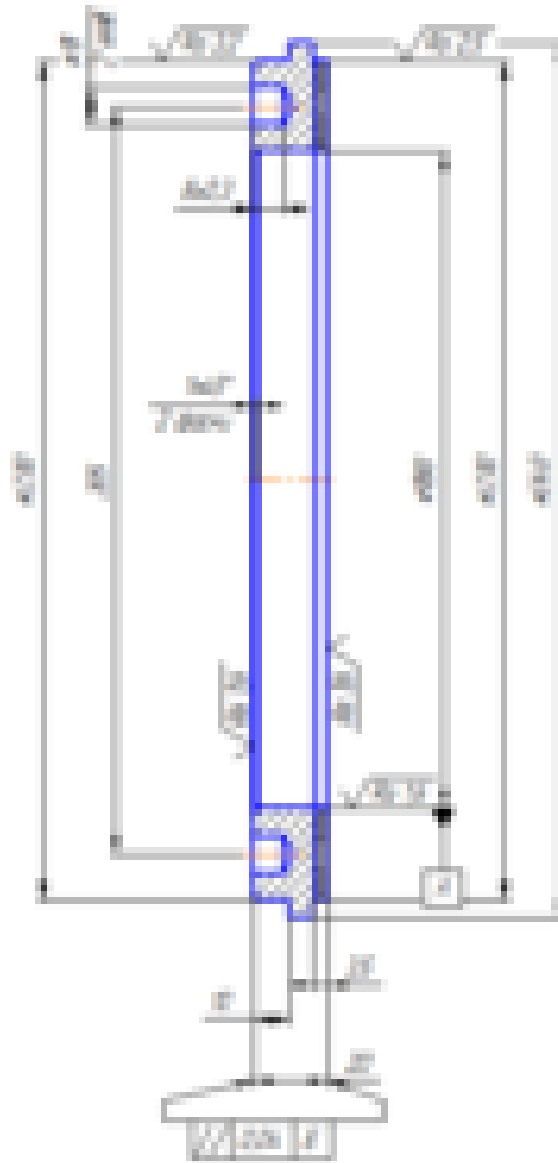


Рисунок 1.3 – Кольцо разгрузки.

1.2 Материал изделия и его свариваемость

Кольца разгрузки ЦНГС выполнены из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Эта марка стали является широко используемой и распространённой из всех отечественных марок нержавеющей сталей. В числе её основных преимуществ стоит выделить высокую ударную вязкость, пластичность и хорошую свариваемость. Химический состав и механические свойства стали 12Х18Н10Т приведены в таблицах 1.1; 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 12Х18Н10Т в %.

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Ti	Fe
До 0,12	До 0,8	До 2	9-11	До 0,02	До 0,035	17-19	До 0,3	0,4-1	67

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 12X18H10T при T=20°C

Сортамент	$\sigma_{в,}$	$\sigma_{т,}$	δ_5	ψ	KCU	Термообр.
-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	-
Прутки, ГОСТ 5949-75	510	196	40	55		Закалка 1020 - 1100°C, охлажде- ние воздух,

Сталь этой марки применяется в самых разных областях – используется для изготовления конструкций, работающих в различных агрессивных средах (в растворах азотной, уксусной, фосфорной кислот, щелочей и солей), при наличии избыточного давления в диапазоне температур от -196 до +600 °С.

Сталь 12X18H10T относится к классу аустенитных сталей и характеризуется хорошей свариваемостью при электродуговой сварке.

1.3 Условия эксплуатации изделия

Насосы ЦНС предназначены для перекачивания холодной воды температурой от 1 до 45°C с содержанием механических примесей не более 0,2% по массе при размере твердых частиц не более 0,2 мм с микротвердостью не более 1,46 ГПа.

Насосы ЦНС применяют в системах водоснабжения и повышения давления в контурах холодной воды, в системах холодного водоснабжения промышленных, административных и жилых объектов, в системах водоотлива каменноугольных шахт, в системы подачи воды в нефтеносные пласты.

Кольца разгрузки, всё осевое усилие ротора воспринимают на себя, между

кольцами возникает трение, которое приводит к быстрому износу деталей. На кольцо разгрузки наносится твердосплавная наплавка, обеспечивающая высокий коэффициент скольжения и высокую износостойкость

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Базовый вариант технологического процесса

Базовый вариант технологического процесса изготовления колец разгрузки представлен на рисунке 2.1 и включает в себя следующие операции:

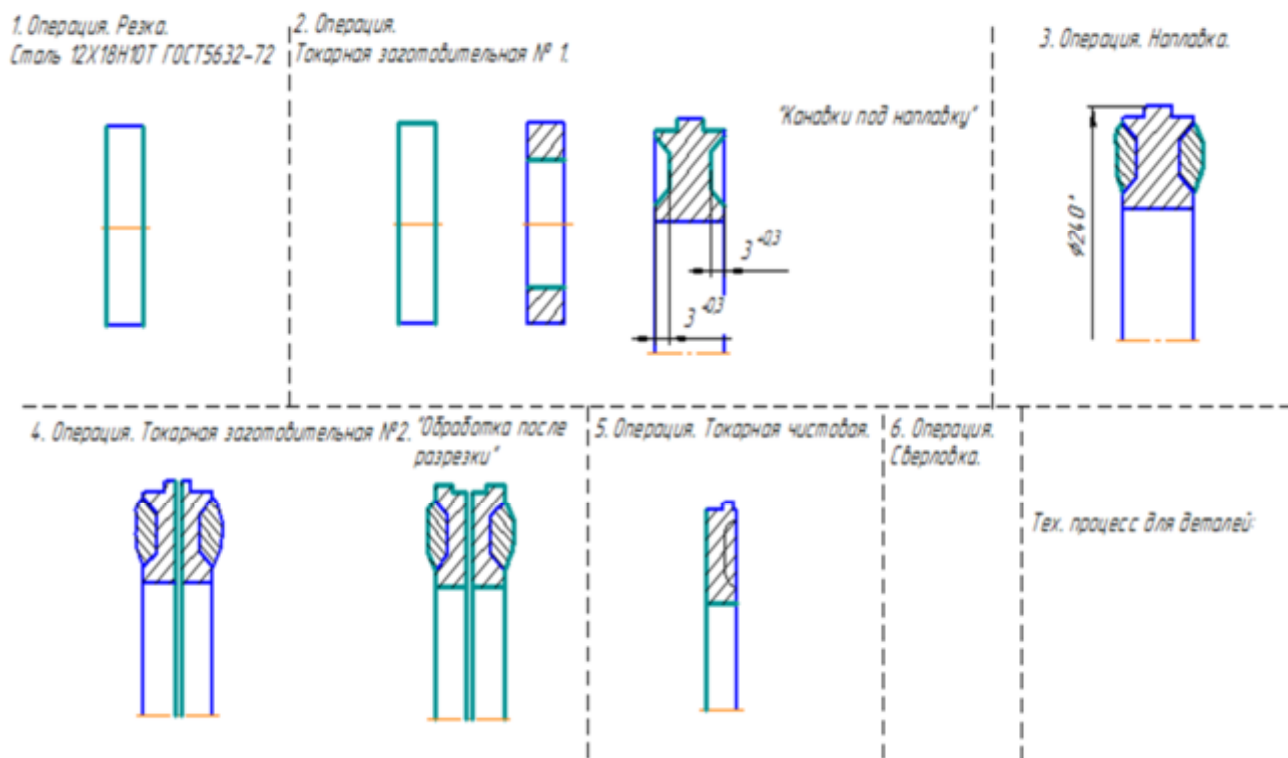


Рисунок 2.1 – Базовый вариант технологического процесса.

1. Операция резка, выполняется на ленточнопильном станке Jet MBS-1319VS (рисунок 2.2). Технические характеристики ленточнопильного станка Jet MBS-1319VS представлены в таблице 2.1

2. Операции токарная заготовительная №1 и №2, выполняются на токарном станке 1К62 (ДИП 300), общий вид которого приведен на рисунок 2.3. Технические характеристики токарного станка представлены в таблице 2.2

3. Операция наплавка, выполняется сварочным аппаратом РЕСАНТА САИ-220 (рисунок 2.4). Технические характеристики сварочного аппарата РЕСАНТА САИ-220 представлены в таблице 2.3.

Материал для твердосплавной наплавки электроды марки ESAB OK Weartrode 55 HD, диаметром 4 мм.

Эти электроды обеспечивают в наплавленном слое легированную мартенситную структуру, которую применяют для наплавки упрочняющих слоев, работающих в условиях интенсивного абразивного износа в сочетании с умеренными ударными нагрузками. Рекомендуемая температура предварительного подогрева

и межпроходная температура около 200°C. Наплавленный металл может быть отпущен при температуре 840-860°C с последующей закалкой с температуры 950-1000°C, охлаждение в масло или на воздухе.

Химический состав и значение твердости в каждом слое наплавки электродом марки ESAB OK Weartrode 55 HD представлены в таблицах 2.4; 2.5.

Режимы сварки представлены в таблице 2.6.

4. Операция токарно чистовая, выполняется на токарном станке 16A20Ф3 с ЧПУ (рисунок 2.5). Технические характеристики токарного станка 16A20Ф3 с ЧПУ представлены в таблице 2.7

5. Операция сверловка, выполняется на сверлильно-фрезерном станке СФ32Б (рисунок 2.6). Технические характеристики сверлильно-фрезерного станка СФ32Б представлены в таблице 2.8



Рисунок 2.2 – Ленточнопильном станке Jet MBS-1319VS.

Таблица 2.1 – Характеристики ленточнопильного станка Jet MBS-1319VS.

Наименование параметра	Значение
------------------------	----------

Напряжение, В	400
Макс. Ø обработки при 90°	Ø330 мм
Зона обработки при 90°	Ø330 мм, 305 мм, 127x483 мм
Зона обработки при + 45° вправо	Ø305 мм, 280 мм, 229x305 мм
Размеры ленточного полотна	27 x 0,9 x 3810 мм
Скорость движения полотна	30-105 м/мин
Диапазон поворота пильной рамы	0°/+45°
Угол поворота	-45/0
Мощность двигателя	2,2 кВт
Длина, ширина, высота	2030x750x1280 мм
Масса, кг	450 кг

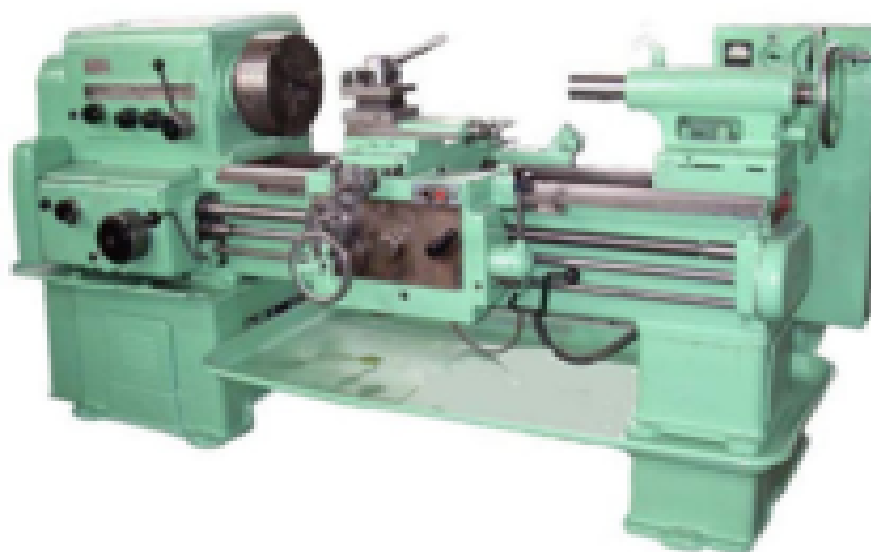


Рисунок 2.3 – Токарный станок 1К62 (ДИП 300)

Таблица 2.2 – Технические характеристики токарного станка 1К62

Наименование параметра	Ед.изм.	Значение
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над станиной	мм	400
Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки над суппортом	мм	220

Наибольшая длина обрабатываемой заготовки	мм	1000
Наибольшая масса устанавливаемой заготовки		
- закрепленного в патроне	кг	300
- закрепленного в центрах	кг	1300
Число ступеней частот вращения шпинделя		
- прямого		23
- обратного		12
Наибольшее сечение резца	мм	25
Габаритные размеры станка	ДхШхВ	2812x1166x1324
Масса станка	кг	2140



Рисунок 2.4 – Сварочный аппарат РЕСАНТА САИ-220

Таблица 2.3 – Технические характеристики сварочного аппарата РЕСАНТА САИ-220

Наименование параметра	Значение
Диапазон рабочего напряжения, В	140-240
Максимальный потребляемый ток, А	30
Напряжение холостого хода, В	80

Напряжение дуги, В	28
Диапазон регулирования сварочного тока, А	10-220
Продолжительность нагружения, %	70% 220А
Максимальный диаметр электрода, мм	5 мм
Класс защиты	IP21
Масса, кг	6

Таблица 2.4 – Химический состав электродов марки ESAB OK Weartrode 55 HD

Содержание химических элементов в %					
С	Si	Mn	P	Cr	S
0,69	0,58	0,7	0,014	10	0,004

Таблица 2.5 – Значение твердости в каждом слое наплавки электродом марки ESAB OK Weartrode 55 HD

Число слоев	Твердость
в 1-м слое	52...59 HRC
во 2-м слое	52...59 HRC
в 3-м слое	53...59 HRC

Таблица 2.6 – Режимы сварки

Дэл (мм)	Ісв (А)	Uд (В)
4	125	25

Кольцо разгрузки после наплавки (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Кольцо разгрузки после наплавки



Рисунок 2.6 – Токарный станок 16А20Ф3 с ЧПУ

Таблица 2.7 – Технические характеристики токарного станка 16А20Ф3 с ЧПУ

Наименование параметров	Ед.изм.	Величины
Наибольший диаметр изделия, устанавливаемого над станиной	мм	500
Наибольший диаметр изделия, обрабатываемой над станиной	мм	320

Максимальная рекомендуемая скорость рабочей продольной подачи	ММ/МИН	2000
Максимальная рекомендуемая скорость рабочей поперечной подачи	ММ/МИН	1000
Количество управляемых координат		2
Количество одновременно управляемых координат		2
Точность позиционирования	ММ	0,01
Повторяемость	ММ	0,003
Количество позиций инструментальной головки		6
Габаритные размеры станка	ММ	3700x2260x1650
Масса станка (без транспортера стружкоудаления)	КГ	4000



Рисунок 2.7 – Сверлильно-фрезерный станок СФ32Б

Таблица 2.8 – Технические характеристики сверлильно-фрезерного станка СФ32Б

Характеристика	Значение
Наибольший диаметр сверления в стали	31,75

45, мм	
Наибольший диаметр концевой фрезы, мм	25
Наибольший диаметр торцевой фрезы, мм	100
Диапазон нарезания резьбы в стали	M3...M27
Конус шпинделя по СТ СЭВ 148-75	Морзе 3
Наибольшие перемещения шпинделя, мм	X=500 / Y=250 / Z=300
Число оборотов шпинделя, об/мин	90 ... 1400
Подача шпинделя	ручная
Мощность электродвигателя, кВт	1,3
Напряжение питания, В	380
Габаритные размеры, мм	1300x1060x1930
Масса СФ32 Б станка, кг не более	1100

Краткий вывод: при наплавленном слое глубиной 3 мм, твердость HRC 40 единиц, что является достаточно низкой для твердосплавной наплавки. Процесс сварки медленный и трудоемкий.

2.2 Проектируемый вариант технологического процесса.

Проектируемый вариант технологического процесса (рисунок 2.9)

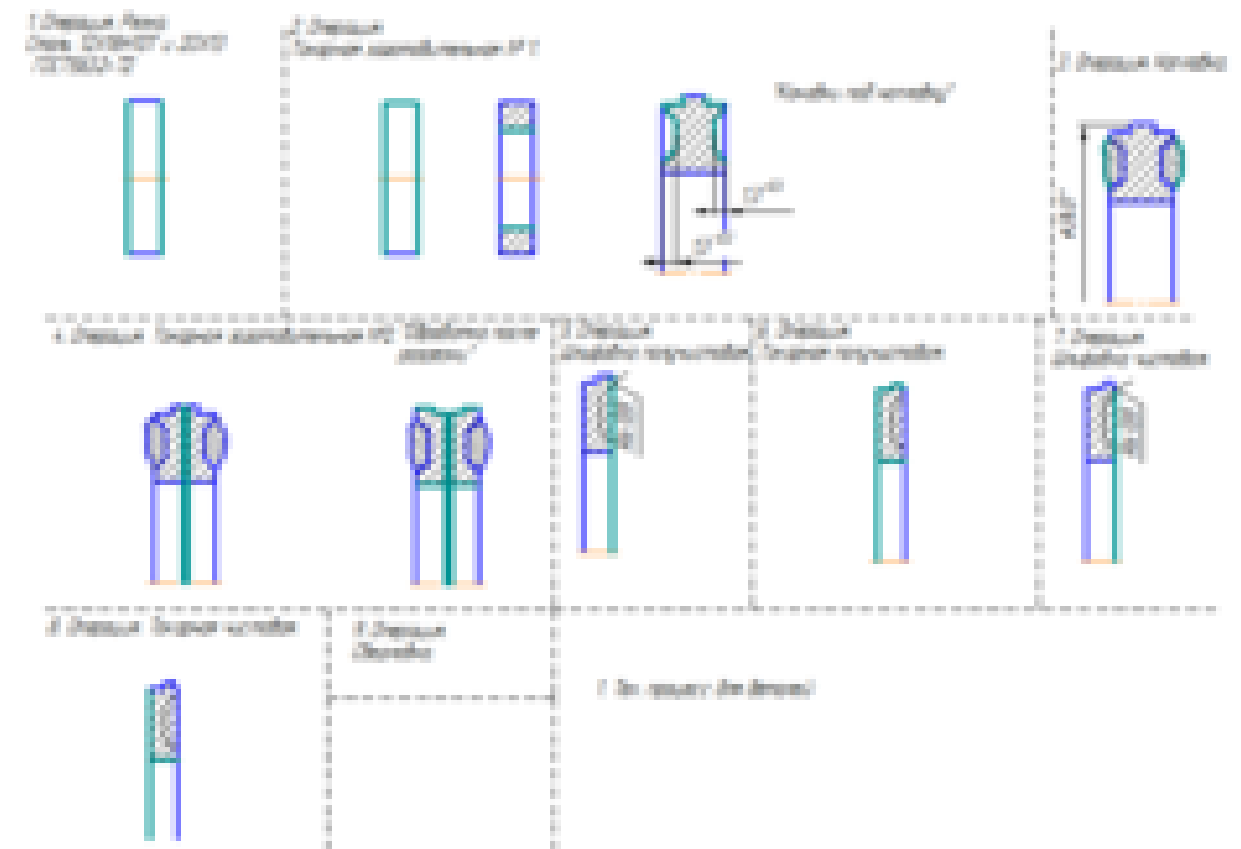


Рисунок 2.9 – Проектируемый вариант технологического процесса

Для оптимизации данного процесса решили изменить способ сварки (наплавки), вместо ручной дуговой сварки (наплавки) плавящимся электродом использовать наплавочную горелку. Вместо электродов использовать порошок на никелевой основе с добавлением карбида вольфрама, и еще один такой же порошок без добавления карбида вольфрама. Металл детали 12Х18Н10Т и 20Х13.

Возникли трудности при обработке, наплавка не поддается обработке на токарном станке, были вынуждены обрабатывать деталь на плоскошлифовальном станке 3Л722 (рисунок 2.10). Технические характеристики плоскошлифовального станка 3Л722 представлены в таблице 2.9



Рисунок 2.10 – Плоскошлифовальный станок 3Л722

Таблица 2.9 – Технические характеристики плоскошлифовального станка 3Л722

Наименование параметров	Ед.изм.	Величины
Наибольшие размеры обрабатываемого изделия при номинальном диаметре круга без электромагнитной плиты (ДхШхВ)	мм	1250х320х400
Наименьшие размеры обрабатываемого изделия, закрепленного на электромагнитной плите (ДхШхВ)	мм	50х40х3
Наибольшая масса обрабатываемого изделия на плите электромагнитной	кг	400
Скорость шлифования при наибольшем диаметре шлифовального круга	м/сек	34,4
Габаритные размеры станка (ДхШхВ)	мм	4810х2660х2660
Масса станка	кг	7000

Химический состав в % стали 20Х13 представлен в таблице 2.10

Таблица 2.10 – Химический состав стали 20Х13 в %.

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0.16 - 0.25	до 0.6	до 0.6	до 0.6	до 0.025	до 0.03	12 - 14

Механические свойства при $T=20^{\circ}\text{C}$ стали 20Х13 представлены в таблице 2.11

Таблица 2.11 – Механические свойства при $T=20^{\circ}\text{C}$ стали 20Х13.

Сортамент	Размер	s_B	s_T	d_5	y	КСУ	Термообр.
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Пруток, ГОСТ 5949-75		650-830	440-635	10-16	50-55	590-780	Закалка и отпуск
Пруток, ГОСТ 18968-73		670	490-655	18	50	690	Нормализация и отпуск

Твердость 20Х13 после отжига , Пруток ГОСТ 5949-75	НВ $10^{-1} = 126 - 197$ МПа
Твердость 20Х13 после нормализации и отпуска , Пруток ГОСТ 18968-73	НВ $10^{-1} = 207 - 241$ МПа

2.3 Выбор способа сварки

Рассмотрено три способа сварки (наплавки):

- Механизированная дуговая сварка (наплавка) под флюсом
- Ручная аргонодуговая сварка (наплавка) неплавящимся электродом в защитном газе
- Сварка (наплавка) газовой горелкой

1. Сварка под флюсом является самым распространенным способом механизированной дуговой сварки плавящимся электродом. При сварке под флюсом применяется электродная проволока, свернутая на кассету или в бухту. Ее подача в зону дуги по мере плавления, а также перемещение вдоль свариваемых кромок механизированы и осуществляются сварочным автоматом, имеющим специальные устройства – бункер для внесения в зону сварки флюса и отсоса нераспла-

вившейся его части со шва для возврата в бункер. Сварку под флюсом осуществляют на постоянном и переменном токах. Роль сварщика, работающего со сварочным автоматом, сводится к настройке рабочих параметров режима, к наблюдению за процессом и корректировке его с помощью пульта управления. Поскольку дуга, находящаяся под флюсом, невидима, это исключает возможность визуального наблюдения за ходом процесса. В то же время это обеспечивает практическое отсутствие таких неблагоприятных факторов воздействия на сварщика, как излучение, сварочные аэрозоли и брызги металла и шлака.

Недостатки сварки под флюсом:

- Трудозатраты с производством, хранением и подготовкой сварочных флюсов;
- Трудности корректировки положения дуги относительно кромок свариваемого изделия
- Высокая вносимая погонная энергия, вследствие чего большие коробления;
- Необходимость термоправки, особенно на концах изделия.

2. Аргонная сварка неплавящимся электродом используется при сварке нержавеющей сталей. Способ сварки обеспечивает хорошее качество и формирование сварных швов, позволяет точно поддерживать глубину проплавления металла.

Сварка в аргоне может успешно применяться как при сварке мелких деталей, так и при сварке крупногабаритных изделий и в бытовых условиях и на производстве и при проведении строительного-монтажных работ.

Преимущества аргонно-дуговой сварки

На выбор аргонно-дуговой сварки должны повлиять преимущества, которые не могут быть достигнуты ни одним другим методом обработки металла. А именно:

- Незначительный нагрев поверхности металла. Использование метода сварки с использованием аргона позволяет выполнить сварные работы качественно.

- Качественный ровный и тонкий шов.

Недостатки:

- Достаточно сложное оборудование, требующее точной настройки.

- Относительная сложность сварочных работ, требующая опыта и сноровки.

- Невысокая производительность.

3. Сварка газовой горелкой

При газовой наплавке в качестве источника теплоты для получения наплавленного слоя металла используется газовое пламя. Газовым пламенем специальных горелок можно производить наплавку, напыление покрытий, а также их оплавление. Газовое пламя получают при сжигании газообразных продуктов в кислороде. В качестве горючего газа чаще всего применяют ацетилен, максимальная температура пламени которого составляет 3150 °С. Используют для этих целей также пропан-бутан.

При наплавке, в отличие от сварки, желательна малая глубина проплавления основного металла, поэтому наплавку выполняют способом скоростной сварки. При сварке (наплавке) таким способом используют горелку с соплом большого диаметра, нагревая основной металл науглероживающим пламенем. При сварке с использованием горючей смеси, обогащенной ацетиленом, на поверхности металла оседают частицы восстановленного углерода, образуя тонкий науглерожженный слой толщиной ~0,02 мм. Вследствие снижения точки плавления металла науглерожженного слоя происходит расплавление только в тонком поверхностном слое. Возникновение этого явления, называемого "запотеванием", свидетельствует о готовности основного металла к газовой наплавке. "Запотевание" основного металла в сочетании с применением присадочного материала создает особо благоприятное условие для газовой наплавки с незначительным проплавлением основного металла. Появление "запотевания" позволяет также опреде-

лить момент нагрева до температуры наплавки и точнее выбрать время подачи наплавочного материала. Вместе с тем науглероживание поверхности при наплавке этим способом вызывает повышение содержания углерода в наплавленном металле, что оказывает неблагоприятное влияние на его механические свойства и коррозионную стойкость. В связи с этим в настоящее время рассмотренный способ применяют только при наплавке высокохромистого сплава на основе железа и других высокоуглеродистых наплавочных материалов, тогда как при нанесении покрытий из коррозионно-стойкой стали, для которой науглероживание нежелательно, применяют способы дуговой наплавки плавящимся и вольфрамовым электродами в среде инертного газа.

Способы газопламенной наплавки с использованием наплавочных материалов в виде прутков, стержней и проволоки являются в известной мере традиционными. Они давно применяются в промышленности и по технике исполнения мало отличаются от электродуговых методов. Наряду с этими способами получил значительное развитие способ газопорошковой наплавки.

Для наплавки используют специальные горелки (рисунок 2.12).

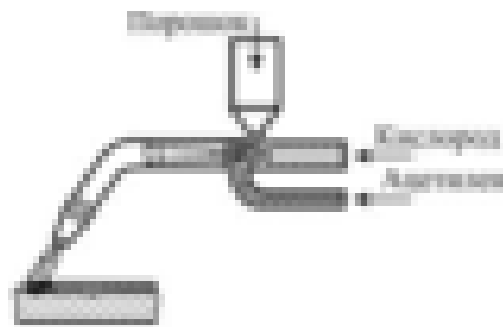


Рисунок 2.12 - Горелка для газопорошковой наплавки

Оборудование поста газовой сварки (рисунок 2.13):

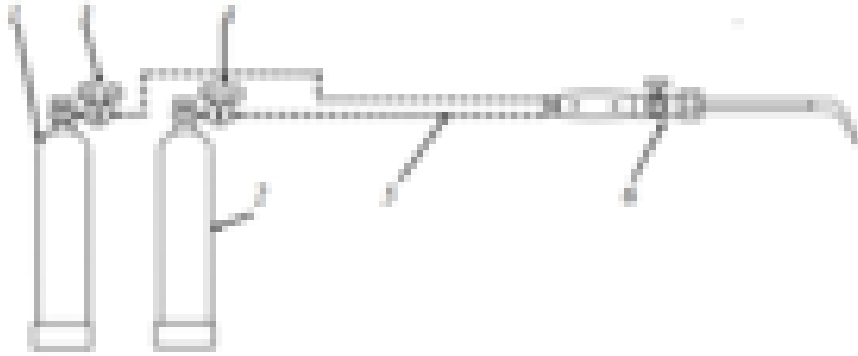


Рисунок 2.13 - Оборудование поста газовой сварки

1. — баллон кислородный;
2. — баллон ацетиленовый;
3. — редуктор кислородный;
4. — редуктор ацетиленовый;
5. — газовые рукава;
6. — горелка

Основные достоинства способа: малое проплавление основного металла; универсальность и гибкость технологии; возможность наплавки слоев малой толщины.

Основные недостатки способа: нестабильность качества наплавленного слоя.

На основе рассмотренных способах сварки, изучив недостатки каждого способа, остановили свой выбор на сварке газовой горелкой.

Газовую горелку выбрали ГН-2У (рисунок 2.14)

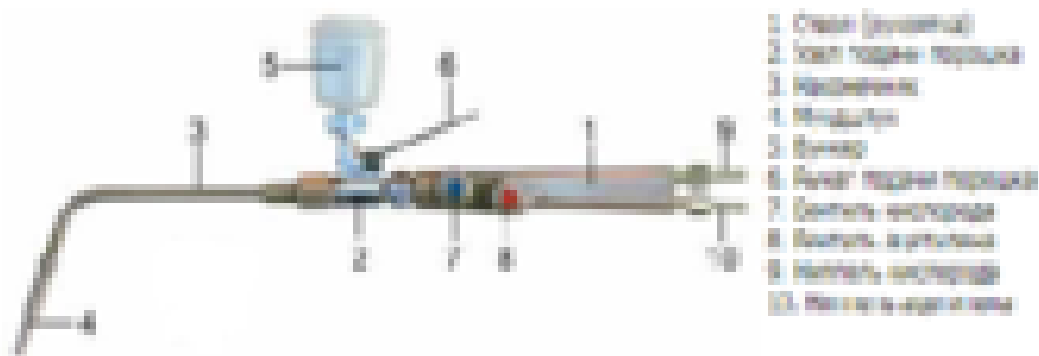


Рисунок 2.14 – Газовая горелка ГН-2У

Технические характеристики газовой горелки ГН-2У представлены в таблице 2.12

Таблица 2.12 – Технические характеристики газовой горелки ГН-2У

Наименование показателя	Номер мундштука	
	3А	4А
Давление, МПа (кгс/см ²)		
– кислорода	0,2/0,4 (2,0/4,0)	0,3/0,5 (3,0/5,0)
– ацетилена	0,02/0,08 (0,2/0,8)	0,03/0,1 (0,3/1,0)
Расход, л/ч не более:		
– кислорода	420	750
– ацетилена	400	700
Грануляция порошка, МКМ	10/160	10/160
Габаритные размеры	520x210x55	540x230x55

2.4 Выбор сварочных материалов

В данной работе используются следующие материалы для сварки.

1. Наплавляемый металл – порошок ПР-НХ17СР4+30%WC; порошок ПР-НХ17СР4.

2. Для сварки (наплавки) используется смесь газов – кислород и ацетилен (горючий газ).

Порошок ПР-НХ17СР4+30%WС на никелевой основе с добавлением карбида вольфрама 30%, порошок ПР-НХ17СР4 без добавления карбида вольфрама с размером частиц 40-100 мкм. Изделия, покрытые этими порошками устойчивы против газовой коррозии вплоть до температур 1120 К, стойки в пресной и морской воде, в солевых растворах, нефтесодержащих средах, аммиаке и в других агрессивных средах. Изделия, покрытые этими порошками, обладают твердостью 60-65 НРС.

Порошки применяются для упрочняющих покрытий деталей машин и оборудования горячих цехов металлургических заводов, нефтяных погружных и грунтовых насосов, газоперекачивающих установок, горно-добывающей, дорожной и с/х техники и других изделий. Химический состав применяемых порошковых проволок представлен в таблицах 2.13; 2.14.

Таблица 2.13 – Химический состав порошка ПР-НХ17СР4+30%W

Содержание химических элементов, %									
С	Si	В	Ni	S	P	Cr	W	O ₂	Fe
0,97	3,9	3,2	осн.	0,02	0,03	17	осн.	0,03	3,7

Таблица 2.14 – Химический состав порошка ПР-НХ17СР4

Содержание химических элементов, %								
С	Si	В	Ni	S	P	Cr	O ₂	Fe
0,97	3,9	3,2	осн.	0,02	0,03	17	0,03	3,7

Порошок ПР-НХ17СР4 на никелевой основе без добавления карбида вольфрама, обладает такими же свойствами, что и порошок ПР-НХ17СР4+30%WС, за исключением износостойкости. Кольца разгрузки, наплавленные порошком ПР-НХ17СР4+30%WС в среднем работают 8000 часов/год, а кольца разгрузки

наплавленные порошком ПР-НХ17СР4 работают 6000 часов/год, после чего они подлежат замен.

Кислород для газовой сварки

Кислород для газовой сварки необходим, чтобы обеспечить сгорание горючих газов или паров горючей жидкости. Кислород несколько тяжелее воздуха и его плотность составляет 1,33кг/м³. Кислород очень активен химически и он поддерживает горение газов при газовой сварке, образуя, при этом, большое количество теплоты.

Кислород хранят и транспортируют в кислородных газовых баллонах под давлением 15МПа. Баллон объёмом 40л способен под давлением 15МПа хранить до 6м³ кислорода. Кроме газовых баллонов, кислород может поставляться к месту сварки в жидком состоянии в специальных ёмкостях.

Для перехода жидкого кислорода в газообразный, применяют газификаторы и насосы с испарителями для жидкого кислорода. К сварочным постам для газовой сварки кислород подаётся по газопроводу. Транспортировка кислорода в газообразном состоянии позволяет уменьшить объём транспортировочной тары, приблизительно, в 10 раз, т.к. из 1л жидкого кислорода, при нормальных условиях, получается 860л газообразного кислорода.

Согласно ГОСТ 5583, для газокислородной сварки и резки металлов применяют технический кислород, который бывает трёх сортов. Первый сорт имеет чистоту 99,7% кислорода. Второй сорт с чистотой 99,5% кислорода. Третий сорт содержит не менее 99,2% кислорода по объёму.

Чистота кислорода имеет большое значение для газовой сварки и резки металлов. При снижении чистоты кислорода на 1%, качество сварки снижается и увеличивается расход кислорода, приблизительно на 1,5%.

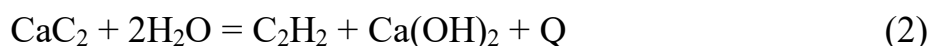
Ацетилен для газовой сварки

Ацетилен - один из самых распространённых газов, применяемых для газовой сварки. Наибольшее распространение ацетилен получил из-за того, что ацетиленокислородное газовое пламя имеет наибольшую температуру, по сравнению с другими горючими газами и газовыми смесями (см. таблицу выше).

Ацетилен образуется при взаимодействии карбида кальция CaC_2 с водой. Карбид кальция способен поглощать влагу из атмосферы и разлагаться под её воздействием. Поэтому, его хранят в герметичных барабанах из кровельной стали. Вместимость таких барабанов составляет 100-130кг. Получают карбид кальция при сплавлении в электропечах кокса и обожжённой извести [5]:



Ацетилен C_2H_2 представляет собой химическое соединение углерода с водородом. Для получения ацетилена используют ацетиленовые генераторы, в которые загружают карбид и воду. Химическое взаимодействие карбида кальция и воды протекает интенсивно, с большим выделением теплоты Q [5]:



Из 1кг карбида кальция можно получить до 300л ацетилена. При нормальных условиях ацетилен бесцветен и обладает резким специфическим запахом. Ацетилен легче воздуха, его плотность составляет $1,09\text{кг/м}^3$.

Ацетилен взрывоопасен, если он находится в смеси с воздухом и его концентрация составляет 2,2-81% по объёму. В смеси с кислородом ацетилен взрывоопасен, при его концентрации 2,8-93% по объёму. Наиболее взрывоопасны ацетиленокислородные смеси, содержащие 7-13% ацетилена.

Кроме карбида кальция, источниками ацетилена являются природный газ, нефть и уголь. Полученный из природного газа ацетилен называется пиролизным.

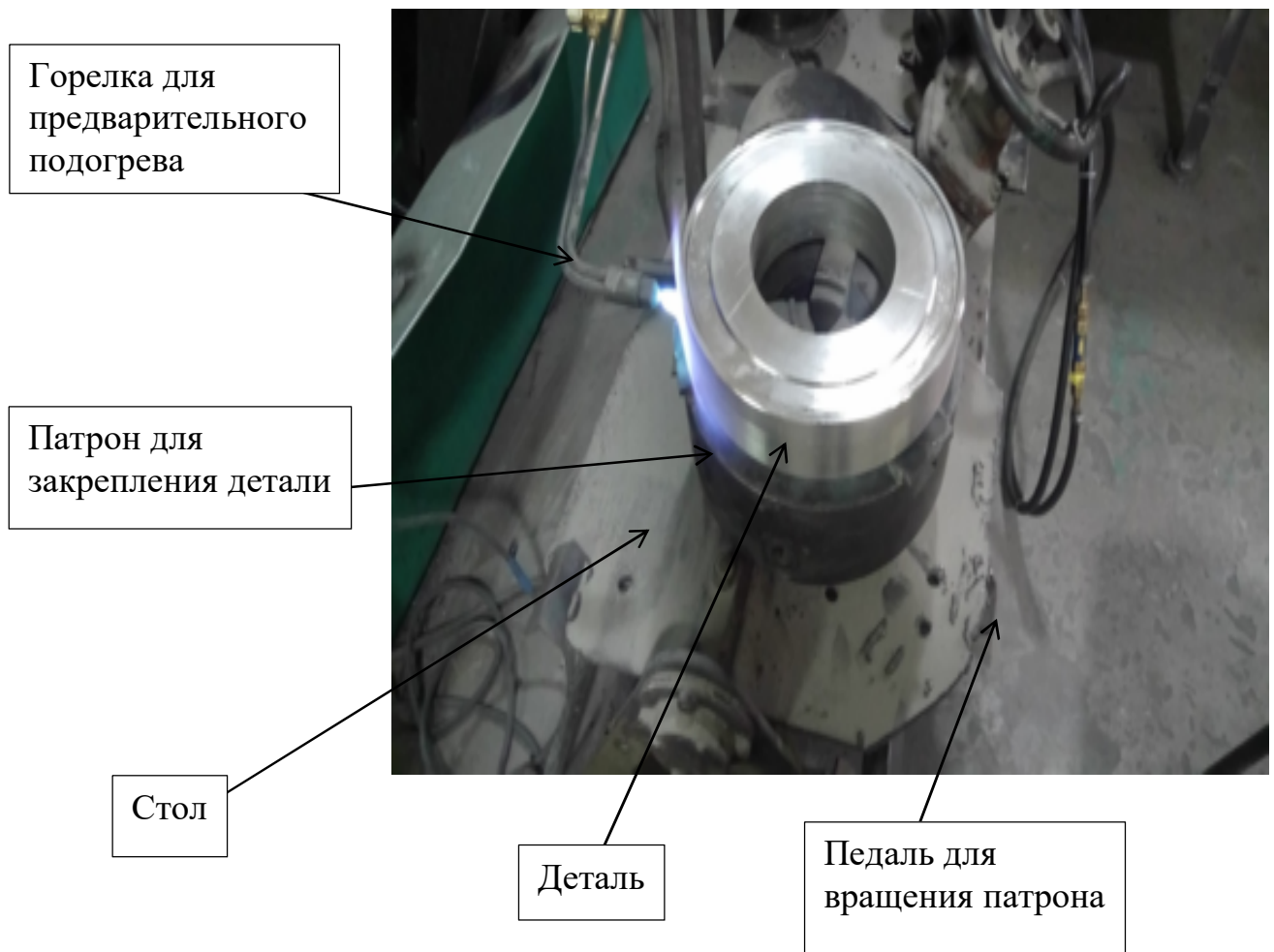
2.4 Расчет режимов сварки

Наименование показателя	Номер мундштука	
	3А	4А
Давление, МПа (кгс/см^2)		
– кислорода	0,2/0,4 (2,0/4,0)	0,3/0,5 (3,0/5,0)

– ацетилена	0,02/0,08 (0,2/0,8)	0,03/0,1 (0,3/1,0)
Расход, л/ч не более:		
– кислорода	420	750
– ацетилена	400	700

2.5 Выбор сборочного и сварочного оборудования

2.5.1 Описание конструкции сварочной установки (станда)



Деталь устанавливается и закрепляется в трехкулачковом патроне, зажигается дополнительная горелка для предварительного подогрева, включается механизм вращения, деталь нагревается до температуры 250-300°C, после чего механизм вращения отключается, и сварщик приступает к наплавке износостойкого слоя вращая деталь педалью.

2.7 Контроль качества

Визуально-измерительный контроль (ВИК) – внешний осмотр достаточно крупных сварных конструкций, как невооруженным глазом, так и при помощи различных технических приспособлений для выявления более мелких дефектов, не поддающихся первоначальной визуализации.

ВИК относится к органолептическим методам контроля и осуществляется в видимом спектре излучений. Визуальное обследование в поисках теоретических дефектов производят с внешней стороны сварного шва, где при их обнаружении можно выполнить минимальные измерения с помощью оптических приборов и инструментов.

Специалисты – контролеры при проведении визуального контроля сварных соединений металлов используют несколько видов инструментов.

Для контроля плоскостности и прямолинейности применяют поверочные плиты, линейки, плоские стеклянные пластины и различные устройства специального назначения.

Линейки. Прямолинейность поверхностей контролируют линейками двумя способами: на просвет и на краску. При контроле на просвет линейку острым ребром накладывают на контролируемую поверхность, а источник света помещают сзади. При отсутствии отклонений от прямолинейности и плоскостности свет нигде не должен пробиваться. Линейное отклонение определяют на глаз, путем сравнения с образцом просвета или при помощи набора щупов.

Капиллярная дефектоскопия – является одним из основных методов неразрушающего контроля и предназначена для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определения их расположения, протяженности (для протяженных дефектов типа непроваров, трещин) и их ориентации на поверхности. Капиллярный метод неразрушающего контроля (ГОСТ 18442-80) основан на капиллярном проникновении внутрь дефекта индикаторных жидкостей, хорошо смачивающих материал объекта – поверхность контроля и последующей

регистрации индикаторных следов (благодаря чему так же носит название цветная дефектоскопия).

В соответствии с техническими требованиями в большинстве случаев необходимо выявлять настолько малые дефекты, что заметить их при визуальном осмотре невооруженным глазом практически невозможно. В таких случаях наиболее применим - капиллярный метод контроля. Капиллярная дефектоскопия позволяет контролировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из различных материалов: черных и цветных металлов, сплавов, пластмасс, стекла, керамики и т.п. Капиллярный контроль широко востребован при дефектоскопии сварных швов.

При контроле красящий пенетрант наносится на контролируемую поверхность и благодаря своим особым качествам под действием капиллярных сил проникает в мельчайшие дефекты, имеющие выход на поверхность объекта контроля. Проявитель, наносимый на поверхность объекта контроля через некоторое время после осторожного удаления с поверхности пенетранта, растворяет находящийся внутри дефекта краситель и за счет диффузии “вытягивает” оставшийся в дефекте пенетрант на поверхность объекта контроля. Имеющиеся дефекты видны достаточно контрастно. Индикаторные следы в виде линий указывают на трещины или царапины, отдельные точки - на поры.

Процесс капиллярного контроля состоит из 5 этапов:

1 - предварительная очистка поверхности.

Чтобы краситель мог проникнуть в дефекты на поверхности, ее предварительно следует очистить водой или органическим очистителем. Все загрязняющие вещества (масла, ржавчина, и т.п.) любые покрытия (ЛКП, металлизация) должны быть удалены с контролируемого участка. После этого поверхность высушивается, чтобы внутри дефекта не оставалось воды или очистителя.

2 - нанесение пенетранта.

Пенетрант, обычно красного цвета, наносится на поверхность путем распыления, кистью или погружением объекта контроля в ванну, для хорошей пропитки и полного покрытия пенетрантом. Как правило, при температуре 5...50°C, на время 5...30 мин.

3 - удаление излишков пенетранта.

Избыток пенетранта удаляется протиркой салфеткой, промыванием водой, или тем же очистителем, что и на стадии предварительной очистки. При этом пенетрант должен быть удален только с поверхности контроля, но никак не из полости дефекта. Затем поверхность высушивается салфеткой без ворса или струей воздуха.

4 - нанесение проявителя.

После просушки сразу же на поверхность контроля тонким ровным слоем наносится проявитель (обычно белого цвета).

5- контроль.

3 ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

3.1 Актуальность

Кольцо разгрузки, совместно с диском разгрузки служат для восприятия осевого усилия ротора. В ранних модификациях центробежных насосов использовались диски разгрузки и втулки гидропаты, которые изготавливались из стали 30X13 с объемной закалкой на твердость по Роквеллу HRC 35...42.

В современных насосах, для повышения срока службы и улучшения характеристик насоса, диск разгрузки и кольцо разгрузки разделены. На кольцо разгрузки наносится твердосплавная наплавка, обеспечивающая высокий коэффициент скольжения и высокую износостойкость. При износе или повреждении колец разгрузки, диск разгрузки остается в исправном состоянии. Поэтому в большинстве случаев диск разгрузки не требует замены, а при очередном ремонте меняются только кольца разгрузки. Эффективность применения таких колец определяется наплавочным материалом и технологией наплавки, выбор которых требует соответствующего обоснования.

3.2 Состояние вопроса исследования

В настоящее время в ряде отраслей промышленности активно внедряются функциональные металлические покрытия, которые создаются под конкретные условия эксплуатации изделия. Применение этих покрытия существенно повышает долговечность изделий и снижает их стоимость, в частности:

- авто, авиа и судостроительных предприятиях (выпуск деталей высокой степени нагруженности, ремонтно-восстановительные работы деталей, подвергающихся высокой степени износа, молниезащита и др.) [3];
- медицине (нанесение пористого титанового покрытия на эндопротезы тазобедренного сустава с целью формирования структуры, благоприятной для врастания в нее костной ткани и др.) [3];
- энергетике (повышения электроизоляционных свойств энергетических установок, восстановительные работы изнашиваемых частей энергоустановок и электродвигателей) [3];
- коммунальном хозяйстве (антикоррозионная защита резервуаров, в городских и дорожных службах – мосты, щиты, дорожные знаки и т.д.) [3];
- горно и нефтедобывающей отрасли (антикоррозионная защита деталей от агрессивных сред для повышения ресурса, в нефтегазовой промышленности – корпуса погружных насосов и т.д.).

Несмотря на актуальность и практическую значимость функциональных ме-

таллических покрытий вопрос по напылению износостойкого слоя кольца разгрузки в научной литературе не освещен.

3.3 Цель и задачи исследования

Основной целью исследования является совершенствование технологии наплавки износостойкого слоя кольца разгрузки за счет выбора наплавочного материала.

Задачи исследования:

1. Увеличить износостойкость колец разгрузки по сравнению с базовым вариантом.
2. Повысить производительность процесса наплавки.
3. Улучшить обрабатываемость наплавочного слоя при шлифовке.

3.4 План эксперимента

Для решения поставленных задач первоначально был разработан план проведения эксперимента:

- Изготовление колец разгрузки и наплавка износостойкого слоя
- Контроль качества наплавленного слоя
- Изготовление образцов для проведения испытаний
- Проведение металлографических дюрOMETрических испытаний
- Проведение исследования на растровом электронном микроскопе
- Натурные испытания колец гидроразгрузки

3.5 Изготовление и контроль качества колец разгрузки

Для проведения испытаний было изготовлено четыре кольца под наплавку (рисунок 3.1): три из стали 12X18H10T и одно из стали 20X13. Сталь 12X18H10T является базовым материалом, который используется в настоящее время на пред-

приятии. Так основным требованием к кольцу является износостойкость наплавленного слоя, то было принято решение оценить возможность замены относительно дорогой стали 12Х18Н10Т на более дешёвую 20Х13.

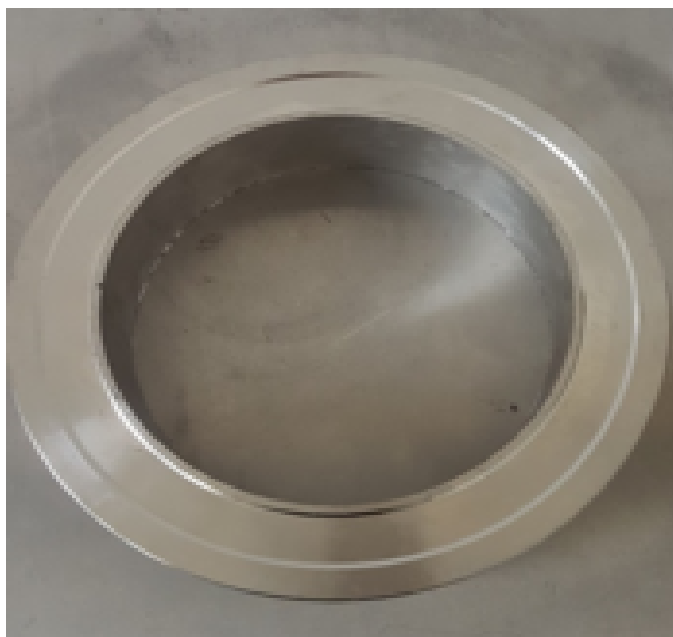


Рисунок 3.1 – Кольцо разгрузки, подготовленное под наплавку

Наплавка износостойкого слоя колец разгрузки выполнялась тремя видами сварочных материалов:

- порошок ПР-НХ17СР4+30%WC по стали 12Х18Н10Т;
- порошок ПР-НХ17СР4 по стали 12Х18Н10Т;
- порошок ПР-НХ17СР4+30%WC по стали 20Х13;
- электроды марки ESAB ОК Weartrode 55 HD по стали 12Х18Н10Т

Наплавка колец выполнялась на режимах, представленных в таблицах 3.1; 3.2

Таблица 3.1 – Режимы наплавки для порошковой наплавки газовой горелкой ГН-2У

Наименование показателя	Номер мундштука	
	3А	4А
Давление, МПа (кгс/см ²)		
– кислорода	0,2/0,4 (2,0/4,0)	0,3/0,5 (3,0/5,0)
– ацетилена	0,02/0,08 (0,2/0,8)	0,03/0,1 (0,3/1,0)

Расход, л/ч не более:		
– кислорода	420	750
– ацетилена	400	700

Таблица 3.2 – Режимы наплавки для ручной дуговой наплавки плавящимся электродом

$D_{эл}$, мм	$I_{св}$, А	U_d , В
4	125	25

Процесс наплавки 1-го образца порошком ПР-НХ17СР4+30%WC по стали 12Х18Н10Т (рисунок 3.2) намного проще и занимает меньше времени по сравнению с электродной наплавкой. Бывает от перегрева металла порошок скатывается в шарики. Цена 1 кг порошка составляет 3000 руб.



Рисунок 3.2 – Образец №1, наплавленный порошком ПР-НХ17СР4+30%WC по стали 12Х18Н10Т

Процесс наплавки 2-го образца порошком ПР-НХ17СР4 по стали 12Х18Н10Т (рисунок 3.3) намного проще и занимает меньше времени по сравнению с электродной наплавкой. По сравнению с наплавкой порошком с карбидом вольфрама, порошок без карбида вольфрама ложится мягче и не образует шарики (частицы карбида вольфрама). Цена 1 кг порошка составляет 1700 руб.



Рисунок 3.3 – Образец №2, наплавленный порошком ПР-НХ17СР4 по стали 12Х18Н10Т

Процесс наплавки 3-го образца порошком ПР-НХ17СР4+30%WC по стали 20Х13 (рисунок 3.4). Во время остывания наплавленного металла был слышен характерный треск, свидетельствующий об образовании трещин. Цена 1 кг порошка составляет 3000 руб.



Рисунок 3.4 – Образец №3, наплавленный порошком ПР-НХ17СР4+30%WC по стали 20Х13

Процесс наплавки 4-го образца электродами марки ESAB ОК Weartrode 55 HD по стали 12Х18Н10Т (рисунок 3.5) получился достаточно с трудоемкий и занимает много времени. Цена 1 кг электродов составляет 1200 руб.



Рисунок 3.5 – Образец №4, наплавленный электродами марки ESAB ОК Weartrode 55 HD по стали 12X18H10T

После наплавки износостойкого слоя кольца разгрузки, детали передавались на механическую обработку. Готовые кольца (рисунок 3.6) передавались на участок неразрушающего контроля, на котором проводился визуально-измерительный и капиллярный контроль наплавленного слоя (рисунки 3.7; 3.8).

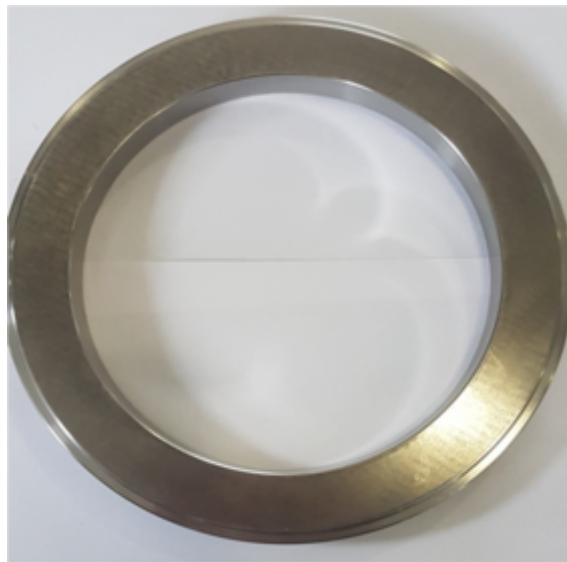


Рисунок 3.6 - Кольцо разгрузки после механической обработки



а

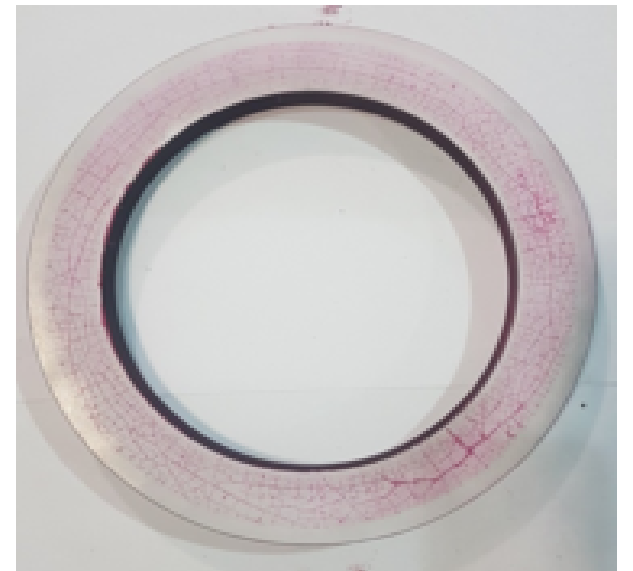


б

Рисунок 3.7 – Кольца разгрузки после проведения капиллярного контроля:
а – Нанесение пенетранта ; б – Нанесение проявителя



а



б

Рисунок 3.8 – Кольцо разгрузки после проведения капиллярного контроля:
а – Нанесение пенетранта ; б – Нанесение проявителя

Капиллярная дефектоскопия в данном случае является одним из основных методов неразрушающего контроля и предназначена для обнаружения поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля (протяженных дефектов типа непроваров, трещин), определения их расположения, протяженности и ориентации на поверхности. При проведении капиллярного контроля образца №3, наплавленный порошком ПР-НХ17СР4+30%WС по стали 20Х13 были выявлены дефекты в виде трещин по всей поверхности наплавленного слоя. При проведении контроля образцов №1 наплавленный порошком ПР-НХ17СР4+30%WС по стали 12Х18Н10Т, №2 наплавленный порошком ПР-НХ17СР4 по стали 12Х18Н10Т, №4 наплавленный электродами марки ESAB ОК Weartrode 55 HD по стали 12Х18Н10Т дефектов не обнаружено.

3.6 Изготовление образцов для проведения испытаний

Из наплавленных деталей были вырезаны образцы в виде куба с размерами 10x10x10 мм для металлографических и дюрOMETрических испытаний (рисунок 3.9). Вырезка образцов выполнялась болгаркой. Готовые образцы были замаркированы клеймами и переданы на кафедру ...

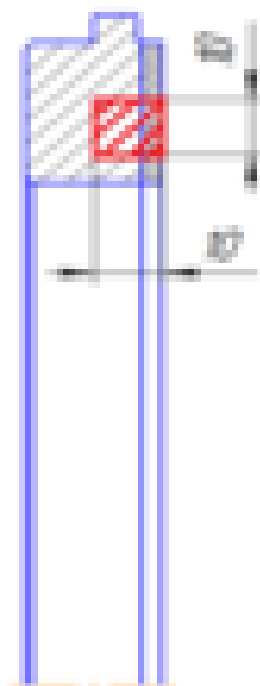


Рисунок 3.9 – Место вырезки образцов из кольца разгрузки

Номер образца	Фотография	Основной и сварочный материалы
Образец №1		Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4+30%WC
Образец №2		Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4
Образец №3		Основной материал сталь 20X13, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4+30%WC
Образец №4		Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал электроды марки ESAB OK Weartrode 55 HD

3.7 Металлографические и дюрOMETрические испытания

Микроскопический метод исследования металлов и сплавов или кратко микроанализ, предусматривает изучение структуры металла при помощи металлографического микроскопа. Между микроструктурой и свойствами металла существует достаточно определенная связь. Поэтому микроанализ имеет большое значение. Микроскопический анализ включает: приготовление микрошлифа, выявление микроструктуры (травление), исследование структуры под микроскопом (рисунок 3.10). Наблюдаемая в микроскопе картина строения металла называется микроструктурой, которая характеризуется количеством, формой и расположением фаз и размером зерна, которые влияют на механические свойства сплавов. Микроанализ применяется для определения формы и размеров зерен, для выявления микропороков металла - микротрещин, раковин, пористости, микровключений.



Рисунок 3.10 – Электронный микроскоп для изучения микроструктуры

Измерение твердости проводилось на микротвердомере FM-800 (рисунок 3.11) при нагрузке 300 г.



Рисунок 3.11 – Микротвердомер FM-800

Приготовление шлифов.

Изучать структуру металла с помощью микроскопа можно лишь при отражении световых лучей от поверхности исследуемого металла. Небольшой отражающей способностью обладает ровная и плоская блестящая поверхность. Поэтому поверхность образца для микроанализа должна быть специально подготовлена. Образец, поверхность которого подготовлена для микроанализа, называется микрошлифом. Микрошлиф представляет собой специальный образец металла, имеющий зеркальную поверхность, которая получается тщательным шлифованием и полированием.

Вырезанные из колец образцы вначале шлифовались на наждачной бумаге с разной зернистости, последовательно переходя от бумаги с крупным абразивным зерном к бумагам с меньшей зернистости. Чтобы получить хорошее качествоготавливаемой поверхности образца шлифование с самого начала надо вести правильно и аккуратно. В процессе дальнейшей обработки поверхности образцов (полирования, травления) легко растворимый металл и опилки будут удалены, и резко выступят грубые риски, которые удаляли повторным шлифованием (рисунок 3.12).



Рисунок 3.12 – Оборудование для подготовки шлифов

После шлифования необходимо смыть водой остатки абразива и приступить к полированию для удаления оставшихся мелких рисок. Полирование осуществляли с помощью полировального станка, состоящего из обтянутого сукном диска, смачиваемого суспензией мелкого твёрдого порошка в воде. Во время полирования нужно постоянно смачивать диск, чтобы диск ни на секунду не был сухим, так как при этом он может окислиться и испортиться. Отполированные шлифы наплавленных образцов приведены на рисунке 3.13.



Рисунок 3.13 – Шлифы после полирования

После полировки промывались водой и быстро высушивались прикладыванием полированной стороны к фильтровальной бумаге. Для выявления микроструктуры полированную поверхность образцов подвергали травлению. Травление производили в растворах кислот. Однофазные структуры зерен различной кристаллографической ориентировки имеют различную степень растворения или

окрашивания при воздействии реактива-травителя. На участках стыков зёрен (граница зерна) скапливается наибольшее количество примесей, концентрируются искажения решётки, и поэтому травимость увеличивается. Такая структура при рассмотрении под микроскопом будет представлять зёрна различной окраски с ясно различимыми границами.

Фазовые составляющие, протравившиеся слабо, отразят больше лучей света и будут казаться светлыми; фазовые составляющие, протравившиеся сильно, отразят вследствие рассеяния света меньше лучей и будут казаться тёмными.

Применяли 4 %-ный раствор азотной кислоты в этиловом спирте для травления .

Признаком протравления является потускнение поверхности шлифа.

В результате травления должно быть чёткое выявление микроструктуры.

Результаты испытаний

Образец №1. Материал кольца – сталь 12Х18Н10Т, наплавляемого материал – порошок ПР-НХ17СР4+30%WC.

Внешний вид наплавленного слоя (поверхности) образца №1 показан на рисунке 3.14. Из рисунка следует, что толщина покрытия составляет порядка 1000мкм (1 мм). Граница сплавления основного металла с покрытием не имеет видимых дефектов. Микроструктура покрытия литая, многофазная (рисунок 3.15).

На рисунке 3.16 приведены графики твердости, измеренные в направлении от поверхности наплавленного слоя к основному металлу. Максимальная твердость наблюдается на поверхности наплавленного слоя и составляет 977 HV_{0,3}. На участке 0-800 мкм от поверхности наплавленного слоя твердость уменьшается от по линейной зависимости. С глубины 800мкм до 1200 мкм твердость уменьшается менее интенсивно от 371 до 257 HV_{0,3} и достигает значений, характерных для основного металла. Значения твердости в точках замера образца №1 приведены в таблице 3.3.

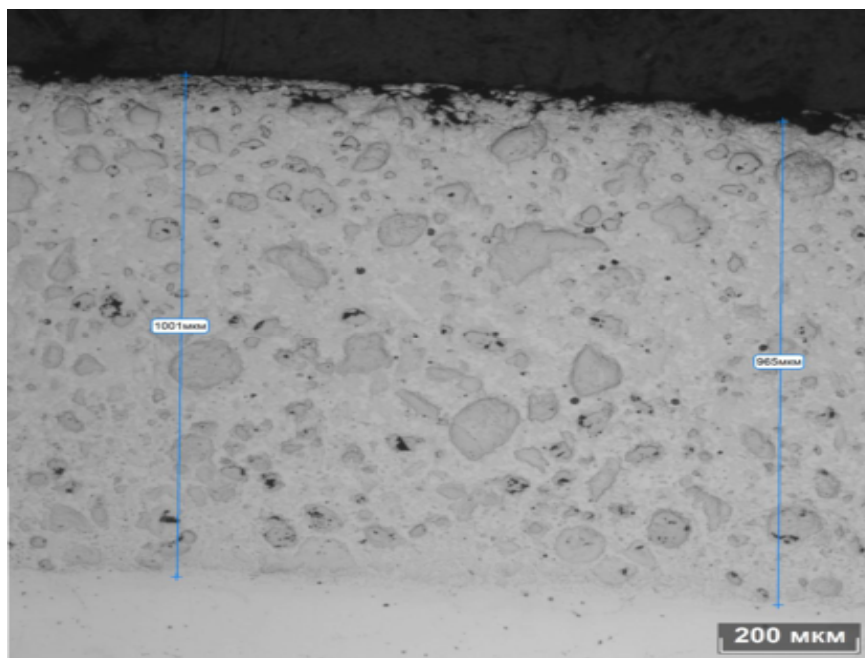


Рисунок 3.14 – Размеры покрытия на образце №1, x100

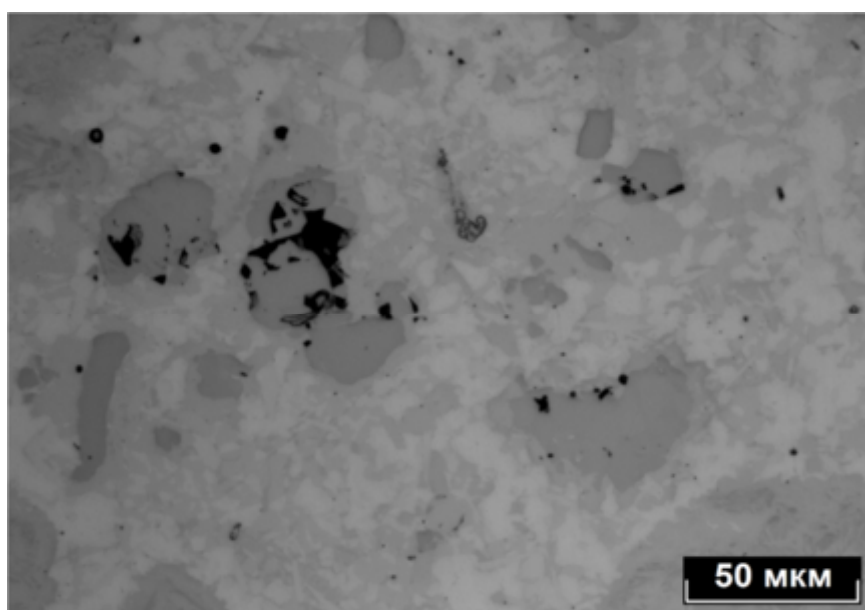


Рисунок 3.15 – Микроструктура образца №1, x500

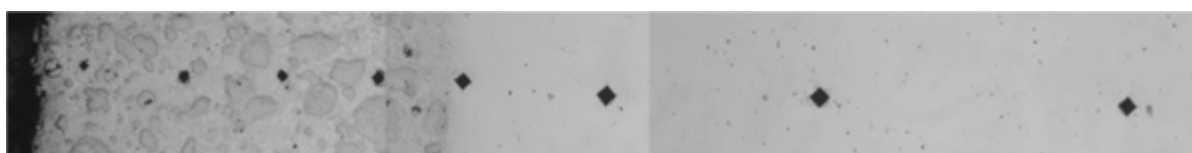
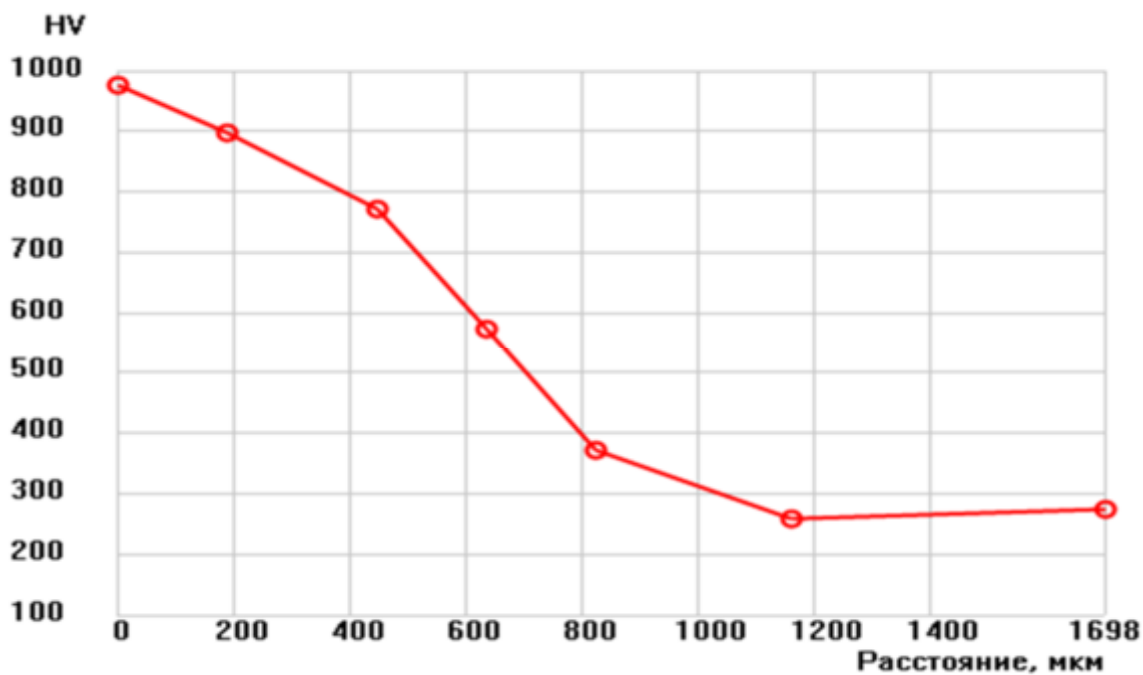


Рисунок 3.16 – График распределения твердости в покрытии с участок образца, на котором проводилось измерение твердости

Таблица 3.3 – Результаты измерения твердости на образце №1

№ отпечатка	HV(300 г)	Расстояние, мкм
1	977	0
2	899	191
3	773	449
4	574	635
5	371	824
6	257	1161
7	275	1698

Образец №2. Материал кольца – сталь 12Х18Н10Т, наплавляемый материал – порошок ПР-НХ17СР4

Внешний вид наплавленного слоя (поверхности) показан на рисунке 3.17. Из рисунка следует, что толщина покрытия порядка 1100 мкм (1,1 мм). Граница сплавления основного металла с покрытием не имеет видимых дефектов.

Микроструктура покрытия имеет вид характерный для литого состояния, многофазная (рисунке 3.18).

На рисунке 3.19 приведен график твердости, измеренные в направлении от поверхности наплавленного слоя к основному металлу. Максимальная твердость наблюдается в центре наплавленного слоя и составляет 1793 HV_{0,3}. На участке 600 - 1200 мкм от поверхности наплавленного слоя твердость уменьшается по линейной зависимости. С глубины 1200 мкм до 2300 мкм твердость уменьшается менее интенсивно от 470 до 451 HV_{0,3} и достигает значений, характерных для основного металла. Значения твердости в точках замера образца №2 приведены в таблице 3.4.

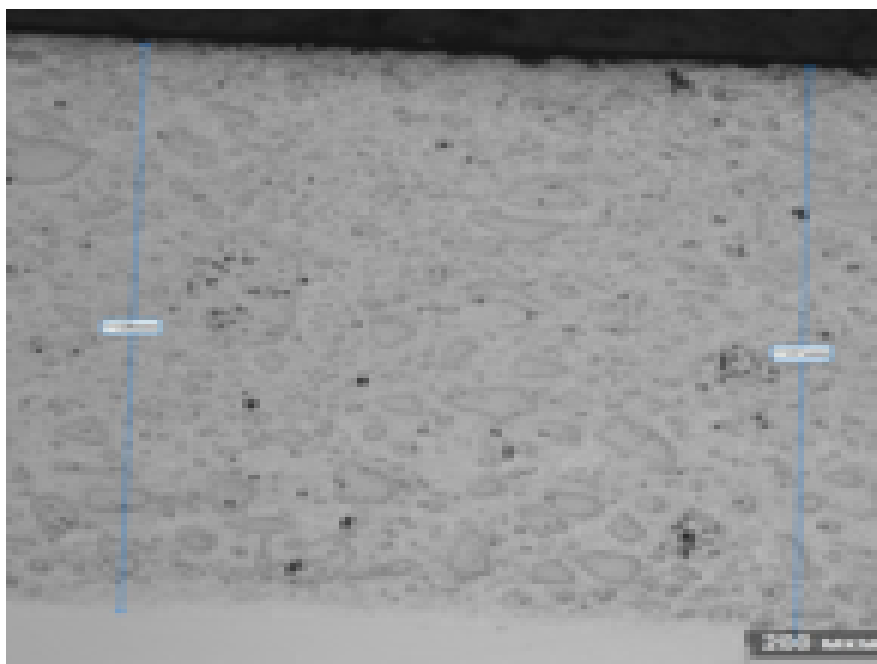


Рисунок 3.17 – Размеры покрытия на образце 1, x100

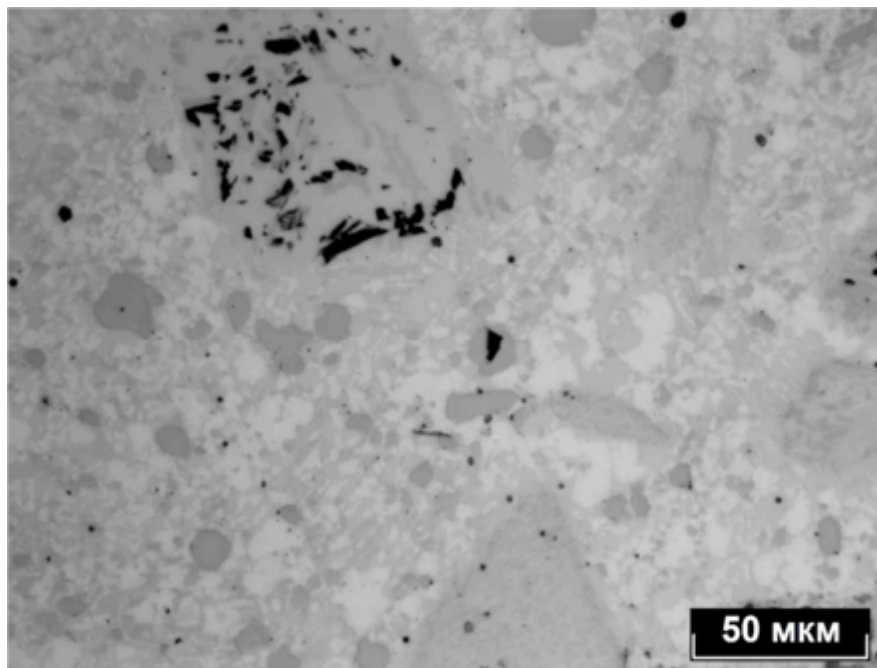


Рисунок 3.18 – Микроструктура образца 1, x500

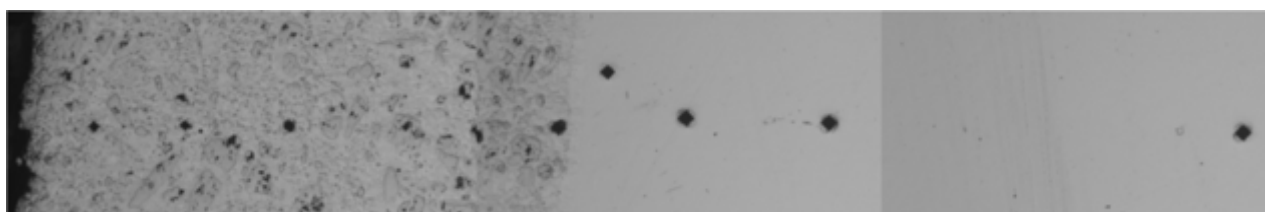
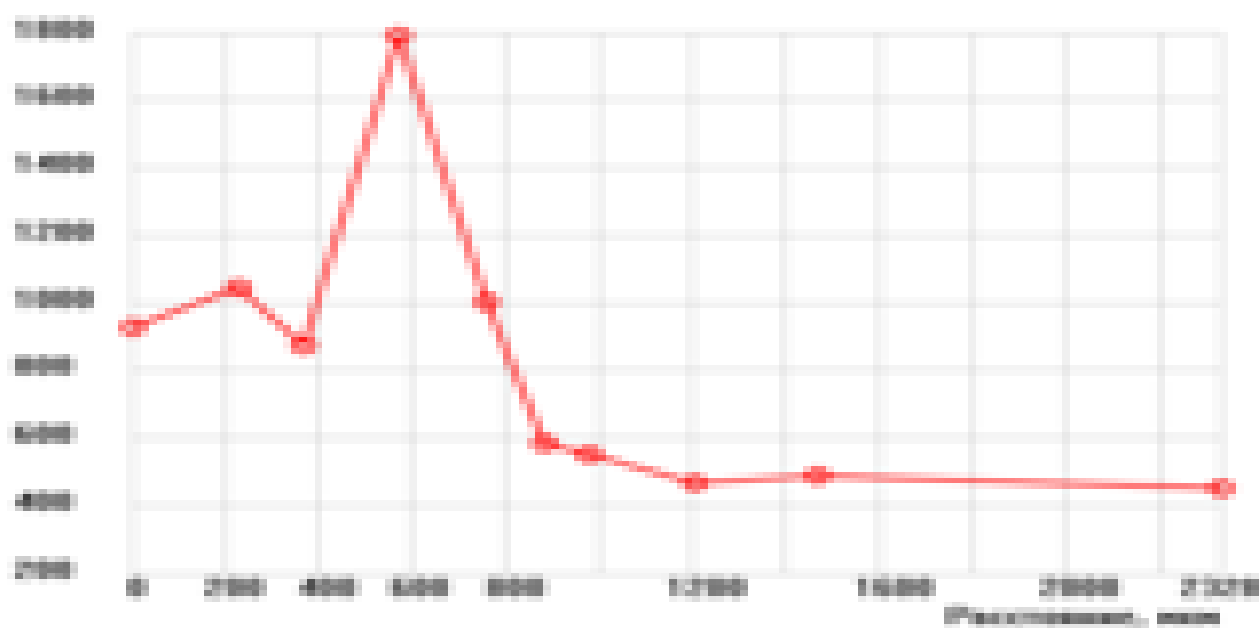


Рисунок 3.19 – График распределения твердости в покрытии с участок образца, на котором проводилось измерение твердости

Таблица 3.4 – Результаты измерения твердости на образце 2.

№ отпечатка	HV(300 г)	Расстояние, мкм
1	929	0
2	1048	227
3	877	365
4	1793	569
5	1003	758
6	585	882
7	552	977
8	470	1203
9	490	1465
10	451	2328

Образец №3. Материал кольца - 20X13, наплавляемый материал – порошок ПР-НХ17СР4+30%WC

Внешний вид покрытия слоя (поверхности) показан на рисунке 3.20. Из рисунка следует, что толщина покрытия порядка 700 мкм (0,7 мм). На границе сплавления основного металла с покрытием имеют видимые дефекты в виде пор диаметром 5-10 мкм (или шлаковые включения!).

Микроструктура покрытия имеет вид характерный для литого состояния, многофазная (рисунок 3.21).

На рисунке 3.22 приведен график твердости, измеренные в направлении от поверхности наплавленного слоя к основному металлу. Максимальная твердость наблюдается в центре наплавленного слоя и составляет 899 HV_{0,3}. На участке 500 - 800 мкм от поверхности наплавленного слоя твердость уменьшается по линей-

ной зависимости. С глубины 900 мкм до 2200 мкм твердость уменьшается менее интенсивно от 478 до 375 HV_{0,3} и достигает значений, характерных для основного металла. Значения твердости в точках замера образца №3 приведены в таблице 3.5.

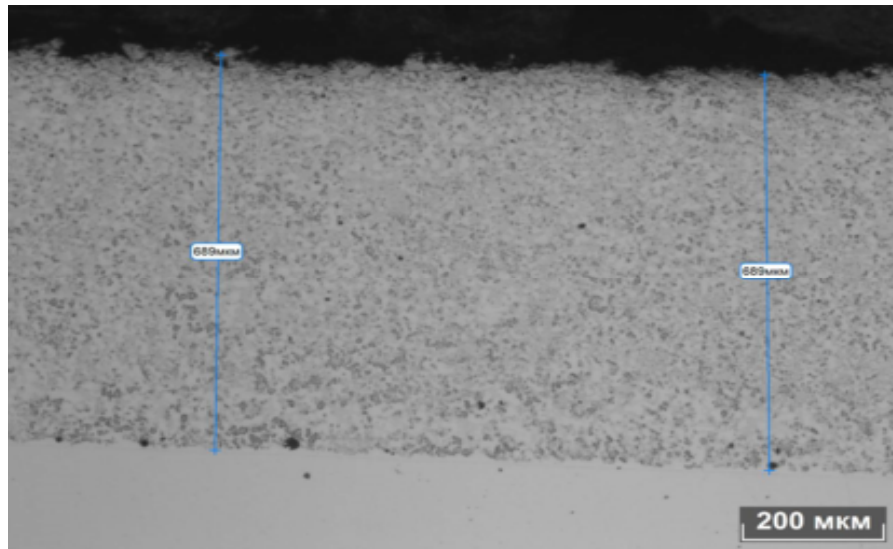


Рисунок 3.20 – Размеры покрытия на образце 2, x100

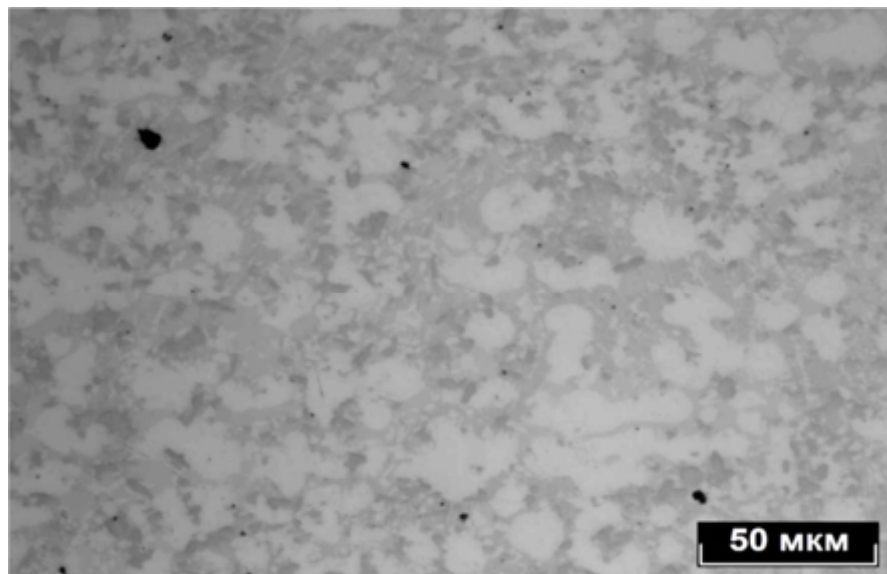


Рисунок 3.21 – Микроструктура образца 2, x500

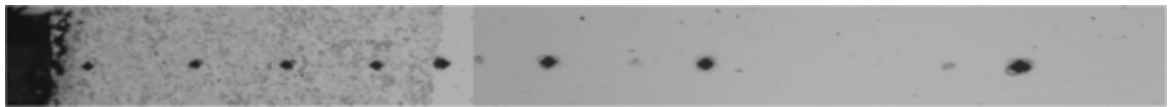
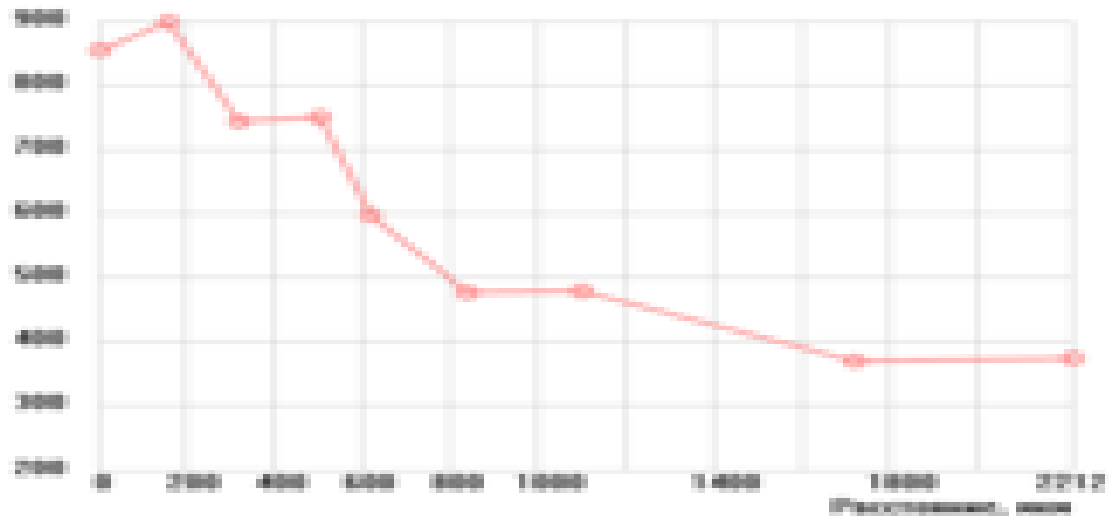


Рисунок 3.22 – График распределения твердости в покрытии с участок образца, на котором проводилось измерение твердости

Таблица 3.5 – Показаны результаты измерения твердости на образце 3.

№ отпечатка	HV(300 г)	Расстояние, мкм
1	855	0
2	899	158
3	744	319
4	750	505
5	597	618
6	478	838
7	478	1097
8	371	1721
9	375	2212

Образец №4. Материал кольца - 12X18H10T, наплавляемый материал – электроды марки ESAB ОК Weartrode 55 HD

Толщина покрытия на образце 4 составляет порядка 5000 мкм (5 мм). Граница сплавления основного металла с покрытием не имеет видимых дефектов.

Микроструктура покрытия имеет дендритное строение (рисунок 3.23).

На рисунке 3.24 приведен график твердости, измеренные в направлении от поверхности наплавленного слоя к основному металлу. Максимальная твердость наблюдается в поверхности наплавленного слоя и составляет 728 HV_{0,3}. На участке 0 - 4500 мкм от поверхности наплавленного слоя твердость то уменьшается, то возрастает. С глубины 4500 мкм до 6500 мкм твердость уменьшается менее интенсивно от 245 до 243 HV_{0,3} и достигает значений, характерных для основного металла. Значения твердости в точках замера образца №4 приведены в таблице 3.6.

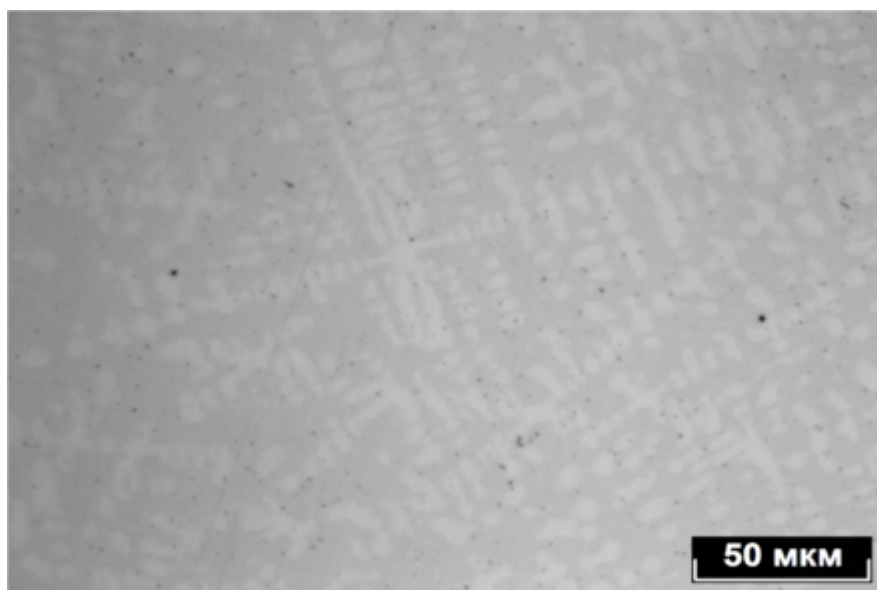


Рисунок 3.23 – Микроструктура образца 3, x500

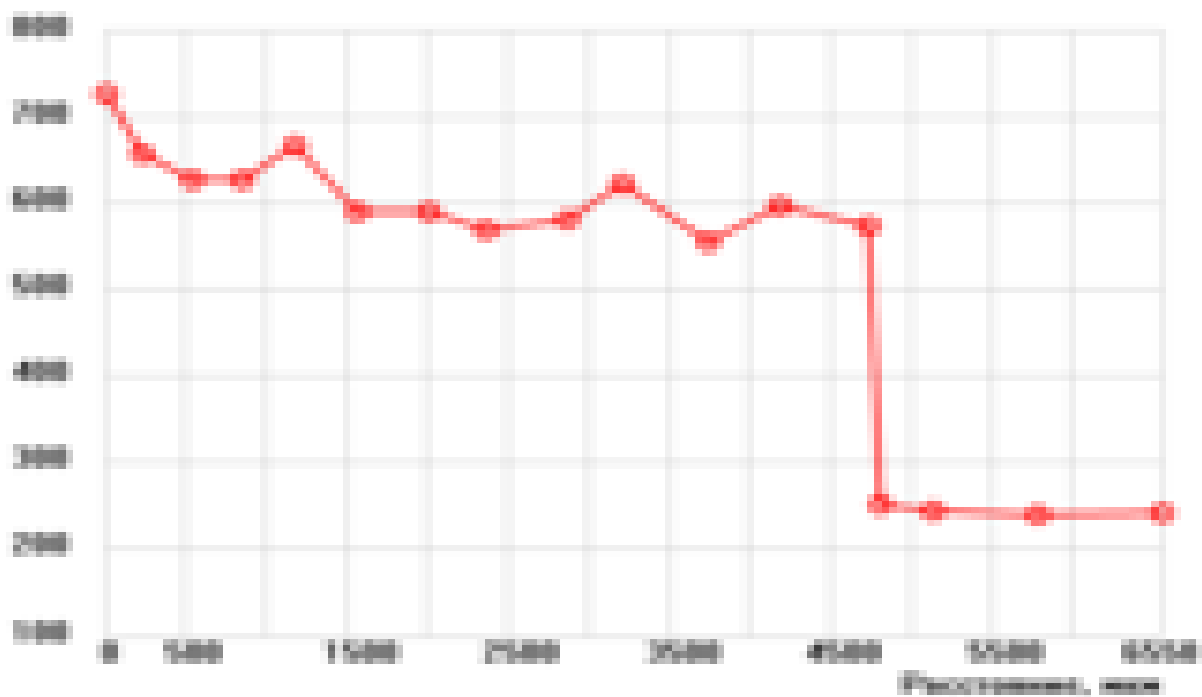


Рисунок 3.24 – График распределения твердости в покрытии с участок образца, на котором проводилось измерение твердости

Таблица 3.6

№ отпечатка	HV(300 г)	Расстояние, мкм
1	728	0
2	658	233
3	626	548
4	626	847
5	667	1184
6	589	1567
7	590	2010
8	570	2361

9	582	2866
10	622	3212
11	556	3743
12	597	4189
13	574	4738
14	252	4813
15	245	5130
16	241	5791
17	243	6550

Вывод по разделу: в данном разделе были проведены металлографические и дюрOMETрические испытания. Была определена фактическая глубина наплавленного слоя (большая глубина при наплавке электродами марки ESAB ОК Wear-trode 55 HD), определена структура наплавки (литая), проведены замеры твердос-ти, измеренные в направлении от поверхности наплавленного слоя к основному металлу (большая твердость при материале кольца – сталь 12X18H10T, наплавляе-мого материал – порошок ПР-НХ17СР4+30%WC - 1793HV_{0,3}, меньшая при мате-риале кольца – сталь 12X18H10T, наплавляемого материал – электродами марки ESAB ОК Weartrode 55 HD - 728HV_{0,3})

3.8 Проведение исследования на растровом электронном микроскопе (РЭМ)

Растровый электронный микроскоп (РЭМ) (рисунок 3.25) - прибор класса электронный микроскоп, предназначенный для получения изображения поверхности объекта с высоким (до 0,4 нанометра) пространственным разрешением, также информации о составе, строении и некоторых других свойствах приповерхностных слоёв. Основан на принципе взаимодействия электронного пучка с исследуемым объектом.



Рисунок 3.25 – Растровый электронный микроскоп JEOL JSM-6460LV.

Проведение исследования на растровом электронном микроскопе (РЭМ) для кольца разгрузки наплавленные электродами марки ESAB OK Weartrode 55 HD по стали 12X18H10T не актуальны, так как этот способ имеет малую твердость и большую глубину проплавления.

Номер образца	Основной и сварочный материалы
---------------	--------------------------------

Образец №1	Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4+30%WС
Образец №2	Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4
Образец №3	Основной материал сталь 20X13, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4+30%WС

1 образец основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4+30%WС. На рисунке 3.26 изображены точки в которых производился анализ всех элементов.

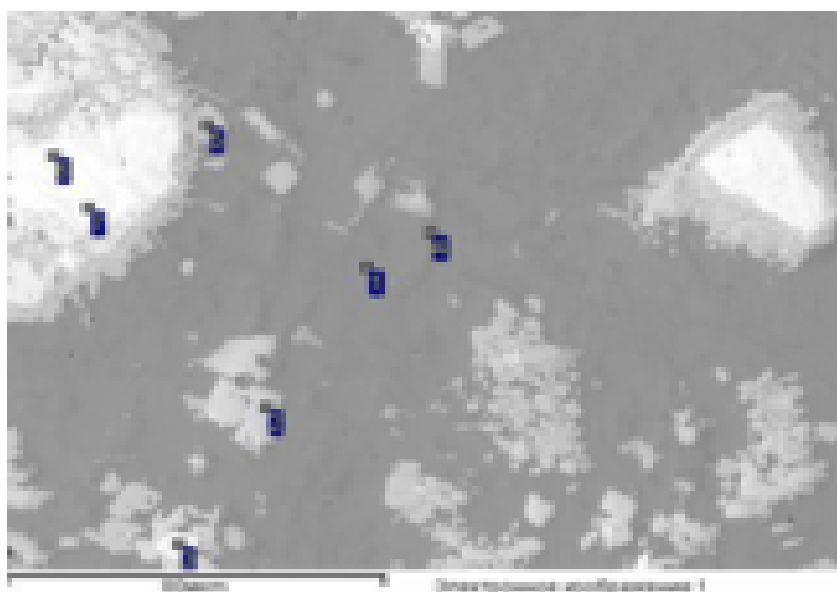


Рисунок 3.26 – точки в которых производился анализ всех элементов

Параметры обработки: выполнен анализ всех элементов. В таблице 3.7 показаны результаты анализа всех элементов в весовых %.

Таблица 3.7 – Результаты анализа всех элементов

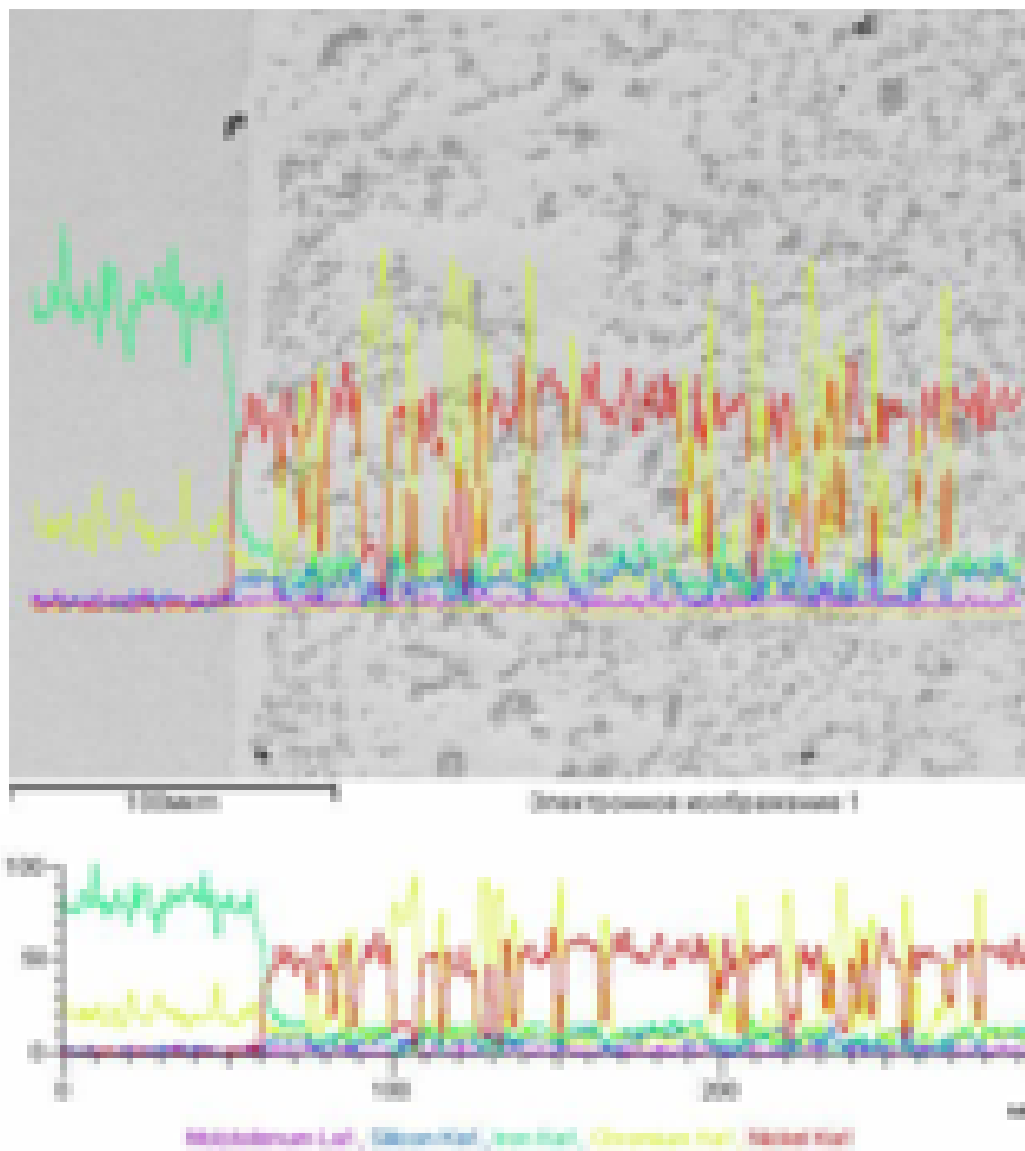
Спектр	В стат.	C	Si	Cr	Fe	Ni	W	Итог
1	Да	2.83	4.66	3.91	21.97	66.63		100.00
2	Да			20.82	8.35	6.13	64.70	100.00
3	Да	6.30		0.87			92.83	100.00
4	Да	4.96		50.51	17.39	20.33	6.81	100.00
5	Да		5.05	16.28	3.97	23.21	51.49	100.00
6	Да	5.52					94.48	100.00
7	Да	4.18					95.82	100.00

2 образец основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4.

Параметры обработки: выполнен анализ всех элементов (рисунок 3.27). В таблице 3.8 показаны результаты анализа всех элементов в весовых %.

Таблица 3.8 - Результаты анализа всех элементов

Спектр	В стат.	C	Si	Cr	Fe	Ni	Mo	Итог
Спектр 1	Да			92.94	1.28	3.48	2.30	100.00
Спектр 2	Да		8.78	3.52	3.78	83.93		100.00
Спектр 3	Да	6.55		79.13	3.09	11.24		100.00
Спектр 4	Да		1.13	80.16	1.63	15.54	1.53	100.00
Спектр 5	Да		0.45	14.36	85.19			100.00
Спектр 6	Да		5.31	15.81	10.76	68.13		100.00
Спектр 7	Да			14.51	85.49			100.00
Спектр 8	Да	2.81	0.45	33.65	57.41	5.68		100.00
Спектр 9	Да		0.45	14.51	85.04			100.00



- - Молибден (molybdenum)
- - Кремний (silicon)
- - Железо (iron)
- - Хром (chromium)
- - Никель (nickel)

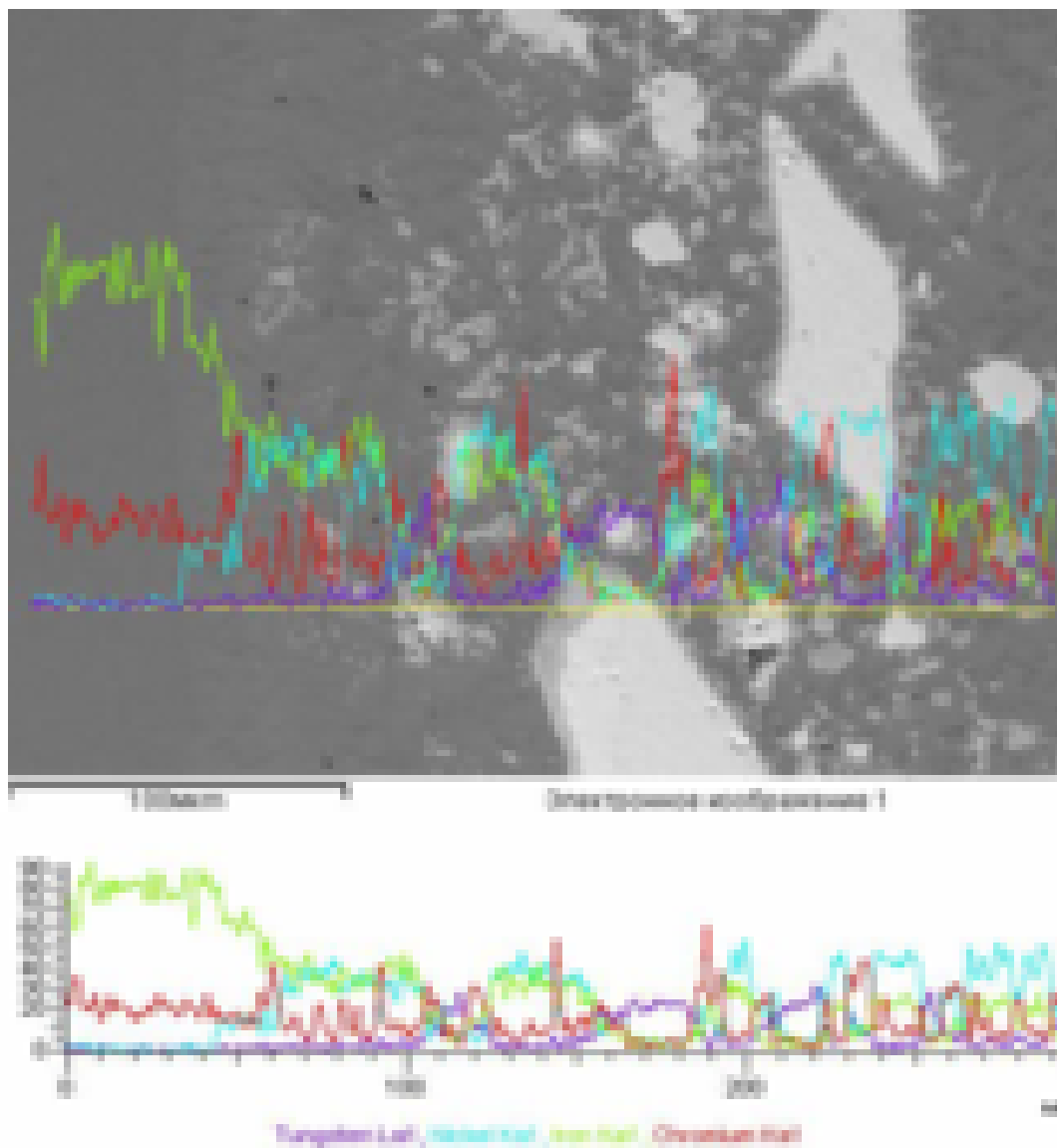
Рисунок 3.27 - Анализ всех элементов

3 образец основной материал сталь 20Х13, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4+30%WC

Параметры обработки: выполнен анализ всех элементов (рисунок 3.28). В таблице 3.9 показаны результаты анализа всех элементов в весовых %.

Таблица 3.9 – Результаты анализа всех элементов

Спектр	В стат.	C	Si	Cr	Fe	Ni	W	Итог
Спектр 1	Да	3.48					96.52	100.00
Спектр 2	Да	5.15					94.85	100.00
Спектр 3	Да	5.39				2.08	92.53	100.00
Спектр 4	Да	4.64	6.61	23.62	1.03	28.68	35.42	100.00
Спектр 5	Да	3.35		5.78		17.26	73.61	100.00
Спектр 6	Да	6.14		69.69	4.01	11.75	8.41	100.00
Спектр 7	Да			56.95		4.74	38.31	100.00
Спектр 8	Да	2.82	5.85	4.87	7.19	79.27		100.00
Спектр 9	Да			5.01	4.32	89.46	1.21	100.00
Спектр 10	Да		0.20	15.30	84.50			100.00
Спектр 11	Да	2.61	1.46	12.50	50.26	30.63	2.54	100.00
Спектр 12	Да			13.54	86.46			100.00



- - Вольфрам (tungsten)
- - Железо (iron)
- - Никель (nickel)
- - Хром (chromium)

Рисунок 3.28 - Анализ всех элементов

Вывод: произведен анализ всех элементов в различных точках (спектрах наплавки)

3.9 Натурные испытания колец гидроразгрузки

На предприятие «БашНефтеПром» были отправлены готовые кольца разгрузки с разной наплавкой для определения срока службы:

Номер образца	Основной и сварочный материалы	Срок службы
Образец №1	Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4+30%WC	8000 часов/год После чего требуют замены.
Образец №2	Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал порошок ПР-НХ17СР4	6000 часов/год После чего требуют замены.
Образец №3	Основной материал сталь 12X18H10T, сварочный материал электроды марки ESAB ОК Weartrode 55 HD	4000 часов/год После чего требуют замены.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе проведено исследование по оптимизации технологии наплавки износостойкого слоя кольца гидроразгрузки центробежного насоса.

Основной материал был проанализирован с точки зрения свариваемости.

Произведено изготовление колец разгрузки и наплавка износостойкого слоя.

Изготовили образцы для проведения испытаний.

Проведены металлографические и дюрометрические испытания.

Проведены исследования на растровом электронном микроскопе.

Проведены натурные испытания колец гидроразгрузки.

Исходя из проделанной работы можно сделать следующий вывод: изготовление колец гидроразгрузки - это сложный технологический процесс, в котором нужно учесть все необходимые требования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Михайлов А.К., Малюшенко В.В., Конструкции и расчет центробежных насосов высокого давления – М.: Машиностроение, 1971
2. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры.
3. Гривняк И. Свариваемость сталей: Пер. со словац. Л.С. Гончаренко; Под ред. Э.Л. Макарова. – М.: Машиностроение, 1984. – 216 с.
4. Шоршоров М.Х., Чернышова Т.А., Красовский А.И. Испытания металлов на свариваемость. - М.: Металлургия, 1972. - 240 с.
5. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. акад. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974 – 768 с.
6. Акулов А.И., Бельчук Г.А., Демянцевич В.П. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.
7. Зайцев Н.Л. Теоретические основы сварки плавлением: учебное пособие/Н.Л. Зайцев.- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2014.-78 с.