

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные
процессы»

(наименование кафедры)

15.04.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Технология и оборудование для пайки»

(направленность(профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Исследование процессов и разработка оборудования и технологии
для автоматической наплавки уплотнительного кольца корпуса реактора ВК-
50 из никеля

Студент

Р. А. Бирюков

(И.О. Фамилия)

_____ (подпись)

Научный
руководитель

А. И. Ковтунов

(И.О. Фамилия)

_____ (подпись)

Консультанты

А. Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

_____ (подпись)

Руководитель программы

_____ (ученая степень, звание И.О. Фамилия)

_____ (подпись)

«__» _____ 20__ г.

Допустить к защите
Заведующий кафедрой

д.т.н., проф.

В.В. Ельцов

(ученая степень, звание И.О. Фамилия)

_____ (подпись)

«__» _____ 20__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Реактор	6
1.1 Конструкция уплотнительного кольца и требования к восстановлению.....	9
1.1.1 Физические свойства никеля.....	9
1.1.2 Механические свойства никеля	11
1.1.3 Химические свойства никеля.....	12
1.1.4 Уплотнительное кольцо	14
1.2 Анализ способов восстановления изделия.....	16
1.2.1 Комплексная характеристика способов восстановления	17
1.2.2 Газоэлектрическая сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа.....	35
1.2.3 Аргонодуговая наплавка неплавящимся электродом	39
1.2.4 Аргонодуговая наплавка плавящимся электродом	43
2 Проектирование оборудования для наплавки	45
2.1 Установка для автоматической наплавки	46
2.1.1 Блок управления БУ-01	50
2.1.2 Особенности оборудования.....	54
2.1.3 Порядок включения и выключения.....	56
2.1.4 Режимы работы.....	57
2.2 Сварочный полуавтомат MIGATRONIC 305 S.....	59
2.3 Горизонтально-расточной станок M2620.....	61

3	Технология наплавки.....	65
3.1	Восстановительная наплавка уплотнительного кольца.....	68
3.1.1	Подготовка внутренней поверхности.....	68
3.1.2	Наплавка внутренней поверхности	69
3.1.3	Токарная обработка.....	74
3.1.4	Контроль.....	74
3.1.5	Подготовка внешней поверхности	75
3.1.6	Наплавка внешней поверхности	75
3.1.7	Токарная обработка.....	77
3.1.8	Контроль.....	77
3.1.9	Исправление дефектов наплавки	78
3.1.10	Рекомендованная технология.....	82
3.1.10.1	Термообработка	83
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	86
	СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	87

ВВЕДЕНИЕ

Исследовательский реактор ВК-50 (рисунок 1) представляет собой ядерную установку с корпусным водо-водяным кипящим реактором и естественной циркуляцией теплоносителя, с выдачей пара непосредственно из реактора на турбину.



Рисунок 1 - Здание РУ ВК-50

Установка располагается в Научно-исследовательском институте атомных реакторов (НИИАР, Димитровград, входит в научный дивизион Росатома). ВК-50 – это прототип АЭС (мощность генерации электрической энергии до 50 МВт). Физический пуск состоялся 15.12.1964 г., энергетический пуск – 20.10.1965 г. Энергетический реактор ВК-50 предназначен для проведения широкого комплекса экспериментальных и исследовательских работ по изучению работы корпусного кипящего реактора

с естественной циркуляцией теплоносителя, а также выработки и выдачи в сеть электрической энергии и тепла для нужд ГНЦ НИИАР и г. Димитровграда.

Реактор ВК-50 проходит периодическую плановую остановку и ремонт, в ходе которого крышка корпуса реактора вскрывается. В результате, поверхности уплотнительного кольца (рисунок 2) деформируется и изнашиваются, что не обеспечивает требуемой герметичности реактора при повторном использовании изделия.

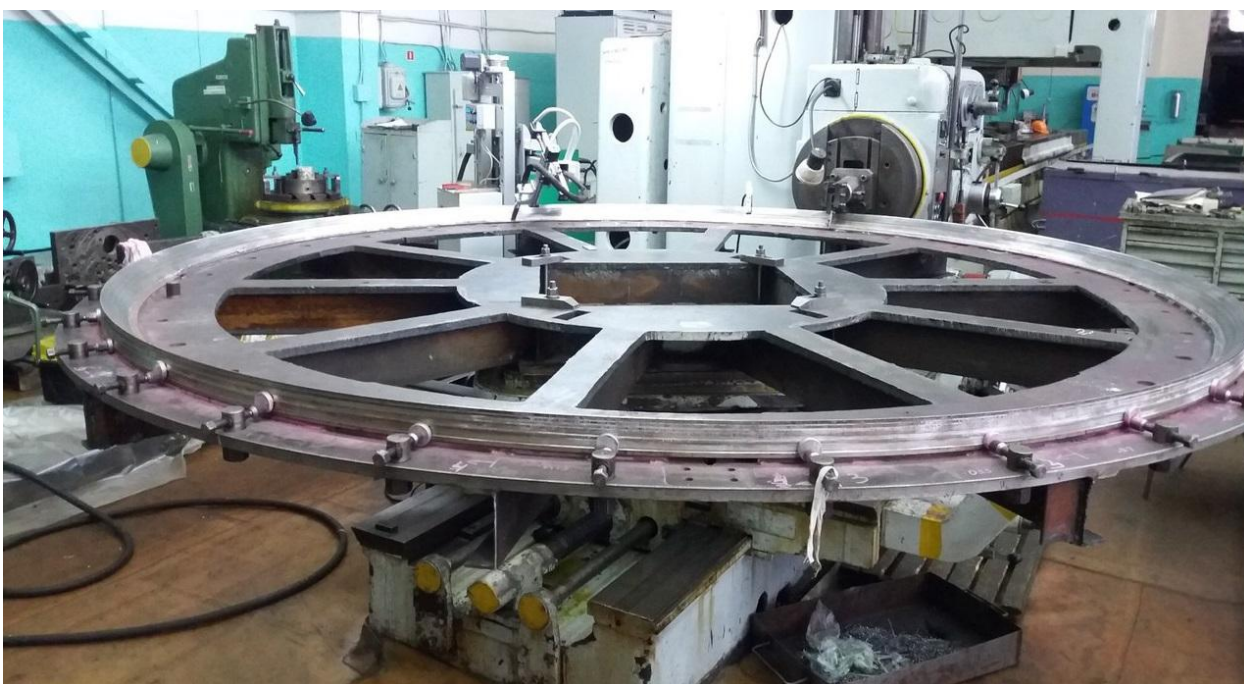


Рисунок 2 – Общий вид уплотнительного кольца

Задачей является восстановление геометрических параметров изделия (высоты, ширины уплотнительных поясов, угла внутренней поверхности).

Цель работы – снизить затраты на эксплуатацию реактора ВК-50 за счет разработки оборудования и технологии для восстановительной наплавки уплотнительного кольца.

1 Реактор

«Опытная энергетическая установка с корпусным кипящим реактором ВК-50 (рисунок 3) была создана для изучения эксплуатационных характеристик и работоспособности одноконтурных АЭС с непосредственной выдачей пара из реактора на турбину.» [37]



Рисунок 3 - Верхняя часть реактора ВК 50 со снятым защитным колпаком

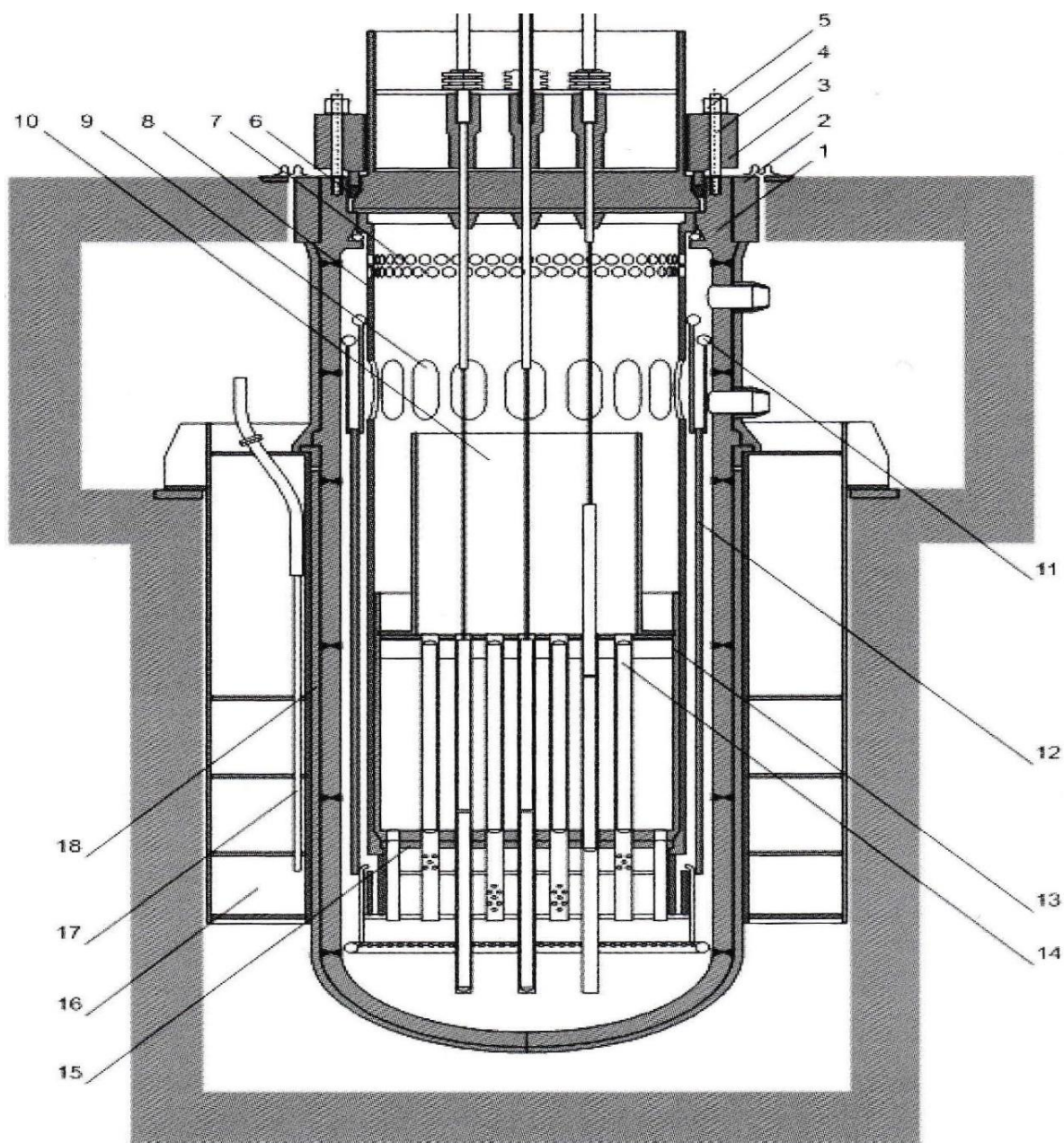
«Реакторная установка (РУ) ВК-50 используется для проведения исследовательских работ, таких как изучение нейтронно-физических и тепло-

гидравлических характеристик реактора, вопросов работоспособности ТВС (тепловыделяющая сборка, включающая определённое количество тепловыделяющих элементов — твэлов) и основного оборудования, радиационной и технологической безопасности, коррозионной стойкости различных конструкционных материалов, оптимизации водного режима и др., а также для выработки электрической энергии.» [37]

Корпус реактора ВК-50 (рисунок 4) представляет собой сварной цилиндрический сосуд диаметром 3550 мм и высотой 11230 мм с эллиптическим днищем.

Сверху корпус уплотняется плоской крышкой, на которой расположены чехлы приводов СУЗ и ИК, образующие универсальный верхний блок. Толщина стенки корпуса в зоне патрубков для отвода-подвода воды и пара – 165 мм, на остальной части – 105 мм.

Внутри корпуса размещена активная зона реактора, диаметром 1800 мм и высотой 2000 мм, которая состоит из 88 шестигранных ТВС.



1 - корпус реактора; 2 - бандаж; 3 - нажимное кольцо; 4 - шпилька; 5 - гайка; 6 – уплотнительное кольцо; 7 - окна паровые; 8 - шахта; 9 - окна переливные; 10 – тяговый участок; 11 - коллекторы питательной воды; 12 - разделительная обечайка; 13 - корзина; 14 - ТВС; 15 - плита нижняя; 16 - бак биологической защиты; 17 - канал ИК; 18 - теплоизоляция

Рисунок 4 – Разрез реактора ВК-50

1.1 Конструкция уплотнительного кольца и требования к восстановлению

Уплотнительное кольцо реактора ВК-50 изготовлено из никеля, металла с низкой химической активностью. Так же никель обладает высокой стойкостью против окисления при нагревании. Поверхность никеля покрыта тонкой пленкой оксида NiO, которая прочно предохраняет металл от дальнейшего окисления.

«Физические, химические, механические и другие свойства никеля подвергались разносторонним и весьма глубоким исследованиям как в Советском Союзе, так и за рубежом. Слишком подробное изложение результатов этих исследований не вызывается необходимостью, а потому в настоящей главе приведены сведения только о таких физических и химических свойствах никеля, которые оказывают наибольшее влияние на его свариваемость, определяют выбор метода и технологических параметров сварки.» [1]

1.1.1 Физические свойства никеля

«Атомный вес 58,69. Для никеля свойственна гране-центрированная кристаллическая решетка с параметром $a=3,5168\text{Å}$ и межатомным расстоянием $2,486\text{Å}$. Удельный вес технических марок никеля с содержанием 98,5—99,5% составляет $8,7—8,84\text{ г/см}^3$.» [1]

«Температура плавления никеля в зависимости от степени его чистоты лежит в пределах $1452—1455^\circ\text{C}$, а температура кипения при атмосферном давлении по различным данным равна $2730—3080^\circ\text{C}$.» [1]

«Теплопроводность технического никеля в интервале температур $20—100^\circ\text{C}$ равна $0,1428\text{ кал/см}\cdot\text{сек}\cdot\text{град}$. С повышением температуры до 360°C (точка Кюри) теплопроводность никеля плавно понижается. При этой температуре кривая теплопроводности имеет точку минимума, от которой начинается возрастающая ветвь кривой при дальнейшем повышении

температуры (рис.5). Коэффициент линейного расширения никеля тем больше, чем выше чистота металла.» [1]

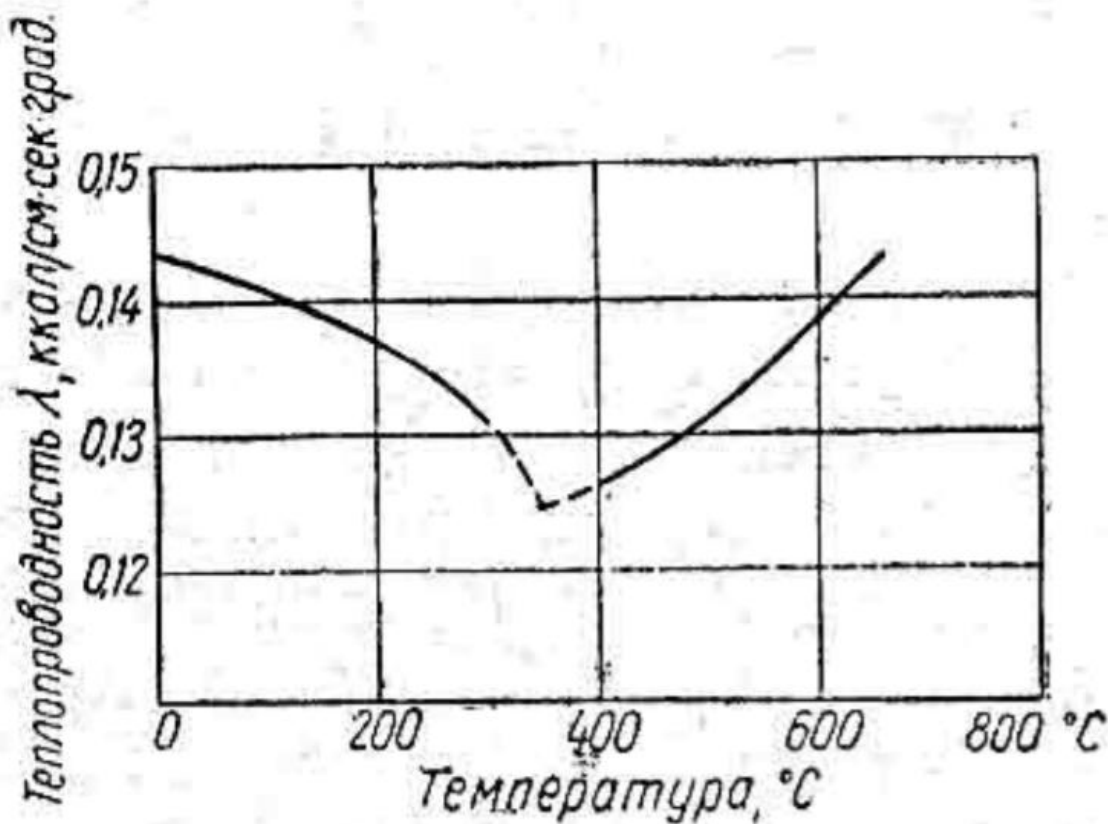


Рисунок 5 – Теплопроводность никеля в зависимости от температуры

«Удельное электросопротивление с повышением степени чистоты никеля уменьшается, а температурный коэффициент электросопротивления увеличивается.» [1]

1.1.2 Механические свойства никеля

«Никель хорошо обрабатывается в горячем и холодных состояниях, причем после деформации в холодном состоянии он приобретает наклеп и сильно упрочняется. Механические свойства чистого никеля в зависимости от степени деформации значительно изменяются. Предел прочности, а также текучести и твердость с увеличением степени деформации повышаются, а относительное удлинение и сужение поперечного сечения резко снижаются.»

«Модуль нормальной упругости никеля (при растяжении) почти такой же, как у стали, и колеблется в пределах 21000—23000 кг/мм², а модуль упругости при скручивании принимается равным 7300 кг/мм².» [1]

«В связи с применением никеля в качестве основы для жаропрочных сплавов особое значение имеют механические свойства никеля при высоких температурах. Зависимость механических свойств и удельного электросопротивления технического никеля от температуры показана на рис. 6.» [1]

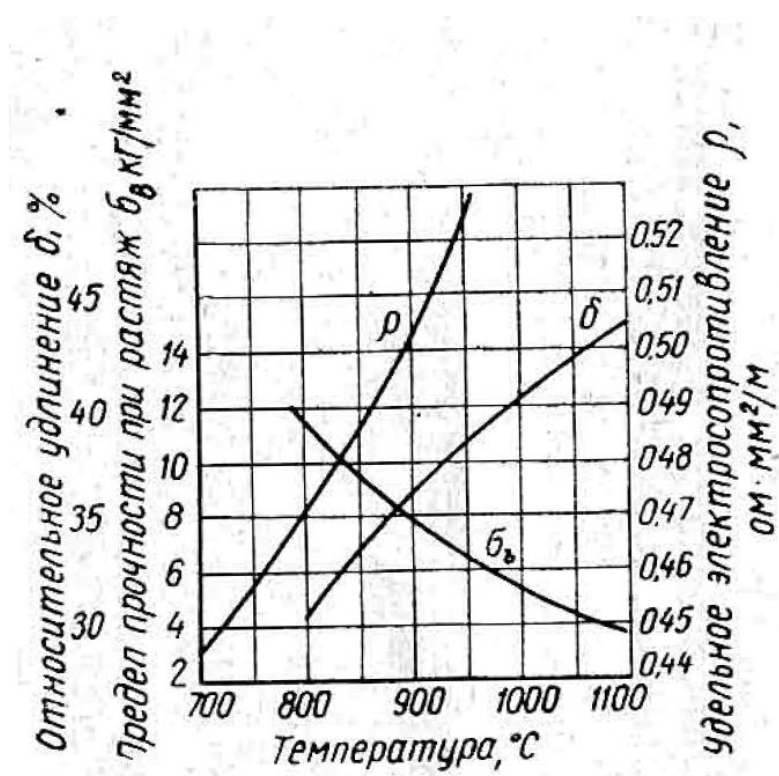


Рисунок 6 - Изменение свойств никеля при высоких температурах

«Как видно из кривых, при всех температурах испытания никель имеет высокую пластичность, а предел прочности его с ростом температуры понижается.» [1]

«Характерной особенностью чистого никеля является способность сохранять свои пластические свойства при высоких и очень низких температурах. При понижении температуры до —253°С происходит

некоторое повышение предела прочности при сохранении высокой пластичности никеля.» [1]

«Путем отжига при температурах выше температуры рекристаллизации, которая в зависимости от степени чистоты и состояния никеля колеблется в пределах 200—600° С, наклеп может быть снят.» [1]

«В зависимости от температуры отжига, изменяются и механические свойства никеля. Так, предел прочности и предел текучести с увеличением температуры отжига понижаются, а относительное удлинение увеличивается.» [1]

«В последнее время большое значение приобрел вопрос влияния радиоактивного облучения на свойства металлов и сплавов. Многочисленными исследованиями установлено, что длительное радиоактивное облучение значительно повышает предел прочности и твердость чистых металлов и резко снижает их пластичность.» [1]

Степень чистоты никеля – главный показатель его технологических свойств. Для обработки давлением (штамповка, прокатка, ковка), металл должен быть хорошо дегазирован и раскислен.

Для достижения наилучшего результата в ковке и прокатке никеля, температура металла должно составлять 1170-1260° С.»

1.1.3 Химические свойства никеля

«Химические свойства никеля и других металлов зависят от электронного строения атомов и прежде всего от числа внешних электронов. Металлы—аналоги никель, кобальт и железо имеют одинаковое число валентных электронов, но разное число электронов в незаполненной 3d-оболочке. Поэтому в свойствах этих трех металлов вместе с общими чертами наблюдаются и различия, наиболее ярко проявляющиеся в химическом взаимодействии никеля с другими элементами периодической системы Менделеева.» [1]

Чем выше чистота никеля, тем ниже его химическая активность. Никель имеет одни из высоких свойств коррозионностойкости. В начальной стадии окисления на поверхности металла образуется защитная пленка NiO, которая защищает металл от дальнейшей коррозии и окисления. Оксидная пленка удаляется механическим или химическим способом.

«При нагревании никель реагирует с серой и сернистыми соединениями, образуя легкоплавкие эвтектические смеси, способствующие быстрому разрушению материала при эксплуатации.» [1]

«В атмосфере водорода при умеренных температурах никель приобретает хрупкость (так называемая «водородная хрупкость»). Возникновение ее связано с диффузией водорода в никель, адсорбцией его по границам зерен.» [1]

1.1.4 Уплотнительное кольцо

Уплотнительное кольцо (рисунок 7) размещается между верхней плоской крышкой и корпусом атомного реактора. Высота кольца составляет 75 мм, ширина 65,5 мм, внешний диаметр 3348 мм, внутренний диаметр 3222 мм. Внутренние пояса имеют ширину в 5 мм, внешние 4 мм, высота поясов составляет 2 мм.

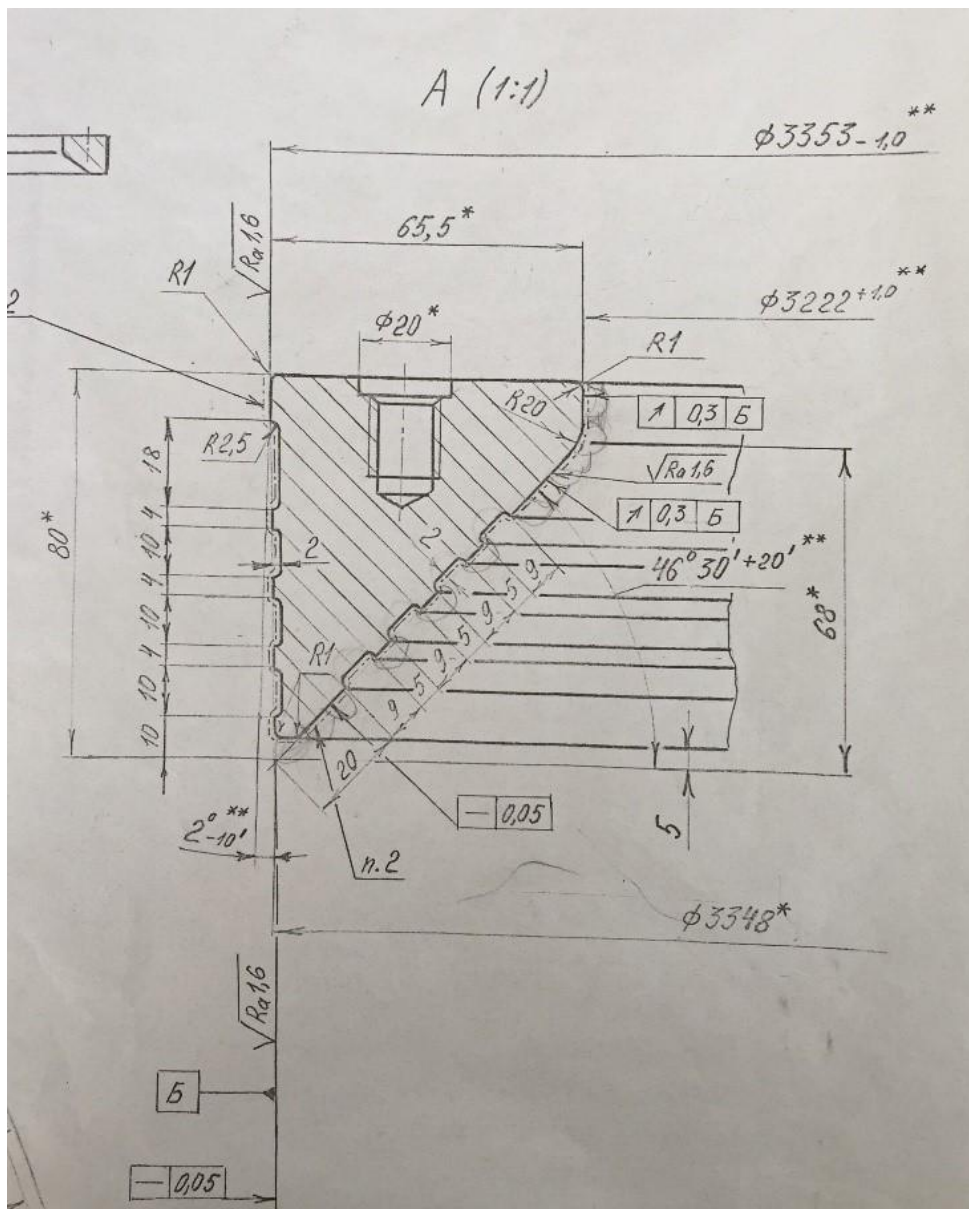


Рисунок 7 – Конструкция уплотнительного кольца

После демонтажа изделия высота кольца составляла 65 мм, ширина 60 мм, внутренний диаметр 3198 мм. Уплотнительные пояса на наружной и внутренней поверхностях были изношены или вовсе стерты. Вертикальный угол, составляющий 2° , отсутствовал из-за механических воздействий на изделие.

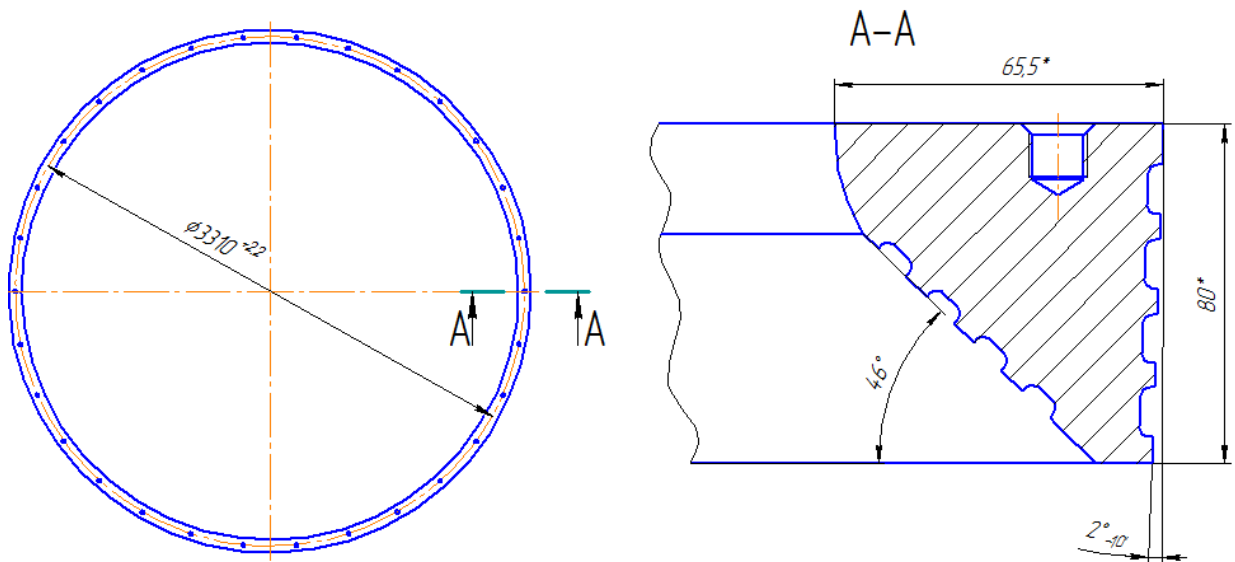


Рисунок 8 – Чертеж уплотнительного кольца

Задачей является восстановление внутреннего и внешнего диаметров кольца, наплавка всех уплотнительных поясов и восстановление высоты изделия. Немаловажным является восстановление углов 46° и 2° .

1.2 Анализ способов восстановления изделия

«Изготовление новых деталей, а также восстановление изношенных и поврежденных составляет значительную часть расходов ресурсов при ремонте машин. Так, даже на специализированных заводах они достигают до 50 % стоимости и 40 % трудоемкости ремонта машин. Поэтому сокращение расходов – важная задача, одним из путей ее решения является восстановление дефектных деталей. Типичные дефекты деталей и сборочных единиц:

- нарушение посадки между сопряженными поверхностями;
- нарушение размеров, геометрической формы и относительного положения в пространстве поверхностей деталей;
- ухудшение свойств материала;
- ухудшение внешнего вида.» [3, с. 11]

«Экономическая целесообразность ремонта обусловлена тем, что около 45 % деталей машин, поступающих в ремонт, изношены в допустимых пределах и могут быть использованы повторно, а около половины деталей могут быть использованы после восстановления при его себестоимости 15...30 % цены новых деталей. Только 5...9 % деталей не подлежат восстановлению. Восстановление деталей является основным источником экономической эффективности ремонта, технически обоснованным и экономически оправданным мероприятием.» [3, с. 12]

«Восстановление деталей позволяет ремонтно-обслуживающим предприятиям сократить время простоя машин в ремонте, повысить качество их технического обслуживания, положительно влияет на улучшение показателей надежности и использования машин.» [3, с. 12]

«Проблема подготовки производства и организации восстановления деталей является более сложной по сравнению с изготовлением новых деталей. Детали, поступающие на восстановление, имеют деформации, изношенные базы, остаточную термообработку, трещины и пониженную

усталостную прочность. Все это требует детального изучения и учета при разработке технологических процессов. Несмотря на это, восстановление и упрочнение деталей позволяет возобновить ресурс машины, а в некоторых случаях значительно его повысить. Исследования показывают, что восстановлением и упрочнением сопряжений деталей можно увеличить их ресурс в 2,5 раза.» [3, с. 14]

1.2.1 Комплексная характеристика способов восстановления

«Восстановление деталей – это технологический процесс возобновления исправного состояния и ресурса этих деталей путем возвращения им утраченной части материала из-за изнашивания и доведения до нормальных значений уровня свойств, изменившихся за время длительной эксплуатации.» [3, с. 16]



Рисунок 9 - Способы восстановления и упрочнения поверхностей деталей

Существуют два типа покрытий: защитные и восстановительные. К защитным можно отнести хромирование, никелирование, цинкование, алюминирование, эмалирование и др.

«Защитные покрытия используют в противокоррозионной практике для изоляции металла от агрессивной среды. Чтобы обеспечить хорошую защиту от коррозии покрытие должно быть сплошным, иметь хорошую адгезию с основным металлом (сцепление), быть непроницаемым для агрессивной среды, равномерно распределяться по поверхности, обладать высокой износостойкостью, жаростойкостью и твердостью (в отдельных случаях).» [3, с. 20]

Защитные покрытия подразделяют на металлические и неметаллические.

Восстановительные способы нанесения покрытия – наплавка, напыление и плакирование. Данные способы применяют для восстановления геометрии и размеров деталей. Далее подробнее разберем все виды восстановления деталей.

«Наплавка – нанесение слоя расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность путем плавления присадочного материала теплотой газового пламени, электрической или плазменной дуги.» [3, с. 28]

«Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами. Универсальный способ, пригодный для наплавки деталей различной формы и назначения во всех пространственных положениях. Легирование наплавленного металла производится через стержень электрода и (или) через покрытие. Плотность тока при наплавке должна составлять не более 10... 12 А/мм², чтобы избежать интенсивного перемешивания основного и наплавляемого металлов.» [3, с. 28]

«Преимуществами РДН являются простота, доступность и мобильность оборудования и технологии, возможность получения наплавленного металла практически любой системы легирования.» [3, с. 28]

«Недостатки — низкая производительность; тяжелые условия труда; непостоянство качества наплавленного слоя; большое проплавление основного металла.» [3, с. 28]

«Полуавтоматическая и автоматическая дуговая наплавка проволоками. Применяется механизированная наплавка под флюсом одной проволокой (сплошной или порошковой) или лентой (холоднокатаной, порошковой или спеченной). Легирование наплавленного металла осуществляется, как правило, через электродный материал, легирующие флюсы применяются реже. При дуговой наплавке самозащитным и порошковыми проволоками и лентами стабилизация дуги, легирование и защита расплавленного металла от азота и кислорода воздуха осуществляются за счет компонентов сердечника электродного материала. Дуговая наплавка проволоками (рисунок 10) в среде защитных газов применяется реже вследствие интенсивного разбрызгивания электродного металла и большой глубины проплавления основного металла. При дуговой наплавке проволоками по причине большого проплавления основного металла необходимый состав наплавленного металла удастся получить только в третьем-пятом слое.» [3, с. 29]

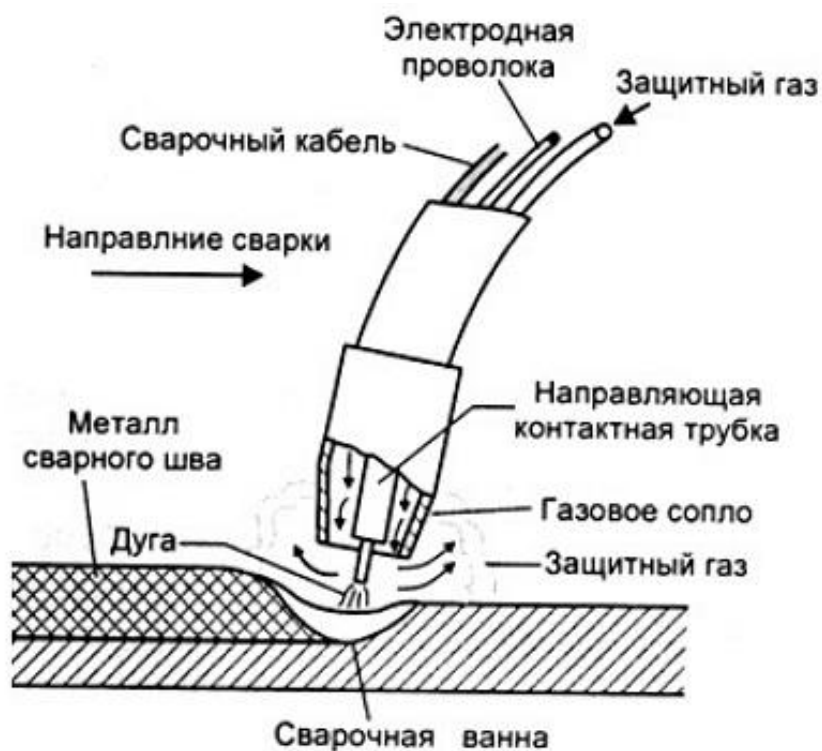


Рисунок 10 - Полуавтоматическая наплавка в защитном газе

«Преимуществами механизированных способов наплавки проволоками являются универсальность, высокая производительность, возможность получения наплавленного металла практически любой системы легирования.» [3, с. 30]

«Электрошлаковая наплавка (ЭШН) — заключается в том, что основной и наплавляемый металлы расплавляются за счет выделения тепла в шлаковой ванне при пропускании через нее электрического тока. Процесс осуществляется в вертикальном или наклонном, реже в горизонтальных положениях, как правило, с принудительным формированием наплавленного слоя. Способ применяется там, где требуется нанести слой металла большой толщины (свыше 10 мм). В металлургии ЭШН применяется для наплавки прокатных валков, в производстве заготовок — для прокатки биметалла, в горнорудной промышленности — для восстановления зубьев ковшей экскаваторов, зубьев крупномодульных шестерен, в машиностроении — для наплавки штампов. Антикоррозионная наплавка лентами используется в атомном, энергетическом и нефтехимическом машиностроении.» [3, с. 30]

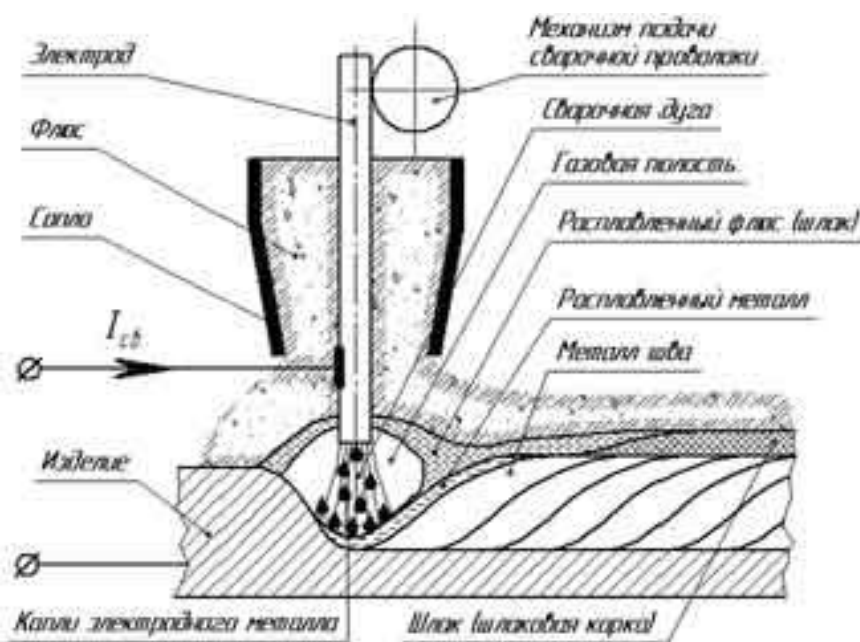


Рисунок 11 – Схема работы электрошлаковой наплавки

«Преимуществами электрошлаковой наплавки являются устойчивость процесса в широком диапазоне плотностей тока (от 0,2 до 300 А/мм²); высокая производительность; возможность наплавки сталей и сплавов с повышенной склонностью к образованию трещин; возможность наплавки за один проход слоев большой толщины; возможность придавать наплавленному металлу необходимую форму и сочетать наплавку с электрошлаковой сваркой.» [3, с. 30]

«Недостатки способа: большая погонная энергия процесса вызывает перегрев основного металла и зоны термического влияния; невозможность получения наплавленных слоев малой толщины; большая длительность подготовительных операций.» [3, с. 31]

«Плазменно-дуговая наплавка (ПДН) — состоит в нанесении покрытия из расплавленного присадочного порошкового или проволочного материала на металлическую поверхность с использованием в качестве источника нагрева плазменной дуги, горящей между электродом плазмотрона и изделием. Применяется при изготовлении новых деталей и изделий со специальными износ- и коррозионностойкими свойствами поверхности, а также для восстановления размеров изношенных и бракованных деталей. Плазменно-дуговой наплавкой наносится слой, обладающий высокой плотностью и прочностью сцепления с изделием, способный работать в условиях высоких динамических, знакопеременных нагрузок или подверженных абразивному изнашиванию.» [3, с. 31]

«Номенклатура наплавляемых материалов: углеродистые, легированные и высоколегированные стали, легированные чугуны, сплавы на основе железа, никеля, кобальта, цветные металлы, смеси с карбидами и др. Производительность ПДН порошковыми материалами составляет до 10 кг/ч, проволочными — до 18 кг/ч, минимальная толщина наплавленного слоя — 0,5 мм. В качестве присадочного материала используются различные порошковые сплавы размером частиц 60...300 мкм. сварочные и наплавочные

проволоки диаметром 1—3,6 мм. ПДН выполняется в один или несколько слоев с поперечными колебаниями или без них.» [3, с. 31]

Преимущества:

- минимальная доля основного металла в наплавленном;
- высокая стабильность и устойчивость дуги;
- незначительный припуск на последующую мехобработку;
- максимальная производительность;
- минимальный расход вольфрамового электрода;
- возможность процесса наплавки деталей малых размеров;
- высокий уровень механизации и автоматизации технологического процесса.

«ПДН используется при изготовлении и восстановлении различных деталей оборудования нефтяной и газовой промышленности, металлургических производств, сельскохозяйственной техники, тракторов, автомобилей, бумагоделательного производства, дорожных машин, деревообрабатывающего производства, землесосных снарядов, горнодобывающего и горно-перерабатывающего производств, штампов, пресс-форм, режущего инструмента, уплотнительных поверхностей энергетического, химического и нефтяного оборудования.» [3, с. 31]

«*Индукционная наплавка* — процесс, легко поддающийся механизации и автоматизации, особенно эффективный в условиях серийного производства. Сущность способа заключается в разогреве наплавляемого материала и поверхности основного материала токами высокой частоты под воздействием мощного электромагнитного поля, генерируемого специальным устройством — индуктором. Применяются два основных варианта индукционной наплавки: с использованием твердого присадочного материала (порошковой шихты, стружки, литых колец ит. п.), расплавляемого индуктором непосредственно на наплавляемой поверхности,

и жидкого присадочного металла, который выплавляется отдельно и заливается на разогретую индуктором поверхность наплавляемой детали. Широко используется в сельскохозяйственном машиностроении.» [3, с. 31]

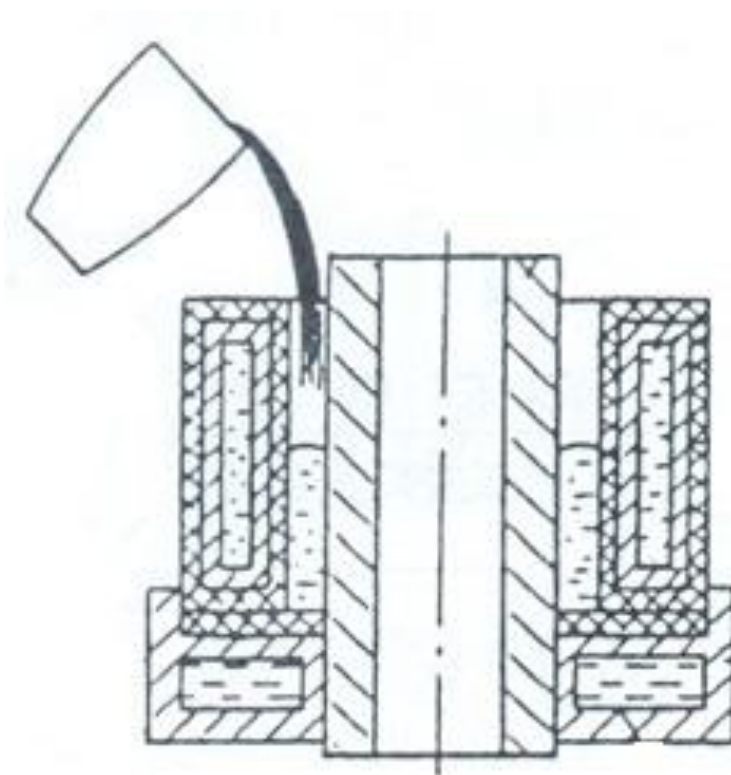


Рисунок 12 - Индукционная наплавка заливкой жидкого присадочного металла на подогретый основной металл

«Преимущества: малая глубина проплавления основного металла; возможность наплавки тонких слоев, высокая эффективность в условиях серийного производства.» [3, с. 31]

«Недостатки: низкий КПД процесса; перегрев основного металла; необходимость использования для наплавки только тех материалов, которые имеют температуру плавления ниже температуры плавления основного металла.» [3, с. 31]

«*Электроконтактная наплавка (наварка)*. Соединение основного и присадочного металлов осуществляется в результате их совместной пластической деформации, сопровождающейся пропусканием в месте

контакта импульсов тока. В качестве оборудования используются модернизированные машины для шовной контактной сварки. Присадочные материалы — стальная лента, проволока, порошки и их смеси. Применяется при ремонте и восстановлении валов, осей, штоков, фланцев, барабанов и прочих деталей, износ которых по диаметру не превышает 1,0..1,5 мм.» [3, с. 32]

«Преимущества: отсутствие проплавления основного металла; минимальные деформации наплавленных деталей; возможность наплавки слоев малой толщины.» [3, с. 32]

«Недостатки: низкая производительность процесса; ограниченная номенклатура наплаваемых деталей.» [3, с. 32]

«Лазерная наплавка (рис. 13). Разработаны три способа лазерной наплавки: с подачей присадочного порошка в зону плавления, оплавление предварительно нанесенных паст, оплавление напыленных слоев. Требуемые составы и свойства наплавленного металла можно получить уже в первом слое небольшой толщины. В опытно-промышленном производстве лазерно-порошковым методом наплавляют коленчатые и распределительные валы двигателей внутреннего сгорания, клапаны и некоторые другие детали.» [3, с. 32]

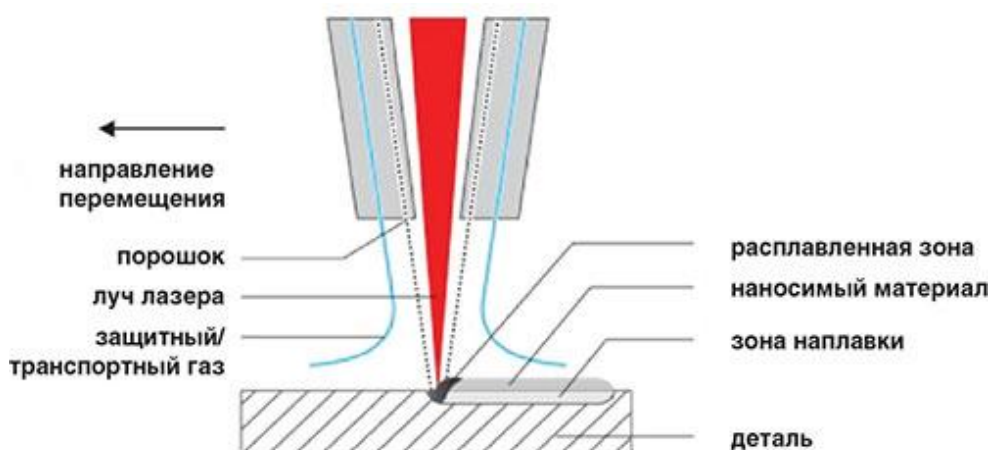


Рисунок 13 - Схема работы лазерной наплавки

«Преимущества: малое и контролируемое проплавление при высокой прочности сцепления; возможность получения тонких (менее 0,3 мм) слоев; небольшие деформации наплавляемых деталей; возможность наплавки труднодоступных поверхностей; возможность подвода лазерного излучения к нескольким рабочим местам, что сокращает время на переналадку оборудования.» [3, с. 32]

«Недостатки: низкая производительность, невысокий КПД процесса. сложное и дорогостоящее оборудование.» [3, с. 32]

Электронно-лучевая наплавка. Использование для наплавки электронного луча позволяет отдельно регулировать нагрев и плавление основного и присадочного материалов, а также свести к минимуму их перемешивание. Наплавка производится с присадкой сплошной или порошковой проволоки. Поскольку наплавка выполняется в вакууме, то шихта порошковой проволоки может состоять из одних легирующих компонентов.» [3, с. 32]



Рисунок 14 - Схема работы электронно-лучевой наплавки

«Преимущества: малое и контролируемое проплавление основного металла, возможность наплавки слоев малой толщины.» [3, с. 32]

«Недостатки: сложность и высокая стоимость оборудования, необходимость защиты персонала от рентгеновского излучения.» [3, с. 32]

«Наплавка трехфазной дугой неплавящимися электродами в аргоне. В трехфазной дуге в каждый момент времени горят не менее двух дуг переменного тока. Способ применяется для наплавки изделий из алюминиевых и магниевых сплавов с подачей присадочной проволоки в зону сварки. Используется как источник тепла одновременно и для сварки, и для подогрева зоны наплавки межэлектродной (косвенной) дугой. Наиболее эффективен способ для ремонтной сварки и наплавки изделий из магниевых и алюминиевых сплавов, склонных к образованию горячих трещин в зоне ремонта.» [3, с. 33]

«Преимущества: широкие технологические возможности, большая мощность дуги, стабильность и устойчивость горения фазных дуг, высокая производительность процесса, хорошее качество наплавленного слоя.» [3, с. 33]

«Недостатки: сложность и высокая стоимость оборудования, малая распространенность способа вследствие отсутствия промышленного производства оборудования для сварки трехфазной дугой.» [3, с. 33]

«Газовая наплавка. Металл нагревается и расплавляется пламенем газа, сжигаемого в смеси с кислородом в специальных горелках. Горючий газ — ацетилен или его заменители: пропан-бутановая смесь, природный газ, водород. Известна газовая наплавка с присадкой прутков либо с вдуванием порошка в газовое пламя. Широко используется при ремонте сельскохозяйственной и автомобильной техники, а также для наплавки

релитом буровых долот и быстро изнашивающихся деталей горнорудной техники.» [3, с. 33]

«Преимущества: малое проплавление основного металла; универсальность технологии; возможность наплавки слоев малой толщины.» [3, с. 33]

«Недостатки: низкая производительность, нестабильность качества наплавленного слоя.» [3, с. 33]

«*Наплавка трением.* Суть метода заключается в быстром вращении присадочного прутка (1500...4000 об. / мин), который торцом прижимается к наплавленной поверхности. Металл нагревается, становится пластичным и как бы намазывается на поверхность изделия.» [3, с. 33]

«Преимущества: возможность наплавки тонких слоев; отсутствие перемешивания основного и наплавленного металлов; низкие затраты электроэнергии.» [3, с. 33]

«Недостатки: низкая универсальность, поскольку для наплавки каждой детали необходимы присадочные материалы определенных геометрических размеров и специализированное оборудование или оснастка; малая производительность; отсутствие производства материалов для наплавки; дефекты наплавленного слоя, а именно краевые несплавления.» [3, с. 34]

«*Плакирование* — получение слоев, соединенных между собой способами прокатки, сварки взрывом или литьем.» [3, с. 34]

«*Плакирование с использованием энергии взрыва.* Для непосредственного плакирования деталей или получения многослойных заготовок наиболее широко применяется взрывное плакирование пластичными коррозионностойкими сталями и сплавами. Применение опор переменной жесткости и особых способов подготовки плакирующих листов позволило использовать энергию взрыва для плакирования малоуглеродистой стали малопластичными инструментальными сталями

Х6Ф1, Х12, Р6М5. изготовления би- и триметалла для нефтехимического и сельскохозяйственного машиностроения.» [3, с. 34]

«Преимущества: возможность соединения металлов, сварка которых другими способами сложна или невозможна; отсутствие проплавления основного металла; минимальные деформации при плакировании.» [3, с. 34]

«Недостатки — необходимость в специальных полигонах и большая длительность подготовительных операций.» [3, с. 34]

«Плакирование прокаткой (рисунок 15). Плакированный металл производят из специальных многослойных слитков, из заготовок, полученных наплавкой, ЭШС, сваркой взрывом, из сварных герметизированных заготовок-пакетов. Применяется в основном для производства толстых и тонких листов, полос, фасонных профилей, прутков и проволоки. Изготавливают биметаллические листы (конструкционная сталь + нержавеющая сталь), износостойкий плакированный прокат для металлургии, горнодобывающей промышленности, сельскохозяйственного машиностроения.» [3, с. 34]

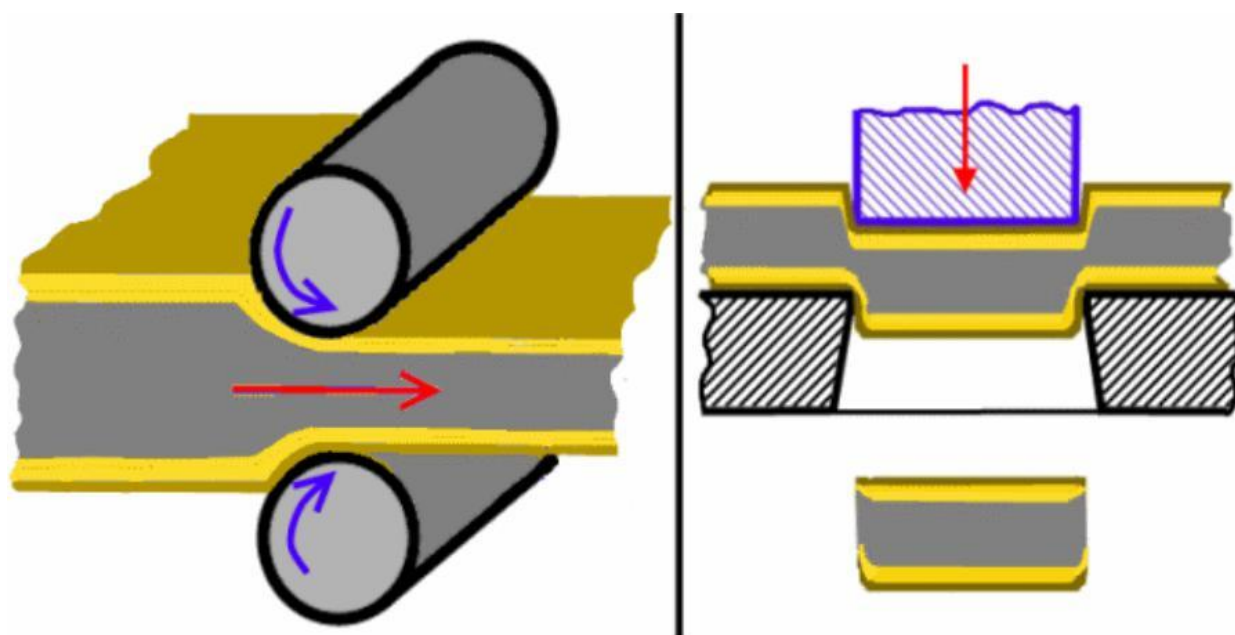
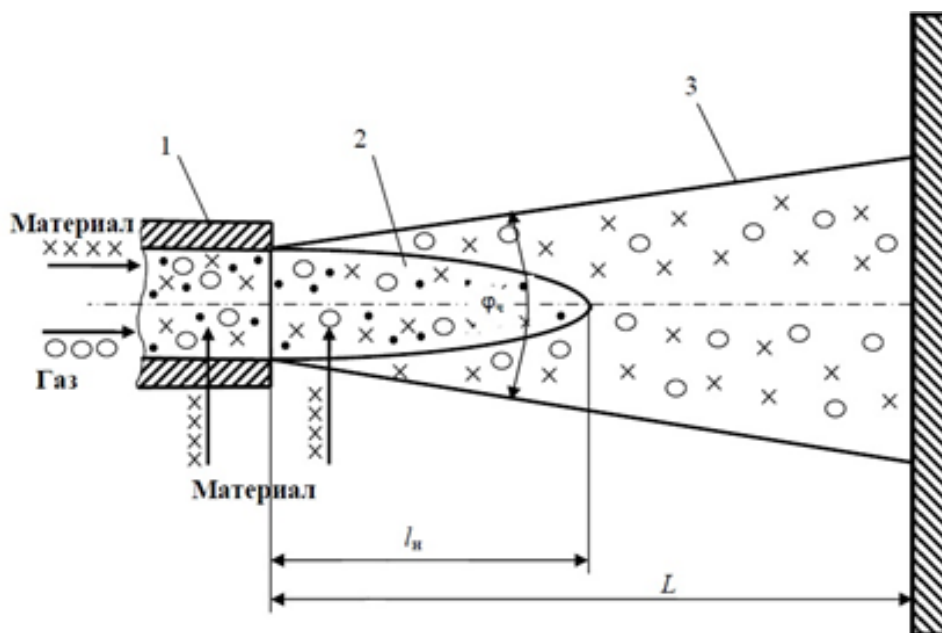


Рисунок 15 - Плакирование прокаткой

«Напыление — образование на поверхности изделия покрытия из нагретых до плавления или близкого к нему состояния частиц распыляемого материала с использованием теплоты сжигаемого газа или электрического разряда в газовых средах.» [3, с. 34]

«Плазменное порошковое напыление (ППН) — состоит в нанесении покрытия из отдельных частиц порошкового материала, нагретого и ускоренного с помощью высокотемпературной плазменной струи.» [3, с. 35]

«Способ применяется при изготовлении деталей со специальными и декоративными свойствами поверхности: износостойкостью (за исключением деталей, испытывающих ударно-абразивное изнашивание), антифрикционностью, коррозионностойкостью, жаростойкостью, кавитационностойкостью, эрозионностойкостью, электроизоляцией, стойкостью против фреттинг-коррозии и др.» [3, с. 35]



1 – плазмообразующее сопло; 2 – ядро плазменной дуги; 3 – основной участок плазменной струи

Рисунок 16 - Схема процесса плазменного порошкового напыления

«Температура нагрева деталей при ППН не превышает 100...150 °С. Плазмообразующим газом являются, как правило, аргон или воздух. В качестве порошкового материала, формирующего покрытие, используются различные материалы и сплавы, тугоплавкие соединения, оксиды, полимеры и их композиции размером частиц до 100 мкм.» [3, с. 35]

«По сравнению с газопламенным, электродуговым и детонационным напылением, с процессами наплавки и осаждения данный способ нанесения покрытий имеет следующие преимущества:

- высокий коэффициент использования порошка (до 85 %),
- прочность сцепления покрытия с основой (до 60 МПа),
- низкая пористость покрытия;
- высокая производительность процесса;
- универсальность за счет получения покрытий из большинства материалов без ограничения их температур плавления;
- нанесение покрытия на изделия, изготовленные практически из любого материала;
- отсутствие ограничений по размерам напыляемых изделий;
- низкое термическое воздействие на напыляемую основу, что позволяет избежать деформаций, изменений размеров изделий, а также исключить нежелательные структурные превращения основного металла;
- нанесение покрытия на локальные поверхности;
- нанесение покрытия с минимальными припусками для последующей механической обработки;
- низкий расход аргона;
- возможность автоматизации процесса.» [3, с. 35]

«Плазменное порошковое напыление применяется в машиностроении для восстановления и упрочнения подшипников скольжения, упорных подшипников, гидроцилиндров, плунжеров, направляющих токарных станков, шпинделей и валов, шнеков экструзионных машин, вытяжных и

гибочных штампов, матриц для прессования тугоплавких металлов и т. п.» [3, с. 36]

«В автомобильной промышленности ППН применяется для ремонта коленчатых валов, поворотных цапф, деталей коробки передач, кулачков распределительных валов, ступиц маховиков двигателя, валов водяных насосов и вентиляторов, головок блока цилиндров, поршневых колец, клапанов ДВС, тормозных барабанов. шаровых пальцев рулевого управления.» [3, с. 36]

«В электротехнической и химической промышленности ППН используется для нанесения слоев на конденсаторы, поверхности антенн, вентиляционные лопасти турбогенераторов, торцовые уплотнения электрических машин, лентопротяжные механизмы, магнитные головки, ролики для подачи проволоки и сопла сварочных установок крыльчатки и валы кислотных насосов.» [3, с. 36]

«ППН применяется также для изготовления бытовой техники: напыляют днища кастрюль, сковородок, электронагревательные устройства и т. п.» [3, с. 36]

«Газопламенный метод напыления покрытий. Источником тепла выступает ацетиленокислородное пламя, температура которого не превышает 3000°C. Использование газопламенного метода характеризуется относительной простотой применяемого оборудования, требует наличия ацетилена и кислорода. Распыляемый материал, попадая в факел ацетиленокислородного пламени горелок, разогревается до температуры, близкой к температуре плавления, и разгоняется до скорости 20...30 м/с. При соударении с изделием разогретые частицы соединяются с поверхностью и между собой, образуя достаточно плотное и равномерное покрытие.» [3, с. 36]



Рисунок 17 - Схема процесса газопламенного напыления

«С помощью газопламенных горелок производят напыление полимерных материалов (пластмассы), металлических материалов (алюминий, бронза, баббит, никель и т. д.), тугоплавких керамических соединений (окись титана, окись алюминия и др.). Различают два способа подачи напыляемого материала в ацетилено-кислородное пламя горелок: в виде порошка и в виде проволоки.» [3, с. 37]

«К агрегатам, в которых напыляемый материал подают в виде порошка, относят газопламенную горелку Kololtec-80 швейцарской фирмы СазюНп-ЕтесПс.» [3, с. 37]

«Напыление металлизацией. Сущность метода. В электрометаллизаторе установлены направляющие, через которые непрерывно производится подача двух распыляемых проволок. Между концами этих проволок возбуждается электрическая дуга. В центральной части электрометаллизатора имеется сопло, через которое подается сжатый воздух. Струя сжатого воздуха отрывает с проволок-электродов частицы расплавленного металла и уносит их к напыляемой поверхности.» [3, с. 37]

«Электрометаллизатор может работать как на постоянном, так и на переменном токе. При использовании переменного тока дуга горит неустойчиво и сопровождается большим шумом. При постоянном токе характер работы является устойчивым, напыленный материал имеет мелкозернистую структуру, производительность напыления высокая. Поэтому в настоящее время для дугового напыления используют источники постоянного электрического тока. Для напыления обычно применяют проволоку диаметром 0,8; 1,0; 1,6 и 2,0 мм.» [3, с. 37]

«Преимуществом способа электродуговой металлизации является высокая производительность процесса и возможность значительного сокращения затрат времени на напыление. Например, при силе тока 750А можно напылять стальное покрытие с производительностью 36 кг/ч, что превышает в несколько раз производительность газопламенного напыления. По сравнению с газопламенным напылением металлизация позволяет получать более прочные покрытия, которые лучше соединяются с основой. При использовании в качестве электродов проволок из двух различных металлов можно получить покрытие из их сплава. Эксплуатационные затраты при работе электрометаллизатора невелики. При напылении покрытия распылением двух электродов из разнородных материалов желательно использовать такие электрометаллизаторы, которые бы позволяли производить отдельную регулировку скорости подачи каждого электрода.» [3, с. 37]

«Недостатком метода является перегрев и окисление напыляемого материала при малых скоростях подачи распыляемой проволоки. Кроме того, количество теплоты, выделяющейся при горении дуги, приводит к значительному выгоранию легирующих элементов, входящих в напыляемый сплав (например, содержание углерода в материале покрытия снижается на 40...60 %, а кремния и марганца на 10...15%).» [3, с. 38]

«Для восстановления изношенных деталей машин и аппаратов, а также для упрочнения и нанесения слоев на поверхность деталей с особыми свойствами в промышленности применяют различные способы.» [3, с. 16]

«Сварка плавлением представляет собой очень сложный комплекс металлургических и физико-химических процессов, протекающих в условиях высокой температуры, значительной концентрации тепла в небольшом объеме, быстрого нагрева и последующего охлаждения расплавленного металла. Специфические условия сварки оказывают значительное влияние на химический состав, структуру и свойства сварных швов.» [1]

«Полнота протекания металлургических процессов, химический состав, структура и свойства металла швов в значительной степени зависят от величины сварочной ванны, длительности ее существования, температуры ванны, от доли участия в формировании шва электродного металла и многих других факторов.» [1]

«Размеры сварочной ванны зависят в основном от метода сварки, величины тока и напряжения дуги, скорости сварки и теплофизических свойств свариваемого металла.» [1]

«Сварной шов представляет собой смесь расплавленного и основного металлов. Химический состав шва определяется составом свариваемого металла и электродной проволоки, долями их участия в образовании шва, а также характером воздействия жидкого металла и газовой среды. Соотношение между основным и электродным металлом в шве зависит от скорости плавления электрода, глубины ванны, объема наплавленного металла и ряда других факторов.» [1]

«Обычными примесями в никеле являются небольшие количества кобальта, железа, меди, марганца, кремния, углерода, кислорода и других элементов. Эти примеси в пределах, допускаемых стандартами, не оказывают заметного влияния на свариваемость никеля.» [1]

«В технической литературе распространено мнение о том, что при электродуговой сварке чистых металлов и специальных сплавов, в том числе

никеля и его сплавов, необходимо стремиться к получению металла шва, обладающего таким же химическим составом и структурой, как и свариваемый материал. Однако практика показала ошибочность такого подхода к вопросу сварки никеля и его сплавов. Так, например, технически чистый никель не удастся сварить без пор, трещин, с достаточно высокими показателями механических и коррозионных свойств шва, если его химический состав и структура будут идентичными основному металлу. Очень часто для получения сварных швов, удовлетворяющих разнообразным требованиям, приходится прибегать к комплексному легированию их элементами, не содержащимися в основном металле, и одновременно препятствовать обогащению шва вредными примесями.» [1]

В настоящее время восстановление геометрических размеров уплотнительного кольца реактора производится посредством ручной аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом сплава никеля на изношенные поверхности с последующей механической обработкой. Такая технология связана с высокой трудоемкостью выполняемых работ (1 изделие 2-4 месяца). Кроме того, сплав никеля склонен к образованию недопустимых горячих трещин, которые часто появляются после ручной наплавки по применяемой технологии. В этом случае устранение трещин производится механическим способом с последующей наплавкой. Это приводит к многократному увеличению трудоемкости.

Наиболее подходящими способами восстановления уплотнительного кольца реактора ВК-50 являются аргонодуговая наплавка неплавящимся электродом и аргонодуговая наплавка плавящимся электродом.

1.2.2 Газоэлектрическая сварка и наплавка деталей в среде углекислого газа

«За последние годы в промышленность широко внедряются различные способы электродуговой сварки и наплавки в среде защитных газов – аргоне, гелии, углекислом газе. Применение этих способов во многих случаях

позволяет восстанавливать или упрочнять поверхности изделий, наплавка которых другими способами затруднена. Кроме того, газозащитная сварка создает возможности для автоматизации наплавочных работ там, где применение автоматической и полуавтоматической сварки под слоем флюса невозможно. При этом значительно увеличивается производительность труда и снижается себестоимость наплавочных работ.» [27, с. 93]

«Разработанный профессорами К.В. Любавским и Н.М. Новожиловым метод сварки плавящимся электродом в атмосфере углекислого газа дал возможность получать плотные швы при сварке малоуглеродистых, низколегированных и высоколегированных аустенитных сталей.» [27, с. 93]

«Сущность способа заключается в том, что воздух (кислород, водород, азот, пары воды и др.) оттесняется из зоны сварки струей углекислого газа, а окисление самим углекислым газом расплавленного дугой металла компенсируется за счет повышенного содержания элементов-раскислителей в электродной проволоке. [27, с. 94]

Техника сварки и квалификация сварщика непосредственно влияют на качество сварных соединений и наплавки. От расстояния, угла наклона и характера движения горелки зависят надежность газовой защиты зоны сварки от воздуха, скорость охлаждения металла, форма шва, условия удаления газовых пузырей и неметаллических включений из сварочной ванны. Процесс ремонтной сварки и наплавки в углекислом газе необходимо вести на короткой дуге. Рекомендованная длина дуги при наплавке на токе 200-250 А – 1,5 - 4,0 мм. Чем короче длина дуги, тем меньше происходит разбрызгивание жидкого металла во время наплавки.

«Автоматическая наплавка в защитном газе плавящимся электродом производится подачей проволоки из кассеты к месту наплавки с постоянной скоростью через токоподводящий мундштук. Защитный газ из баллона по шлангу поступает через сопло горелки к месту горения дуги. Эффективность газовой защиты зависит от конструктивных особенностей газоподводящего сопла, расстояния между торцом сопла и поверхностью детали, а также от

скорости наплавки, давления защитного газа и движения воздуха в месте 95 наплавки. Наплавка в защитном газе позволяет механизировать процесс работы в любом пространственном положении.» [27, с. 95]

«Для наплавки в среде углекислого газа применяется углеродистая и низколегированная проволока диаметром от 0,8 до 3 мм. Проволоку диаметром 0,8...1,6 мм применяют при незначительном износе деталей и для наплавки цилиндрических деталей малых диаметров при любом износе. Наибольшая толщина наплавляемого однопроводного слоя в этом случае составляет 1...2,5 мм.» [27, с. 96]

«На поверхности проволоки не должно быть ржавчины и различных загрязнений, которые приводят к образованию пористости и снижают устойчивость горения дуги. Очистка проволоки может проводиться как механическим, так и химическим путем. Химический состав электродной проволоки должен быть таким, чтобы можно было в достаточной степени раскислить ванну расплавленного металла, легировать его и получить плотный наплавленный металл. При наплавке углеродистых и низколегированных сталей в качестве раскислителей используют кремний и марганец.» [27, с. 96]

«При наплавочных работах нет необходимости получать глубокое проплавление основного металла. Поэтому главными факторами являются устойчивое горение дуги, производительность и качество наплавочных работ. С точки зрения устойчивости процесса, рекомендуется силу тока принимать в зависимости от диаметра проволоки по следующим данным:» [27, с. 96]

Таблица 1 - Зависимость силы тока от диаметра проволоки

диаметр проволоки (мм)	сила тока (А)
0,8	60...120
1,0	80...160
1,2	90...260
1,6	120...350
2,0	200...450
2,5	250...550

«На процесс окисления в значительной степени влияет и режим наплавки, которым определяется глубина проплавления основного металла, величина сварочной ванны и продолжительность металлургических реакций. При повышении напряжения дуги, увеличении диаметра электродной проволоки и переходе с обратной полярности на прямую окисление элементов сварочной ванны значительно увеличивается. Уменьшение силы тока должно соответствовать снижению скорости подачи электродной проволоки. Повышение напряжения на дуге приводит к увеличению ширины валика наплавленного металла, росту потерь металла на разбрызгивание, угар и окисление; ухудшается качество наплавки, появляются поры. Поэтому рекомендуется выдерживать определенное напряжение на дуге в зависимости от силы тока:» [27, с. 96]

Таблица 2 - Зависимость напряжения от силы тока

сила тока (А)	60	100	140	200	250	300	400
напряжение (В)	18	19	20	22	25	28	30

«Наплавка в углекислом газе имеет особенно большие преимущества перед наплавкой под флюсом при восстановлении цилиндрических деталей малых диаметров (10...20 мм).» [27, с. 96]

«На устойчивость процесса наплавки весьма большое влияние оказывает вылет электродной проволоки. Большой вылет вызывает чрезмерный нагрев и перегорание проволоки в месте контакта с токоподводящим устройством. Чем больше плотность тока, тем меньше должен быть вылет электрода.» [27, с. 96]

«При наплавке в среде CO₂ валики должны перекрывать друг друга на 1/3 ширины, что дает более ровную поверхность наплавленного металла.» [27, с. 96]

«Наплавку сталей с повышенным содержанием углерода или легирующих примесей необходимо производить с предварительным подогревом детали и с большим подогревом углекислого газа. В противном случае возможна закалка металла в зоне термического влияния, что приведет к появлению микротрещин и ухудшит обрабатываемость металла режущим инструментом.» [27, с. 96]

«Для сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа используются полуавтоматы и автоматы как российского, так и зарубежного производства.» [27, с. 96]

1.2.3 Аргонодуговая наплавка неплавящимся электродом

При аргонодуговой наплавке вероятность образования пор в валиках никеля увеличивается при недолжной защите зоны сварки, следовательно, требуется повышать качество защиты. Никель и его сплавы проявляют большую склонность к образованию пор вследствие хорошей растворимости в расплавленном металле азота, водорода, кислорода и резкого снижения растворимости при затвердевании металла.

На рисунке 18 изображена установка для аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом, блок управления, источник питания Форсаж

315М и кулер. Экспериментальная наплавка проводилась в нижнем положении и под углом 45° .



Рисунок 18 – Установка для аргонодуговой наплавки неплавящимся электродом

Сварочная горелка установлена под углом 45° относительно горизонта и перпендикулярно заготовке. Заготовка расположена на специально изготовленном приспособлении, которое удерживает пластину никеля под углом 45° . Таким образом, на образец были наплавлены 8 валиков на разных режимах, горелка относительно пластины находилась под прямым углом. Угол подачи присадочной проволоки относительно пластины составлял $30-32^\circ$. Скорость наплавки постоянная, $V_{напл} = 0,25$ см/сек. Вылет электрода 5мм. Длина дуги 3-5мм.



Рисунок 19 – Позиционирование сварочной горелки

С возрастанием скорости подачи проволоки уменьшалась ширина валика и глубина проплавления, высота увеличивалась. Образец № 9 и № 10 имеют подрезы и поры из-за плохой защиты зоны сварки. Образец №10* получился правильной формы, с хорошим растеканием расплавленного металла по основному материалу. Так же валик №11 обладает равномерным расплавлением и оптимальным проплавлением. 12, 13, 14 и 15 образцы не соответствуют требованиям качества наплавленного металла, так как высока скорость подачи присадочной проволоки.

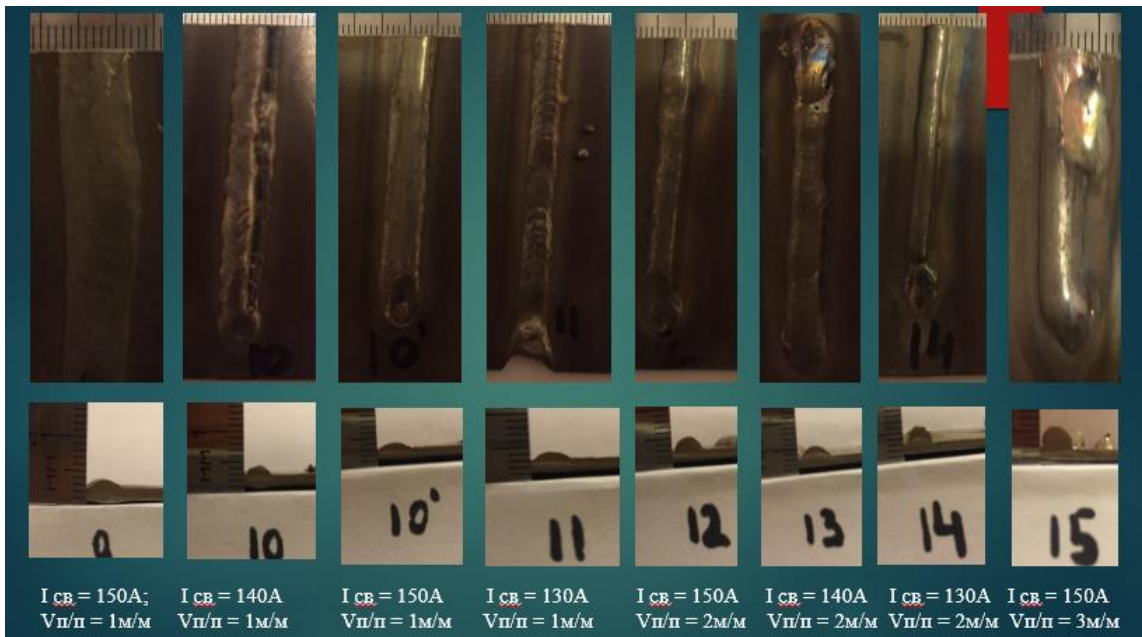


Рисунок 20 - Геометрия валиков и режим

Подбирая разные режимы были выведены оптимально подходящая сила тока, скорость наплавки с скоростью подачи проволоки. На данных режимах на стальную пластину наплавлены 9 валиков для наблюдения за наплавлением металла в кромку предыдущего валика. Валики наплавлены ровно, без подрезов и несплавлений.



Рисунок 21 - Наплавленный слой

Проведен контроль проникающими веществами. Как видно на картинке 22, основной наплавленный слой не имеет никаких дефектов, в виде пор, трещин или подрезов.



Рисунок 22 - Контроль проникающими веществами

1.2.4 Аргонодуговая сварка плавящимся электродом

Как видно из таблицы 3, скорость наплавки увеличивается в 3 раза, в сравнении с наплавкой неплавящимся электродом. Так же возрастает выпуклость шва и составляет 3,7мм.

Таблица 3 – Режимы наплавки

Скорость наплавки, м/мин	0,3
Скорость подачи проволоки, м/мин	5,4
Напряжение, В	25,5
Выпуклость (усиление) шва, мм	3,7

На подобранных режимах так же наплавлены 10 валиков.



Рисунок 23 - Наплавленный слой

Но проведя контроль проникающими веществами выявились незначительные поверхностные трещины. Это говорит о перегреве пластины при наплавке. После каждого наплавленного валика необходимо время на остывание пластины до температуры 40-50 °С. На рисунке 24 изображен результат проведения контроля проникающими веществами.



Рисунок 24 - Контроль проникающими веществами

Следующая серия эксперимента проводилась на прежних режимах наплавки, но с остыванием основного металла. При соблюдении технологии наблюдался положительный эффект. Удалось получить наплавленный слой без пор и трещин.



Рисунок 25 - Наплавленный слой

Внедрение нового технологического процесса позволяет снизить трудоемкость и повысить качество наплавки уплотнительного кольца атомного реактора, путем разработки технологии автоматизированной наплавки плавящимся электродом и внедрения автоматизированного оборудования.

2 Проектирование оборудования для наплавки

Для осуществления поставленных задач восстановления изделия необходимо разработать дополнительное оборудование. Источником питания будет выступать сварочный полуавтомат MIGATRONIC MIG 305 S со ступенчатой регулировкой напряжения. Для размещения кольца на оснастке и вращения для осуществления наплавки необходим горизонтально-расточной станок M2620.

2.1 Установка для автоматической наплавки

Установка для автоматической наплавки (рис. 26) никелевым сплавом уплотнительного кольца (далее Установка) предназначена для позиционирования сварочной горелки и управления циклом сварки уплотнительного кольца корпуса реактора.

Условия эксплуатации:

- относительной влажности воздуха до 98%;
- климатическое исполнение У по ГОСТ 15150-69;
- категория размещения оборудования при монтаже и эксплуатации п.4.1 по ГОСТ 15150-69.
- при температуре окружающего воздуха от 0 до +50°C;



Рисунок 26 – Установка для автоматической наплавки

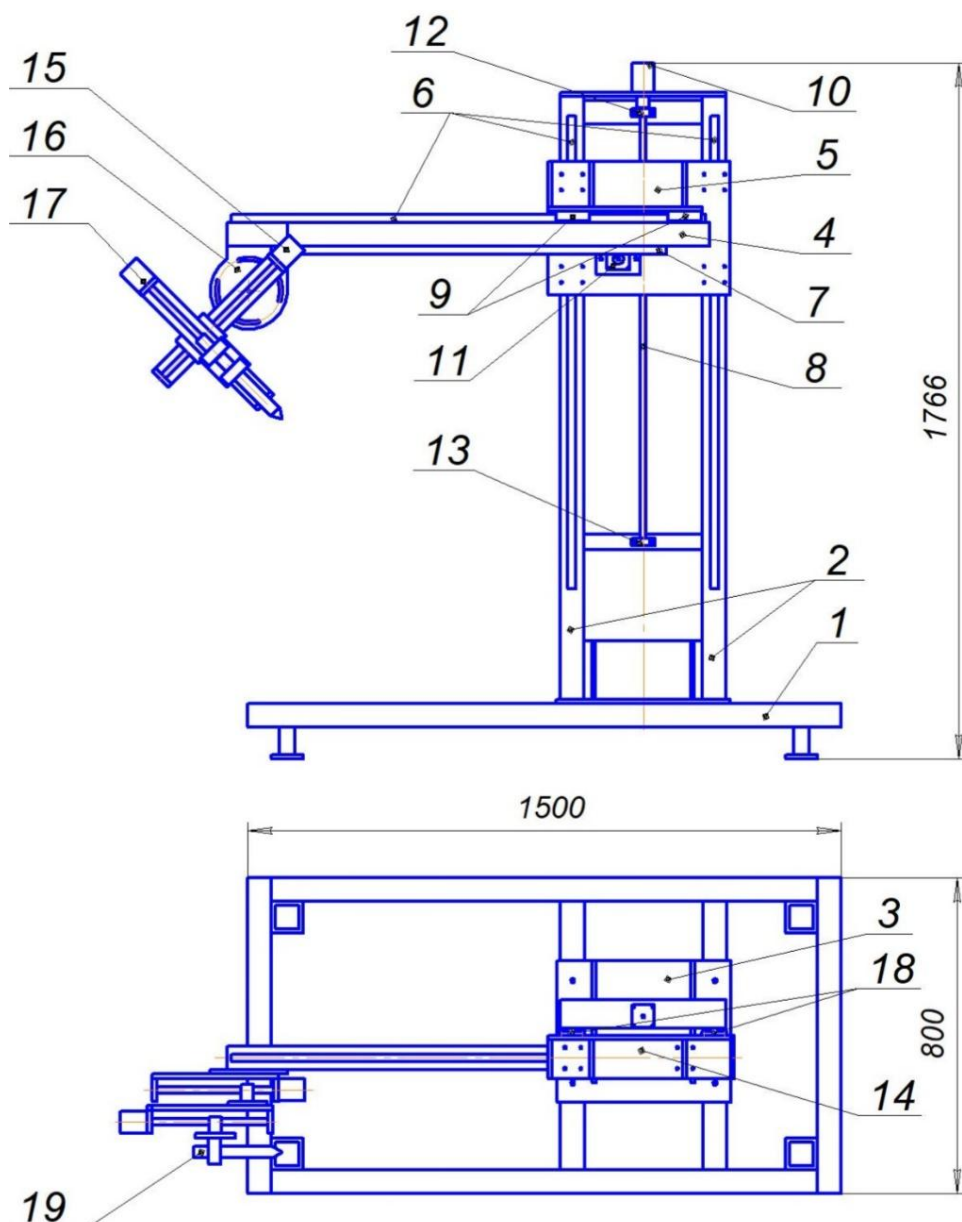
Технические характеристики установки:

- | | | |
|----|---|----------|
| 1. | Напряжение питания | - 220В |
| 2. | Перемещение вверх-вниз (ось Y) | - 1000мм |
| 3. | Перемещение влево-вправо (ось X) | - 1000мм |
| 4. | Перемещение вдоль напл.поверхн. (ось A) | - 300мм |
| 5. | Перемещение поперек напл.поверхн. (ось Z) | - 300мм |
| 6. | Потребляемая мощность, не более | - 800Вт |



Рисунок 27 – Установка в ГНЦ НИИАР

Колонная сварочная предназначена для позиционирования и перемещения сварочной горелки относительно сварного изделия. Она представляет собой жесткую сварную конструкцию, состоящую из вертикальной стойки (колонна), горизонтальной балки (консоль) и механизма наклона сварочной горелки с модулями перемещения вдоль и поперек наплавляемой поверхности. Конструкция колонны сварочной представлена на рис. 28.



1 - основание; 2 - стойка вертикальная; 3 - фланец вертикальной стойки; 4 - портал горизонтальной оси X; 5 - портал вертикальной оси Y; 6 - рельс направляющий; 7 - рейка прямозубая; 8 - винт трапецеидальный; 9 - каретки горизонтального перемещения; 10 - шаговый двигатель вертикального перемещения; 11 - шаговый двигатель горизонтального перемещения; 12 - опора винта верхняя; 13 - опора винта нижняя; 14 - фланец каретки горизонтального перемещения; 15 - модуль перемещения оси A; 16 - механизм наклона горелки; 17 - модуль перемещения оси Z; 18 - каретки вертикального перемещения; 19 - горелка сварочная.

Рисунок 28 - Конструкция колонны сварочной КС-01:

Основание п.1 (рис. 28) выполнено из профильной трубы квадратного сечения и имеет 4 роликовых опоры, предназначенных для передвижения установки и 4 стопорных опоры, предназначенных для фиксации и выравнивания установки для выполнения процесса сварки. К раме посредством фланцевого соединения прикрепляется стойка вертикальная п.2 с механизмами горизонтального (ось X) и вертикального (ось Y) перемещения. Оси X, Y имеют концевые выключатели индуктивного типа, предотвращающие их перемещение за заданные пределы. На краю оси X консольного типа установлен механизм наклона п.16 с механизмами перемещения вдоль (ось A) и поперек (ось Z) наплавляемой поверхности. На ползуне оси Z предусмотрены кронштейны для крепления сварочной горелки. Перемещения вверх-низ и вправо-влево служат для предварительного подведения сварочной горелки в зону сварки. Перемещение поперек наплавляемой поверхности обеспечивает длину сварочной дуги и ее стабилизацию в процессе наплавки. Перемещение вдоль наплавляемой поверхности упрощает настройку при формировании наплавленного слоя (поверхности).

Все механизмы перемещения выполнены на основе пары «винт-гайка» при перемещении кареток по направляющим элементам. Вращение винта механизмов перемещения осуществляет шаговый привод, который состоит из двигателя, закрепленного на оси и силового модуля, размещенного в шкафу управления (рис. 29).

2.1.1 Блок управления БУ-01

Блок управления состоит из шкафа управления (рис. 29) и пульта управления (рис. 30).

Шкаф управления предназначен для размещения, питания и защиты силовых модулей шаговых приводов и элементов управления внешними устройствами (газовый клапан, сварочный аппарат, концевые выключатели). Шкаф управления посредством кабеля соединен с пультом управления.

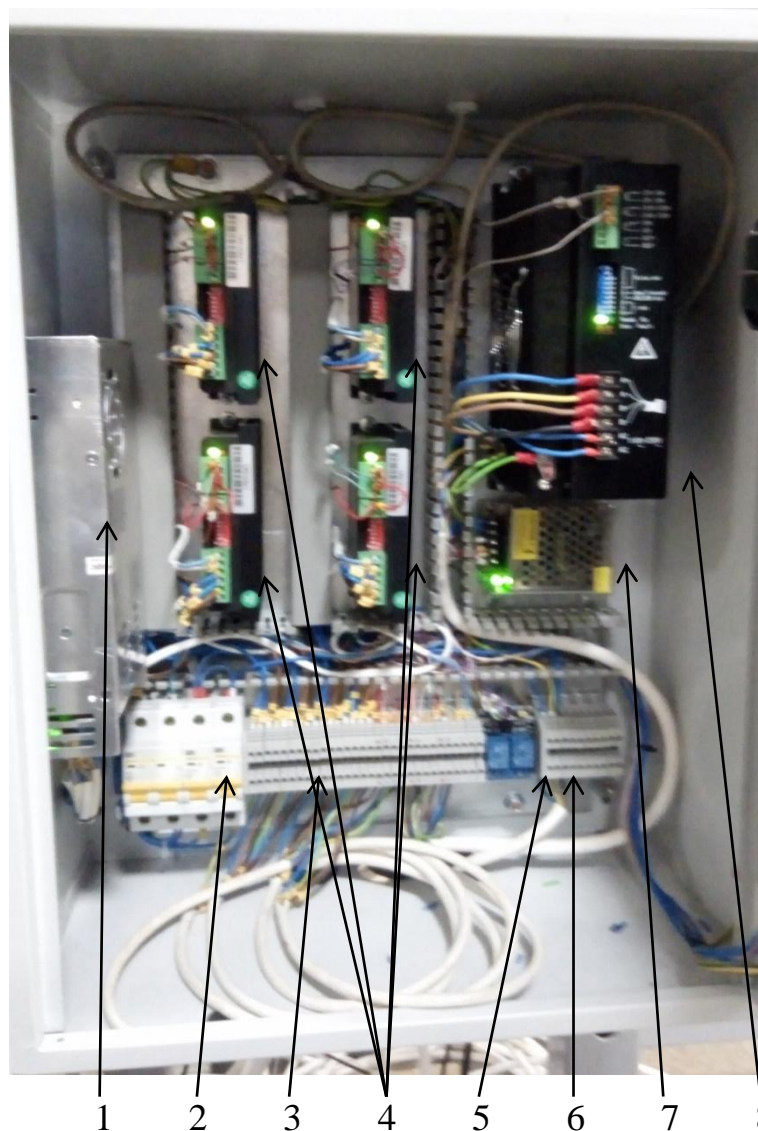


1 - включатель напряжения цепей управления (с ключом); 2 - переключатель направления вращения планшайбы; 3 - индикатор сетевого напряжения; 4 - кнопка аварийной остановки.

Рисунок 29 - Лицевая панель шкафа управления



Рисунок 30 - Вид лицевой панели блока управления



1 - блок питания 24В 12.5А; 2 - автоматические выключатели – 3шт;
3 - клемник внешних подключения; 4 - блок управления шаговым двигателем
оси – 4 шт; 5 - реле управления газовым клапаном; 6 - реле управления
сварочным аппаратом ; 7 - блок питания 12В 2А; 8 - блок управления
шаговым двигателем привода вращения планшайбы.

Рисунок 31 - Компоновка шкафа управления:

Автоматические выключатели предназначены для защиты:

- шкафа управления (25А двухполюсной)
- блока питания 24В (16А однополюсной)
- привода вращения планшайбы (16А однополюсной)

Пульт управления (рис. 30) предназначен для осуществления движением по осям установки, настройки и управления работой цикла наплавки.

На лицевой панели пульта управления располагается индикатор, 2 джойстика, 2 задающих регулятора (инкодера), кнопки управления. Индикатор отображает основную информацию о состоянии сварочной установки, время продувки перед и после сварки, величину перемещения вдоль наплавляемой поверхности после окончания сварочного цикла и скорость сварки. Состояние индикатора представлены в режиме настройки. При выполнении процесса сварки индикатор отображается состояние цикла сварки.

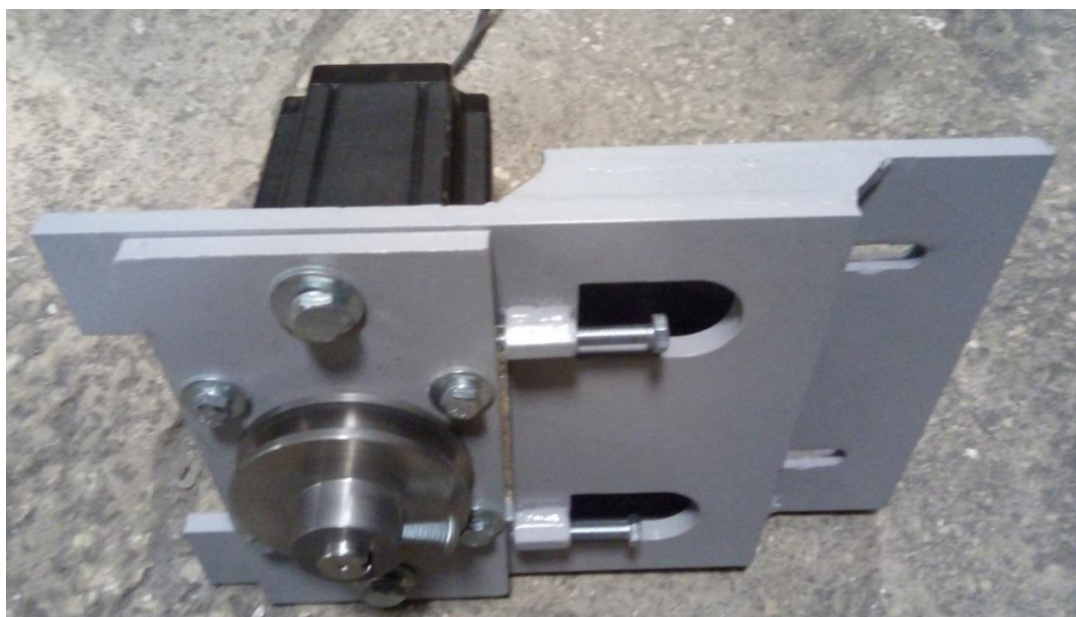


Рисунок 32 - Привод вращения планшайбы ПВ-01

Привод вращения планшайбы предназначен осуществления вращения планшайбы с уплотнительным кольцом в режимах настройки и автоматической наплавки и состоит из шагового двигателя, шкава ремня и фланца с механизмом натяжения ремня.

Шаговый двигатель установлен на фланец с натяжным механизмом, который крепится на основании опоры планшайбы. Вращение планшайбы осуществляется посредством ременной передаче через шкив. Блок

управления шаговым двигателем размещен в шкафу управления, при этом регулирование скорости осуществляется с пульта управления путем выставления скорости регулятором, запуска и останова вращения кнопками ПУСК, СТОП «Вращение стола». Для реверса вращения стола необходимо переключить тумблер «РЕВЕРС» на лицевой панели шкафа управления в противоположную сторону.

2.1.2 Особенности оборудования

Процесс наплавки может выполняться различными способами, например, аргонодуговой неплавящимся электродом с подачей присадочной проволоки или механизированной в среде аргона плавящимся электродом. Для реализации данных способов предназначены различные, не взаимозаменяемые сварочные аппараты, поэтому изменение способа наплавки требует замены применяемого сварочного аппарата.

Особенность данной процедуры заключается в том, что большинство сварочных аппаратов для механизированной сварки не имеют регулировки времени продувки перед сваркой и не имеют или имеют узкий диапазон регулировки времени продувки после сварки. Особенности данного типа оборудования снижают возможность его применения для реализации механизированной наплавки плавящимся электродом в среде аргона никелевых сплавов. Для устранения указанных недостатков установка оснащена газовым клапаном, реализующим регулируемую в диапазоне 1-20 секунд продувку перед началом и после окончания процесса сварки. Для реализации данной процедуры требуется выполнить подключение с газового клапана оборудования по схеме рис. 33.

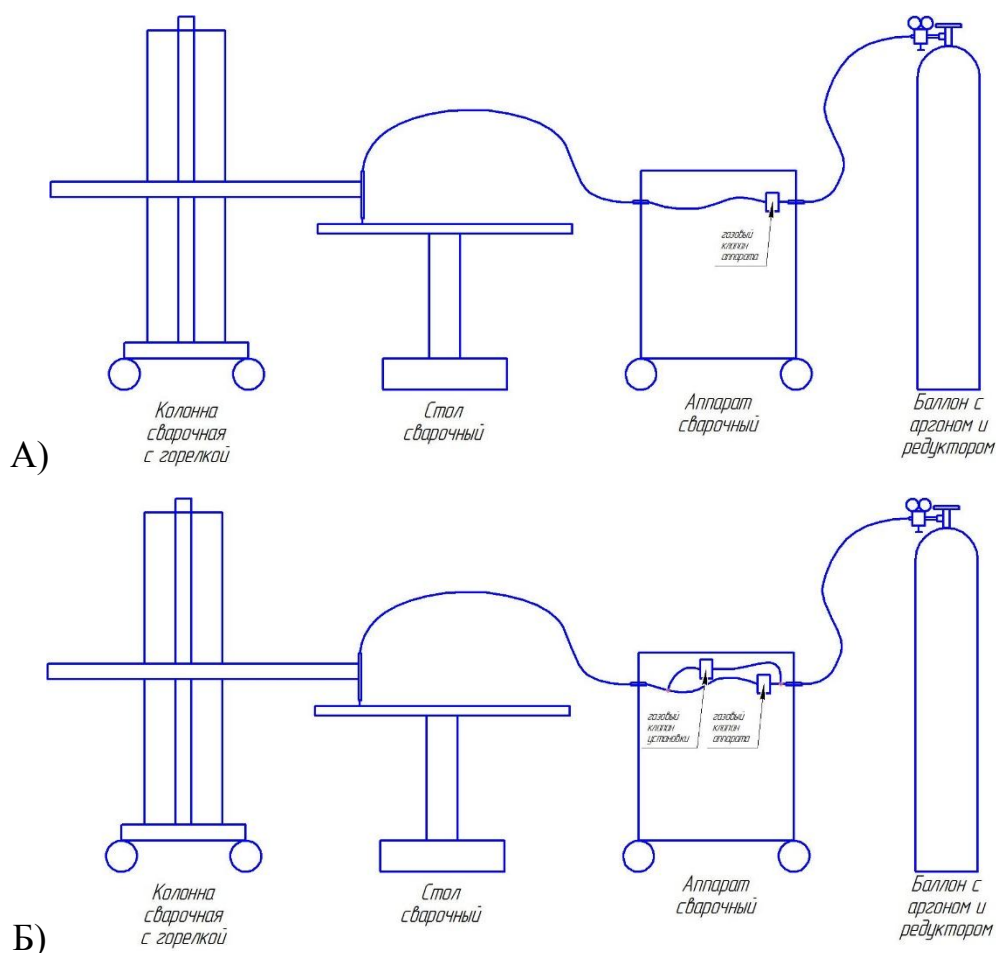


Рисунок 33 - Схема подачи защитного газа: а) до модернизации; б) после модернизации

Если сварочный аппарат для механизированной сварки оснащен газовым клапаном с питающим напряжением 24В (постоянного тока), для упрощения конструктивного решения, допускается его подключения напрямую к кабелю установки, управляющему газовым клапаном.

При реализации автоматической аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с подачей присадочной проволоки требуется специализированный сварочный аппарат. Как правило, такие аппараты имеют функции бесконтактного поджига дуги и регулировки времени продувки перед началом и после окончания процесса сварки, поэтому изменения схемы подачи газа не требуется. Однако, если диапазона регулировок данных характеристик недостаточно, то требуется изменение

схемы подачи газа. При этом следует учесть, что время продувки, заданное на установке и сварочном аппарате, будут суммироваться.

Подключение сварочных аппаратов любого типа следует выполнять при двухтактном режиме управления его работой от кнопки горелки.

2.1.3 Порядок включения и выключения

Подключение оборудования к распределительной цеховой электрической сети выполняет квалифицированный персонал. Питание установки осуществляется от сети 220В, являющейся источником повышенной опасности, поэтому доступ в шкаф управления и тумблер включения установки оснащены замками с ключевым доступом.

«Квалифицированный обслуживающий персонал – это лица, прошедшие проверку знаний в объеме, обязательном для данной работы, и имеющие квалификационную группу по технике безопасности, предусмотренную правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок.» [3]

Для включения оборудования необходимо повернуть тумблер «Вкл/Выкл» с ключевым доступом (расположенным на лицевой панели шкафа управления) в положение включено. Подача напряжения на цепи управления сопровождается включением индикатора «Сеть» (на лицевой панели шкафа управления).

Если индикатор не включился возможны следующие причины:

- сетевое напряжение не подается на установку;
- разомкнут автоматический выключатель (25А двухполюсный), расположенный внутри шкафа управления.

Для выключения оборудования необходимо перевести тумблер «Вкл/Выкл» в положение выключено.

2.1.4 Режимы работы

Оборудование имеет два основных режима работы: настройка и наплавка.

В режиме настройки оборудования (при окончании цикла сварки) регулятор «Скорость наплавки» выбирает этот параметр в заданных единицах. Регулятор смещение имеет многофункциональные возможности, так как при его нажатии происходит поочередная смена экранов рис. 34а, 34б, 34в при этом его вращение позволяет выполнить настройку времени продувки в диапазоне 1-20 секунд и величины перемещения 1-30 мм.

Джойстики управления обеспечивают перемещение сварочной горелки в зоне сварки в ручном режиме, при этом левый джойстик обеспечивает перемещение вверх-вниз и влево-вправо, правый – вдоль и поперек наплавляемой поверхности.

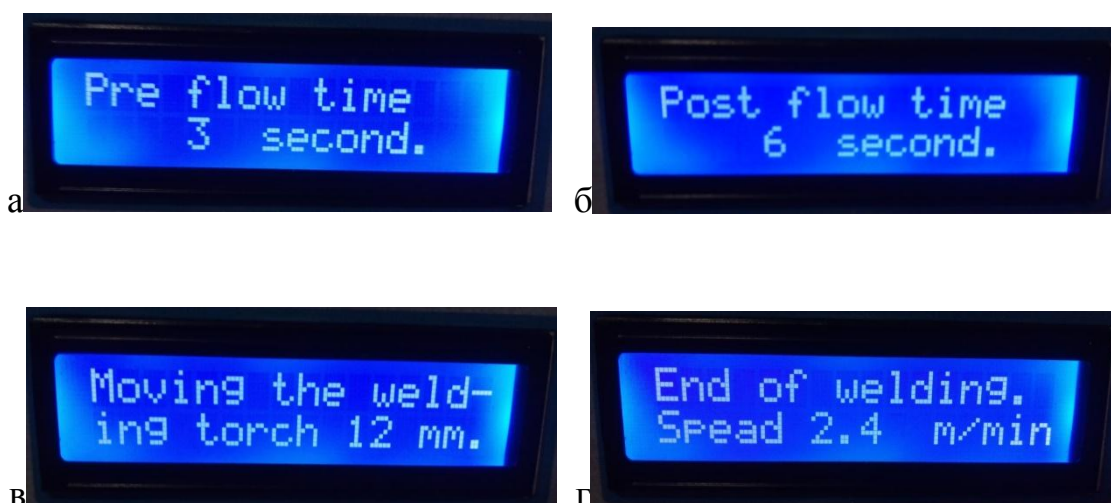
После установки параметров цикла наплавки установка может быть запущена в режиме автоматизированной наплавки. Для этого необходимо нажать кнопку ПУСК «Сварочный источник», дождаться зажигания дуги и формирования сварочной ванны и после этого нажать кнопку ПУСК «Вращения стола». Окончание процесса сварки возможно двумя путями либо в автоматическом режиме с применением концевого выключателя, либо в ручном режиме.

При реализации автоматического режима окончания сварочного цикла на опоре планшайбы вращения заготовки устанавливается и настраивается концевой выключатель (поставляется с установкой). Срабатывание концевого выключателя (при работающем сварочном источнике и приводе вращения планшайбы) приводит к останову вращения, сварки, включению продувки после сварки и последующему перемещению сварочной горелки вдоль наплавляемой поверхности.

Ручной режим окончания процесса сварки осуществляется путем ручного останова путем нажатия кнопки СТОП «Вращения стола» и кнопки

СТОП «Сварочный источник». В данном режиме перемещение горелки вдоль наплавляемой поверхности не происходит.

Остановка цикла сварки при продувке газа перед началом процесса требует двойного нажатия кнопки СТОП «Сварочный источник». При первом нажатии отключается газовый клапан и индикатор показывает «Welding stop». При повторном нажатии СТОП «Сварочный источник» включается газовый клапан для завершения автоматического цикла и включается режим «продувки после сварки», после этого пульт управления переходит в режим настройки.



а) установка времени продувки перед сваркой; б) установка времени продувки после сварки; в) установка величины перемещения вдоль наплавляемой поверхности после окончания сварочного цикла; г) установка скорости сварки.

Рисунок 34 - Состояния индикатора отображения информации:

Разработанное и внедренное оборудование для автоматической наплавки уплотнительного кольца атомного реактора ВК-50 позволит повысить производительность и качество ремонта изделия. Аргодуговая наплавка плавящимся электродом имеет маленькое тепло вложение, это позволяет проводить наплавку без опасения перегрева и коробления детали.

2.2 Сварочный полуавтомат MIGATRONIC 305 S

Migatronic MIG 305 S (рисунок 35) – сварочный полуавтомат для сварки в среде защитных газов MIG/MAG. Сила тока до 300А, напряжение сети 380 В, 24 ступеней регулировки, с отдельным четырех роликовым подающим механизмом (S).



Рисунок 35 – Источник питания Migatronic MIG 305 S

Таблица 4 - Технические характеристики сварочного полуавтомата

Технические данные	MIG 305 S
Номинальное напряжение:	47 В
Напряжение питающей сети В:	380
Вес:	104 кг
Габаритные размеры:	710x440x900
Мощность при максимальной нагрузке, кВт:	6.70 кВт
MIG/MAG сварочный ток:	40 - 300 А
MIG/MAG ток при ПВ 60%:	215 А
MIG/MAG ток при ПВ 100%:	170 А

«Модели сварочных аппаратов оснащены как воздушным, так и водяным охлаждением сварочной горелки. Может использоваться для MIG/MAG сварки в среднем и тяжелом машиностроении, производстве конструкций из средних, нержавеющей сталей.» [3]

Удобство эксплуатации и минимальный риск ошибок обеспечивается комбинацией визуально простых на передней панели аппарата.

Четырехроликовые подающие механизмы обеспечивают устойчивую, точную и равномерную подачу проволоки, в том числе и порошковой. Удобная конструкция позволяет легко заменять проволоку и ролики.



1 – лицевая панель источника; 2 – корпус; 3 – кабель заземления;
4 – стальная ручка; 5 – кронштейн для ручки; 6 – колеса; 7 – колпачок колеса

Рисунок 36 - Migatronc MIG 305 S

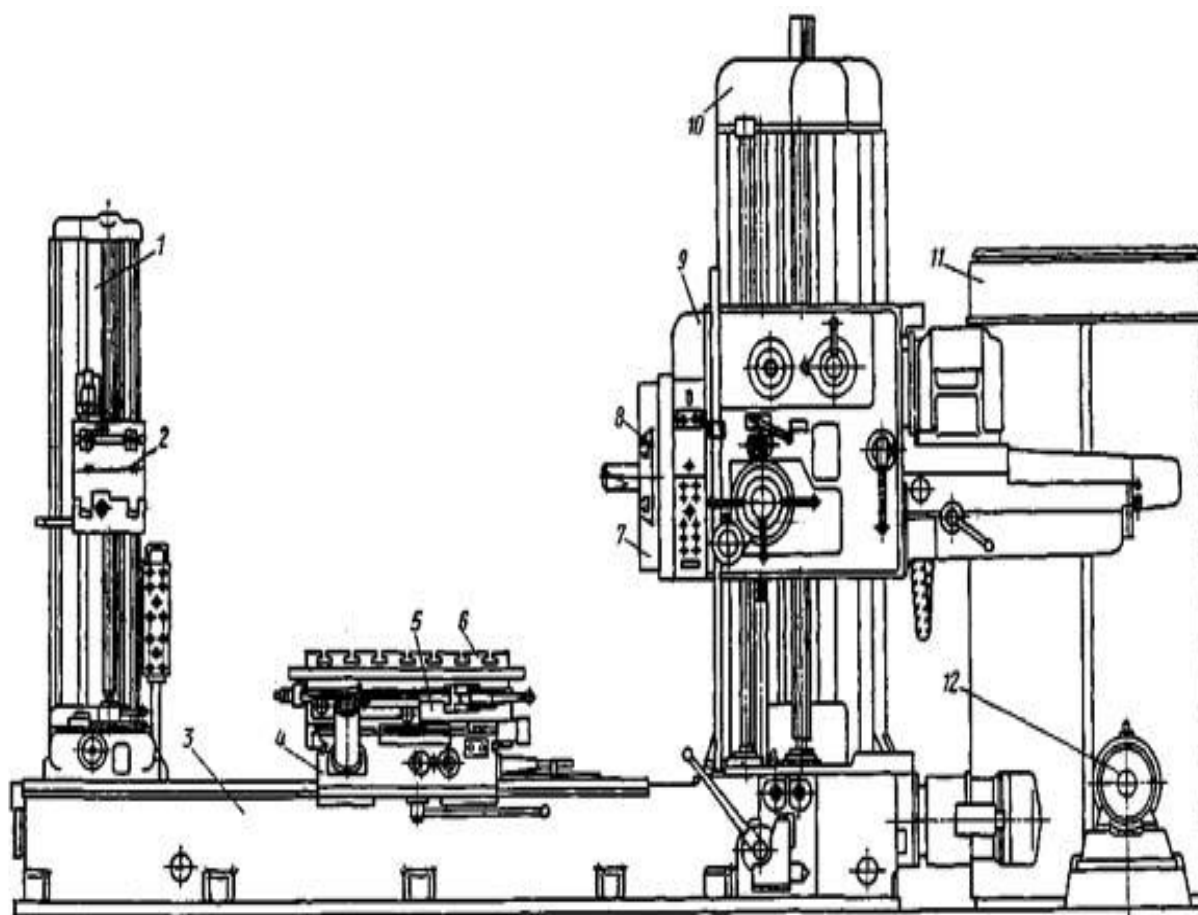
2.3 Горизонтально-расточной станок M2620

«Горизонтально-расточной станок 2620 (рисунок 37) предназначен для комплексной механической обработки корпусных деталей массой до 3 тонн. Станки оснащены выдвижным шпинделем диаметром 90 мм со встроенной планшайбой и обладают повышенной жесткостью шпиндельной системы.»



Рисунок 37 – Внешний вид станка 2620

Выпускаемые станки предназначены почти для всех видов фрезерных работ, включая фрезерование торцевыми фрезами, нарезание резьбы радиальным суппортом, нарезание внутренней резьбы расточным шпинделем и др.



1 - задняя стойка; 2 - люнет; 3 - станина; 4 - продольные салазки стола;
 5 - поперечные салазки стола; 6 - поворотный стол; 7 - планшайба;
 8 - радиальный суппорт; 9 - шпиндельная бабка; 10 - передняя стойка;
 11 - шкаф электрооборудования; 12 - электромашинный агрегат;

Рисунок 38 - Расположение составных частей станка М2620

В 1957 году впервые были выпущены станки моделей 2620 и 2622, которые имели усовершенствованный конструктив, в сравнении с моделью 262Г.

Имеющийся токарно-расточной станок М2620 обладает рядом преимуществ:

1. Высокая точность станка за счет увеличенной станины, поперечному сечению передней колонны, саней, стола, ширины диаметру шпинделя, использованию более точных подшипников;
2. Для увеличения точности и жесткости в станке есть механизмы зажима стола и люнета;
3. Увеличенная виброустойчивость расточного станка;
4. Повышенная мощность головного электродвигателя до 10 кВт и увеличена скорость вращения шпинделя;
5. Бесступенчатая перемена величин подач;
6. Для быстрого поворота стола внедрен отдельный электродвигатель;
7. Дополнительная защита станка М2620 механическими и электрическими блокираторами от произвольных включений;
8. Предусмотрено автоматическое выключение подач при крайних положениях стола и шпиндельной бабки.
9. Введено более современное управление станком и высокий уровень механизации.

Таблица 5 - Технические характеристики станка М2620

Габариты станка	5510x3200x3012
Масса станка	12000 т
Диаметр выдвижного расточного шпинделя, мм	90 мм
Наибольшая масса обрабатываемого изделия, кг	3000 т
Скорость вращения шпинделя	12,5-1000 об/мин
Количество скоростей вращения шпинделя	22
Скорость вращения планшайбы	8-200 об/мин
Мощность главного двигателя	10 кВт
Количество скоростей вращения планшайбы	15

К станку болтовым соединением закрепляется разработанный привод вращения планшайбы для осуществления ее движения во время работы.

Движение приводится за счет ременной передачи. Скорость вращения стола настраивается на пульте управления.

3 Технология наплавки

«Одной из важнейших отраслей современной сварочной техники является наплавка – нанесение расплавленного металла на поверхность изделия, нагретую до оплавления (рис. 39).» [10]

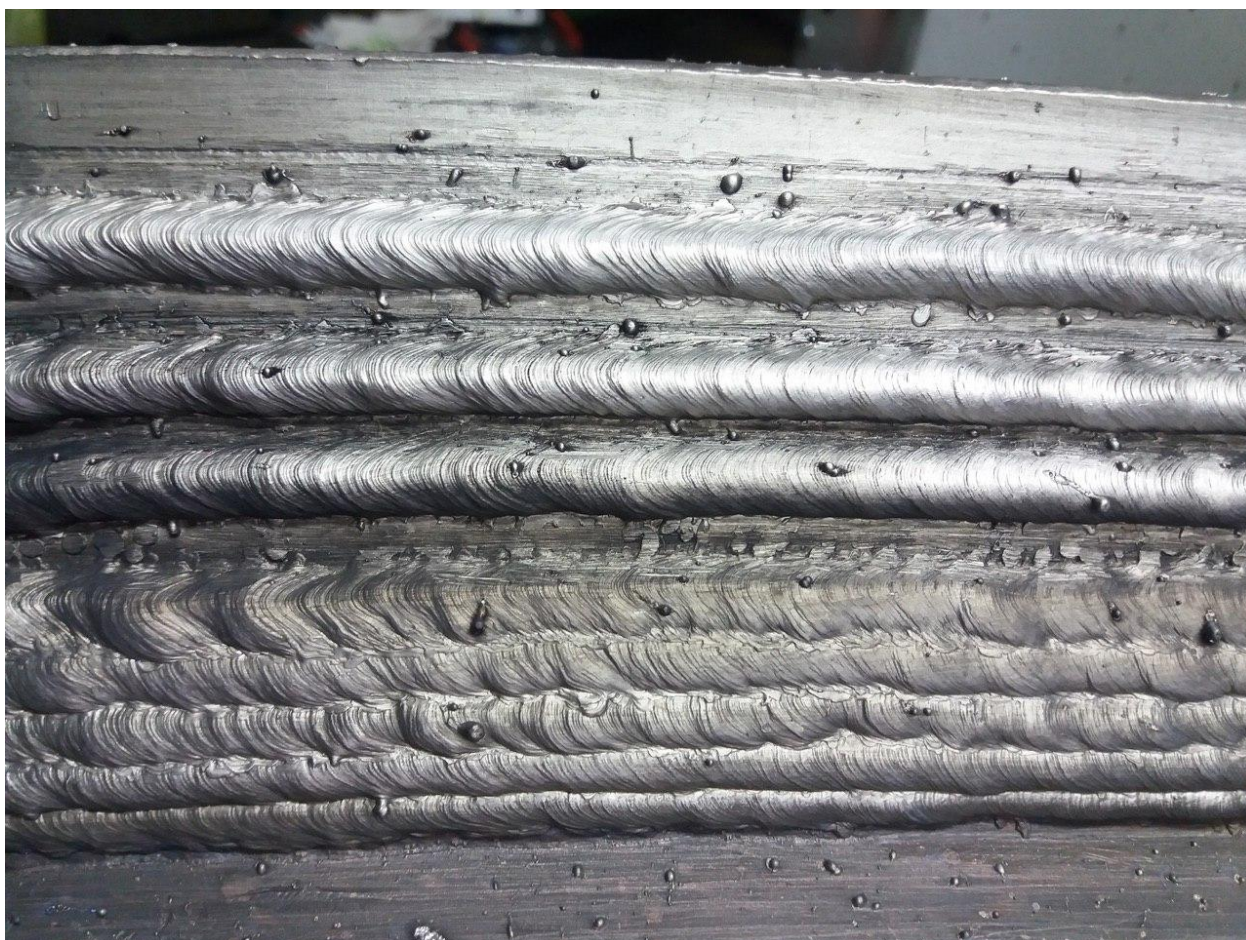


Рисунок 39 - Наплавленный металл на изделии

«Наплавленный металл образует одно целое с основным металлом, связан с ним весьма прочно и надежно. Путем наплавки можно получить непосредственно на рабочей поверхности изделия сплав, обладающий желательным комплексом свойств, - износостойкий, кислотоупорный, жаростойкий и т.п. Вес наплавленного металла обычно не превышает

нескольких процентов от веса изделия. При ремонте обычно восстанавливаются первоначальные размеры и свойства поверхности деталей.» [10]

«Кроме того, наплавка позволяет создавать биметаллические изделия, у которых высокая прочность и низкая стоимость сочетаются с большой долговечностью в условиях эксплуатации. Многократное повторное восстановление изношенных деталей во много раз уменьшает расход металла для изготовления запасных частей оборудования.» [10]

«Увеличение стойкости детали особенно важно, если от нее зависит работа высокопроизводительного агрегата, а ее замена связана с простоем. Этим обусловлена большая техническая и экономическая эффективность наплавки в металлургии, в горнодобывающей и нефтяной промышленности и во многих других отраслях народного хозяйства.» [10]

«Для наплавки могут быть использованы различные сварочные процессы. Наибольшее применение получила дуговая сварка плавящимся электродом.» [10]

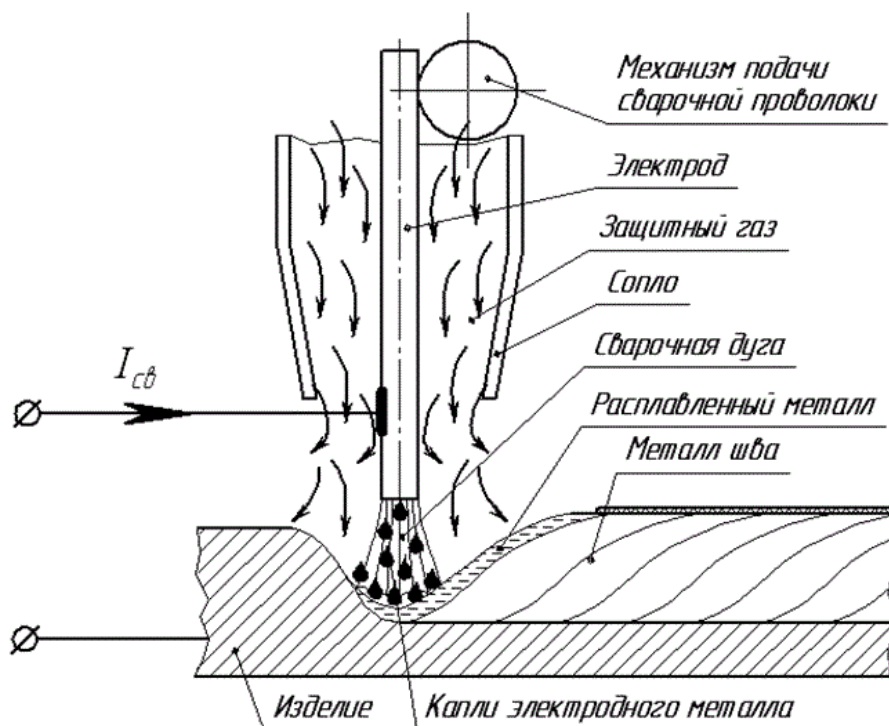


Рисунок 40 - Схема процесса сварки в защитном газе плавящимся электродом

«Применение и широкое внедрение в промышленности любых конструкционных материалов, в частности никеля и его сплавов, в значительной мере обуславливается возможностью их сварки.» [1]

«Некоторое сходство механических и теплофизических свойств никеля и железа создало у ряда ученых и работников производства ошибочное мнение о том, что никель и монель свариваются так же легко, как и малоуглеродистые стали.» [1]

«Никель и его сплавы свариваются гораздо труднее стали главным образом потому, что обладают особыми физико-химическими свойствами, большой чувствительностью к наличию примесей и растворенных газов.

Основными факторами, затрудняющими сварку никеля, являются:

- а) сравнительно низкие литейные свойства никеля;
- б) образование при повышенных температурах тугоплавких пленок окиси никеля;
- в) большая склонность никеля к образованию в сварных швах пор, трещин и других дефектов.» [1]

Процесс наплавки никелевых сплавов требует надежной защиты сварочной ванны инертным газом (аргоном), препятствующей насыщению сварочной ванны кислородом, и образованию недопустимых дефектов наплавленного металла (пористость). Реализация такой защиты обеспечивается контролем расхода защитного газа, подачей его перед сваркой и после окончания процесса сварки для защиты сварочной ванны при кристаллизации и охлаждении.

Уплотнительное кольцо атомного реактора ВК-50 закреплено на вращающейся оснастке (рис. 41) болтовым соединением по низу и приспособлениями на наружной части изделия. Все болты затянуты динамометрическим ключом с одинаковым усилием для избегания коробления во время восстановительной наплавки.



Рисунок 41 – Позиционирование уплотнительного кольца на оснастке

3.1 Восстановительная наплавка уплотнительного кольца

3.1.1 Подготовка внутренней поверхности

Технологический процесс наплавки начинается с подготовки изделия. Наплавляемую поверхность необходимо зачистить до металлического блеска, используя металлическую щетку по ГОСТ 9024-70. Зачищенную поверхность обезжирить ацетоном с помощью ткани хлопчатобумажной ГОСТ 7138-83. Подготовленное изделие протереть этиловым ректифицированным спиртом ГОСТ 18300-87.

3.1.2 Наплавка внутренней поверхности

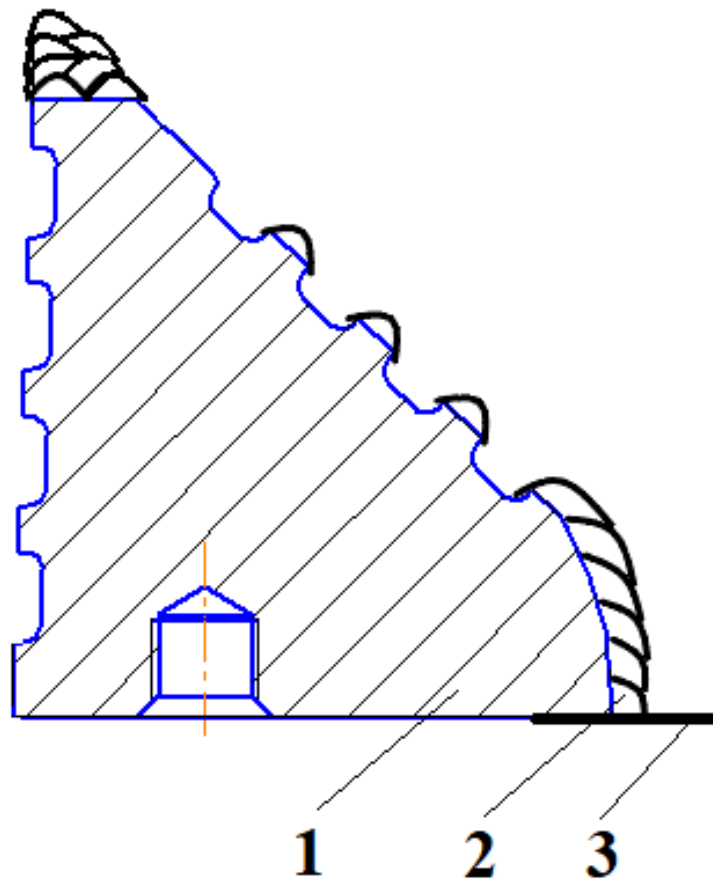
«В процессе сварки, под сосредоточением воздействия тепла сварочной дуги, происходит расплавление проволоки и свариваемого металла с образованием реакционной зоны плавления.» [3]

С помощью панели управления установки для автоматической наплавки позиционировать горелку с изделием на внутреннюю поверхность кольца. Наплавку проводить горизонтальными валиками снизу-вверх. Использовать аргон марки «А» ГОСТ 10157-79 или ТУ 2114-006-057-61815-99. Сварочная проволока \varnothing 1 или \varnothing 1,2 мм марки НП-2. Источником питания выступает сварочный полуавтомат Migatroniс MIG 305 S со ступенчатым регулированием напряжения и плавным регулирование скорости подачи проволоки. В роли вращателя выступает горизонтально-расточной станок M2620.

Установить параметры режима наплавки:

- скорость подачи проволоки $V_{np} = 5...6$ м/мин;
- напряжение сварки $U_{св} = 25$ В;
- длина дуги $L_d = 2... 3$ мм;
- расход аргона $Q = 28... 32$ л/мин;
- вылет электрода $L_3 = 10... 15$ мм;
- скорость вращения стола $V_c = 0,28...0,3$ м/мин;
- продувка аргоном до сварки $t_1 = 5$ с;
- продувка аргоном после сварки $t_2 = 2$ с;

Под кольцо уплотнительное по всему контуру подкладывается медная пластина (рис. 42). Подкладка необходима для наплавки первого слоя металла.



1 – кольцо уплотнительное; 2 – первый наплавленный слой;
3 – медная подкладка

Рисунок 42 – Схема наплавки кольца уплотнительного

Включить режим сварки на панели управления. После образования сварочной ванны включить вращение стола. Провести наплавку валика в шахматном порядке по всему диаметру кольца участками по 90-120см. После наплавки каждого участка зачистить поверхность металлической щеткой и провести визуально-измерительный контроль.



Рисунок 43 – Позиционирование сварочной горелки

После выполнения полного прохода зачистить наплавленный слой, обезжирить и позиционировать горелку на следующий валик с перекрытием по ширине шва 30% до полной наплавки поверхности. Повторять операции до полной наплавки нижней части уплотнительного кольца. Следующий этап – наплавка трех уплотнительных поясов (рисунок 44), используя технологию наплавки нижней части кольца.

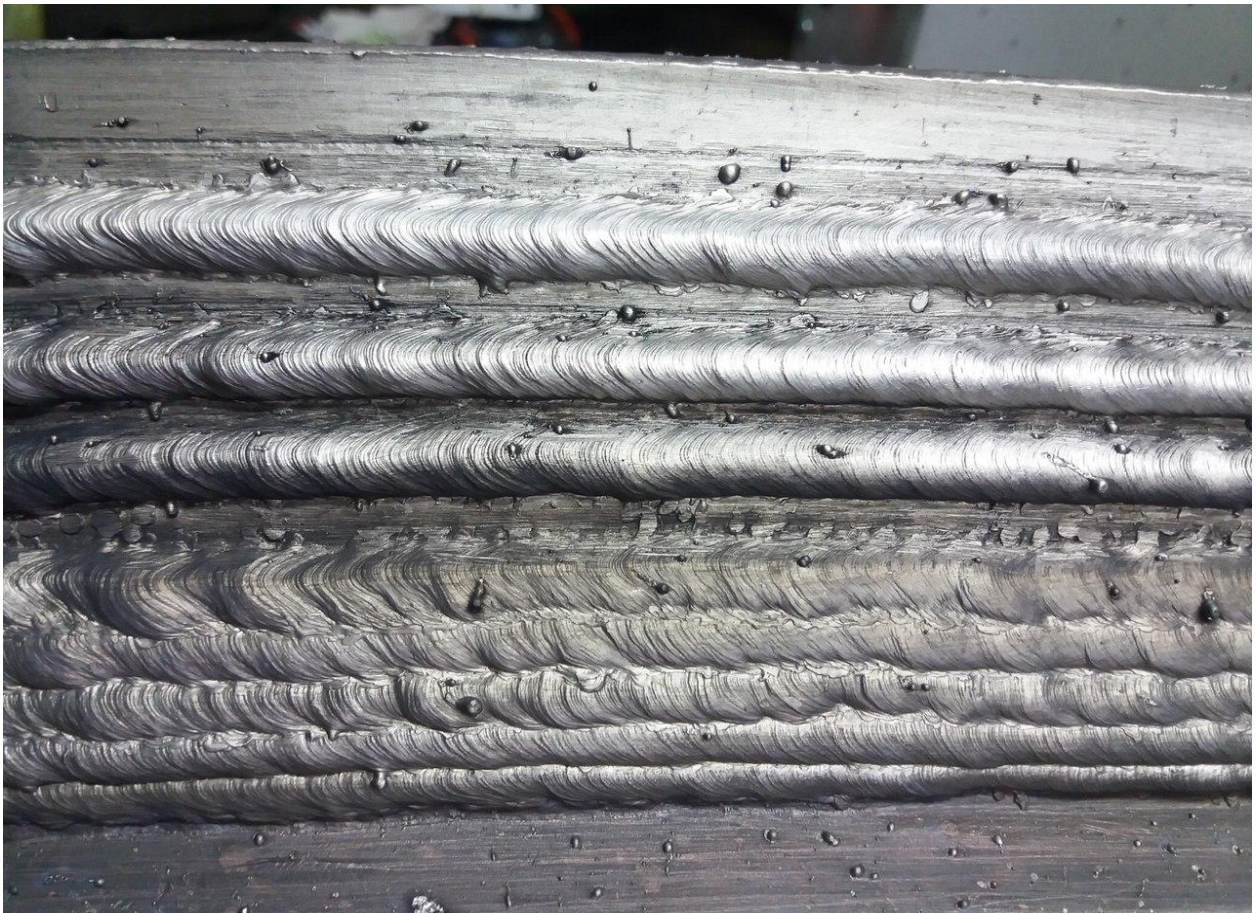


Рисунок 44 – Наплавленная поверхность внутренней части уплотнительного кольца

После восстановительной наплавки зачистить поверхность металлической щеткой и обезжирить. Произвести визуально-измерительный контроль.

Для получения необходимых размеров уплотнительного кольца одного слоя наплавленной поверхности недостаточно, поэтому требуется повторить все операции пункта и наплавить второй слой металла.

Далее восстанавливается верхняя часть кольца, согласно рисунку 42. Включить режим сварки на панели управления. После образования сварочной ванны включить вращение стола. Провести наплавку валика в шахматном порядке по всему диаметру кольца участками по 90-120см. После наплавки каждого участка зачистить поверхность металлической щеткой и провести визуально-измерительный контроль.



Рисунок 45 – Наплавленная поверхность верхней части кольца

3.1.3 Токарная обработка

Выполнить токарную обработку при помощи горизонтально-расточного станка М2620 наплавленной стороны до исходных размеров, руководствуясь чертежом, показанном на рисунке 7.



Рисунок 46 – Наплавленная поверхность после токарной обработки

3.1.4 Контроль

Провести визуальный и измерительный контроль наплавленной поверхности согласно ПНАЭ Г-7-016-89 в объеме 100%. В качестве вспомогательного инструмента использовать штангенциркуль ШЦ-1-160-0,05 ГОСТ 166-89 и бинокулярную лупу ГОСТ Р 50909-96. Провести капиллярный контроль обработанной поверхности по ПНАЭ Г-7-018-89 класс чувствительности II, в объеме 25%.

3.1.5 Подготовка внешней поверхности

Зачистить внешнюю поверхность кольца под наплавку до металлического блеска, используя металлическую щетку по ГОСТ 9024-70. Зачищенную поверхность обезжирить ацетоном с помощью ткани хлопчатобумажной ГОСТ 7138-83. Подготовленное изделие протереть этиловым ректифицированным спиртом ГОСТ 18300-87.

3.1.6 Наплавка внешней поверхности

С помощью панели управления установки для автоматической наплавки позиционировать горелку с изделием на внешнюю поверхность кольца. Наплавку проводить горизонтальными валиками снизу-вверх. Использовать аргон марки «А» ГОСТ 10157-79 или ТУ 2114-006-057-61815-99. Сварочная проволока $\varnothing 1$ или $\varnothing 1,2$ мм марки НП-2. Источником питания выступает сварочный полуавтомат Migatroniс MIG 305 S со ступенчатым регулированием напряжения и плавным регулирование скорости подачи проволоки. В роли вращателя выступает горизонтально-расточной станок M2620.

Установить параметры режима наплавки:

- скорость подачи проволоки $V_{np} = 5...6$ м/мин;
- напряжение сварки $U_{св} = 25$ В;
- длина дуги $L_d = 2... 3$ мм;
- расход аргона $Q = 28... 32$ л/мин;
- вылет электрода $L_3 = 10... 15$ мм;
- скорость вращения стола $V_c = 0,28...0,3$ м/мин;
- продувка аргоном до сварки $t_1 = 5$ с;
- продувка аргоном после сварки $t_2 = 2$ с;

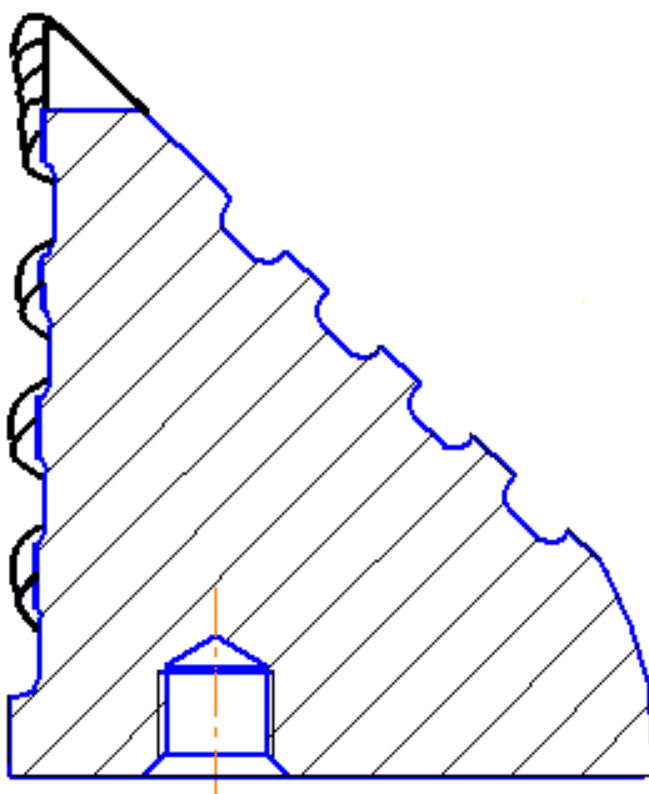


Рисунок 47 – Схема наплавки внешней стороны кольца

Включить режим сварки на панели управления. После образования сварочной ванны включить вращение стола. Провести наплавку валика в шахматном порядке по всему диаметру кольца участками по 90-120см.



Рисунок 48 – Наплавленная поверхность внешней стороны кольца

После выполнения полного прохода позиционировать горелку на следующий валик с перекрытием по ширине шва 30% до полной наплавки поверхности.

3.1.7 Токарная обработка

Выполнить токарную обработку наплавленной стороны до исходных размеров, руководствуясь чертежом, показанном на рисунке 7.

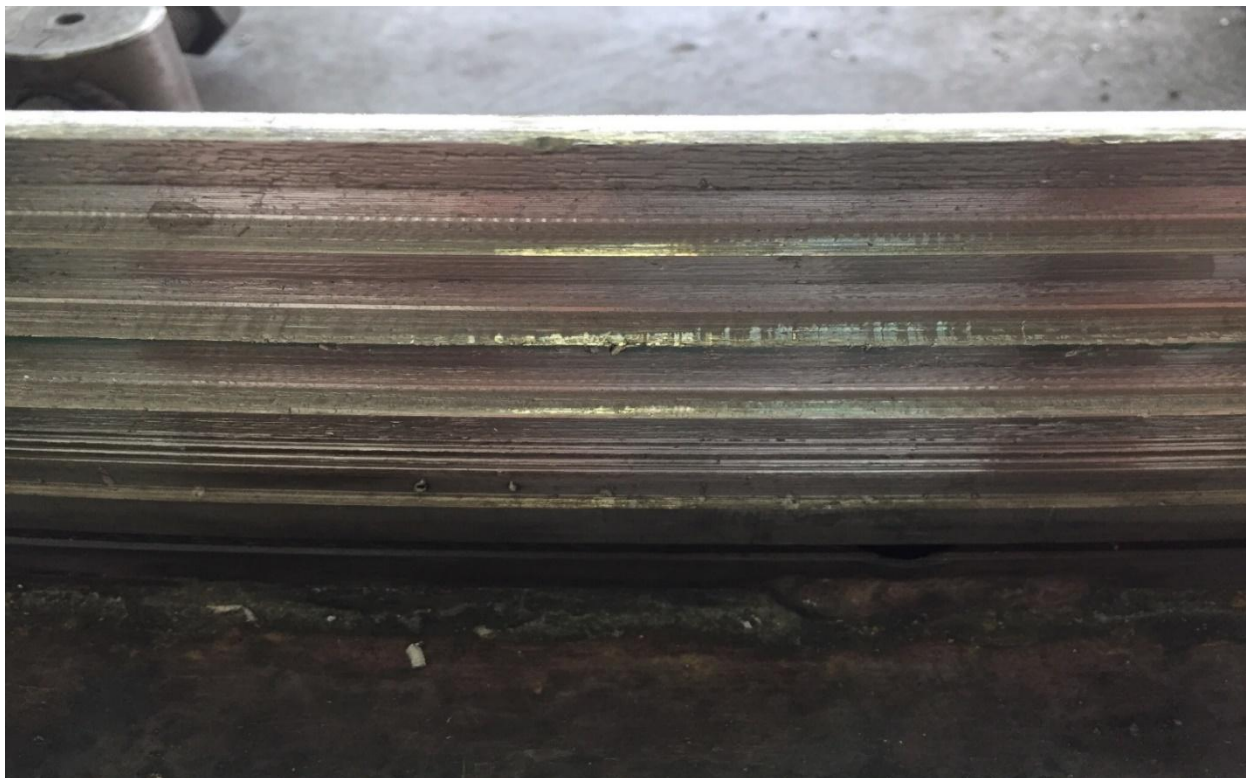


Рисунок 49 – Поверхность после токарной обработки

3.1.8 Контроль

Провести визуальный и измерительный контроль наплавленной поверхности согласно ПНАЭ Г-7-016-89 в объеме 100%. В качестве вспомогательного инструмента использовать штангенциркуль ШЦ-1-160-0,05 ГОСТ166-89 и бинокулярную лупу ГОСТ Р 50909-96. Провести капиллярный контроль обработанной поверхности по ПНАЭ Г-7-018-89 класс чувствительности II, в объеме 25%.

3.1.9 Исправление дефектов наплавки

На сегодняшний день сварочная технология и техника позволяет достигнуть высокого качества сварных швов и соединений. Каждый год в мире разрабатывается и вводится большое количество технологий и оборудования для сварки. Но далеко не все металлы склонны к хорошему свариванию. Для некоторых из них приходится придумывать специальные технологии для избегания образования дефектов. У каждого способа сварки есть свои характерные дефекты и известны причины их возникновения. Характерная особенность никеля при сварке – это склонность к образованию горячих трещин и пор.



Рисунок 50 - Поры в сварном шве

«Одними из основных причин пористости сварных швов и соединений из никеля являются:

а) насыщение расплавленного металла сварочной ванны водородом, кислородом, азотом, окисью углерода и другими газами;

б) резкое снижение растворимости газов при переходе металла ванны из жидкого состояния в твердое.» [1]

Если говорить простыми словами, то процесс образования пор в наплавленном слое можно описать следующим образом.

Во время наплавки сварочная ванна и газовая фаза имеют очень высокую температуру. Капли металла, образующиеся в сварочной дуге, и жидкая фаза сварочной ванны контактируют с газовой фазой, которая насыщена активными диссоциированными газами. В таких условиях насыщение металла сварочной ванны газами происходит очень интенсивно и даже в короткий срок существования ванны успевает достигнуть значений, соответствующих парциальным давлениям газов, а иногда и предельных растворимостей для данной температуры.» [1]

Процесс кристаллизации сварочной ванны сопровождается растворимостью в ней газов. Для никеля, при переходе из жидкого состояния в твердое, наблюдается скачкообразная растворимость газов.

Избыток растворенных газов начинает бурно выделяться

«Избыток растворенных газов начинает бурно выделяться из жидкого металла и коагулировать в мелкие, а затем и в более крупных пузырьки. Пузырьки выделившихся газов стремятся всплыть на поверхность жидкой ванны. Крупные пузырьки газа всплывают быстрее, чем мелкие, вследствие того, что на них действуют большие силы выталкивания. Максимальное время, в течении которого всплывают выделившиеся газы очевидно, будет равно времени существования жидкой ванны и зависеть от параметров режима сварки. Так как обычно время существования жидкой ванны мало, то газовые пузыри не успевают всплыть на поверхность жидкого металла и образуют при затвердении шва поры.» [1]

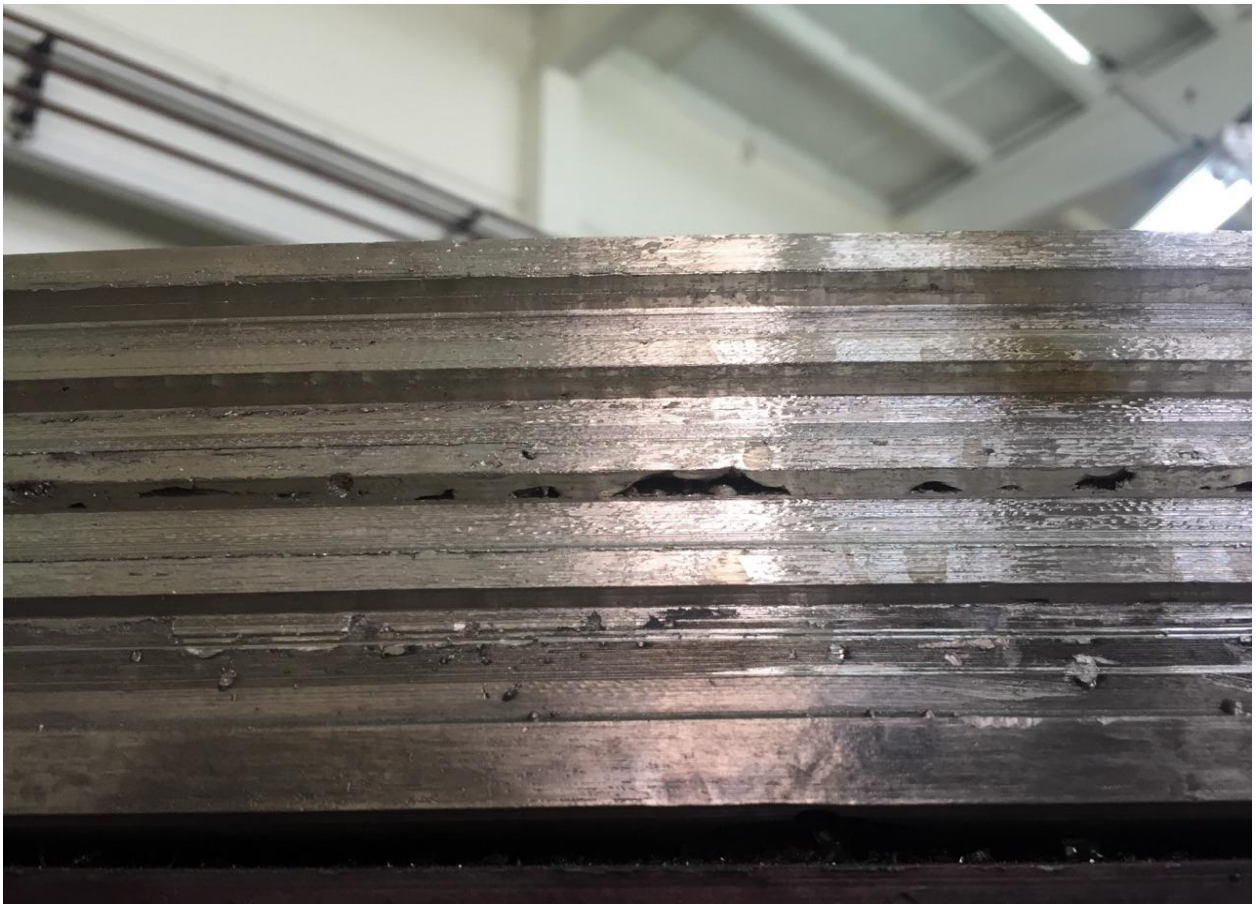


Рисунок 51 – Несплавления

Все имеющиеся дефекты необходимо удалить абразивным инструментом, зачищенную поверхность обезжирить ацетоном с помощью ткани хлопчатобумажной ГОСТ 7138-83. Подготовленное изделие протереть этиловым ректифицированным спиртом ГОСТ 18300-87.

Ремонт дефектных участков производить горизонтальными валиками снизу-вверх. Ремонт производить с учетом компенсации сварочных деформаций. Исключить применение ручной аргонодуговой наплавки, во избежание значительного тепловложения, приводящего к угловым пластическим деформациям. Для исправления дефектов использовать источник питания Migatronik MIG 305 S и ручную полуавтоматическую сварочную горелку. Использовать аргон марки «А» ГОСТ 10157-79 или ТУ 2114-006-057-61815-99. Сварочная проволока \varnothing 1 или \varnothing 1,2 мм марки НП-2.

Установить параметры режима наплавки:

- скорость подачи проволоки $V_{пр} = 3...4$ м/мин;
- напряжение сварки $U_{св} = 20...23$ В;
- длина дуги $L_{д} = 2...3$ мм;
- расход аргона $Q = 20...25$ л/мин;
- вылет электрода $L_{э} = 10...15$ мм;
- продувка аргоном до сварки $t_1 = 2$ с;
- продувка аргоном после сварки $t_2 = 2$ с;



Рисунок 52 – Исправление дефектов сварного шва

Провести токарную обработку ремонтного участка согласно пункту 3.
Провести визуальный-измерительный и капиллярный контроль согласно пункту 4.

После выполнения всех пунктов технологического процесса восстановления изделия проводится полное измерение всех габаритных размеров кольца.

3.1.10 Рекомендованная технология

Приведенная ранее технология восстановительной наплавки кольца уплотнительного никелевым сплавом хорошо подходит для поставленной задачи. Преимуществами данной технологии являются:

- высокая скорость сварки, вследствие высокая производительность восстановительной наплавки;
- автоматизация сварочного процесса путем разработки и внедрения специального оборудования;
- меньшее тепловложение, в сравнении с аргодуговой наплавкой неплавящимся электродом.

Но никель – особо прихотлив в сварке и родственных процессах. Металл склонен к образованию горячих трещин и пор в сварном шве. Для получения наиболее качественного наплавленного слоя необходимо следовать приведенным ниже рекомендациям.

Для получения качественного наплавленного слоя сварочную ванну необходимо обеспечить надежно защитой. Данное правило распространяется на все способы сварки. Главной проблемой являются насыщение ванны кислородом и водородом.

Поверхность, предназначенную для восстановления, необходимо очистить от влаги, масла, жира и других загрязнений. Очищенную поверхность необходимо обезжирить. Также внимания достойна электродная проволока. Нельзя хранить проволоку в местах с повышенной влажностью и не подвергать механическим повреждениям.

3.1.10.1 Термообработка

После циклов восстановительной наплавки кольца уплотнительного, необходимо провести термическую обработку. Для этого необходимо применить высокий отпуск.

«Целью отпуска является повышение вязкости и пластичности, снижение твердости и уменьшение внутренних напряжений.» [7]

«С повышением температуры нагрева прочность обычно снижается, а пластичность и вязкость растут. Температуру отпуска выбирают, исходя из требуемой прочности конкретной детали.» [7]

Для поставленной задачи подойдет установка для термообработки сварных соединений мощностью 75 кВА.



Рисунок 53 - Установка для термообработки модель РТ 75-6.

Установка (рис. 53) служит для проведения термообработки сварных швов и наплавленных поверхностей, а также для подогрева металла перед сваркой. Имеет два режима работы: автоматический и ручной. Автоматический режим требует от оператора лишь ввода данных для термообработки.

Установка состоит из прочного металлического корпуса на колесах в которой установлен трехфазный трансформатор с естественным охлаждением, нагрузка на вторичной обмотке трансформатора разделена на каналы. Благодаря этому имеется возможность оптимального разделения каналов управления. Каждый канал имеет свой собственный переключатель режимов автоматический/ручной, так что любая комбинация каналов может управляться либо автоматически, либо вручную. В автоматическом режиме каждым каналом управляет свой контроллер, в результате чего обеспечивается максимальная гибкость системы. Регистрацию показаний термообработки обеспечивает двенадцати канальный регистратор с погрешностью измерений не превышающих 0,15%.

Установка снабжена автоматической защитой от перегрузки и перегрева.

Кольцо уплотнительное необходимо полностью обложить гибкими нагревательными ковриками (рис. 54). Нагревательный коврик состоит из нихромовой проволоки и керамических бусин. Максимальная рабочая температура коврика – 1050 °С. Коврики закрепить на изделии с помощью бандажной ленты. Установить 4 термодатчики, равноудаленно друг от друга. Следующим этапом является оборачивание детали в керамическое волокно. Волокно предназначено для сохранения тепла от нагревательных элементов.



Рисунок 54 - Гибкий нагревательный коврик.

После подготовки и сборки провести термообработку. Рекомендуется установить быстрый нагрев до 600-700 °С. Время выдержки по достижению заданной температуры – 1 час. После деталь охлаждать медленно для исключения коробления. Низкая скорость охлаждения положительно влияет на снятие внутренних напряжений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно сказать, что цель и задачи работы достигнуты. Разработанное и внедренное оборудование для автоматической наплавки никелевым сплавом хорошо подходит для поставленных задач.

Разработанная технология наплавки увеличивает производительность и снижает затраты на эксплуатацию реактора ВК-50. Качество наплавленного слоя соответствует всем требованиям. После проведения токарной обработки габаритные размеры изделия совпадают с размерами на чертеже. Это говорит о успешности проделанной работы.

Однако, восстановительная наплавка считается незаконченной без проведения термообработки. В заключении работы рекомендуется провести высокий отпуск изделия для снятия внутренних напряжений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Багрянский, К.В. Сварка никеля и его сплавов / К.В. Багрянский, Г.С. Кузьмин. М.: Машгиз, 1963. – 12 - 68 с.
2. Перельман, Ф.М. Кобальт и никель / Ф.М. Перельман, А.Я. Зворыкин. М.: Наука, 1975. 215 с. – 110 с.
3. Ельцов, В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электронное учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 16 – 158 с.
4. Пешкова, В.М. Аналитическая химия никеля / В.М. Пешкова, В.М. Савостина. М.: Наука, 1966. - 204 с.
5. ГОСТ 10157-79. Аргон газообразный и жидкий. – Введ. 1980-07-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1980. – 4 - 8 с.
6. ГОСТ 166-89. Штангенциркули. – Введ. 1991-01-01. – Москва: Министерство станкостроительной и инструментальной промышленности, 1991. – 3 с.
7. ГОСТ Р 50909-96. Приборы визуальные наблюдательные. Требования безопасности и методы испытаний. Введ. 1997-07-01. – Москва: Технический комитет по стандартизации ТК 296 "Оптика и оптические приборы", 1997. – 3-5 с.
8. Славинский, М.П. Физико-химические свойства элементов. / М.П. Славинский М.: Металлуриздат, 1952. – 55 с.
9. Корнилов, И.И. Никель и его сплавы. / И.И. Корнилов. Издательство АН СССР, 1959. – 10 – 12 с.
10. Егоров, А.Г. Правила оформления выпускных квалификационных работ по программам подготовки бакалавра и специалиста [Текст] учеб. метод. пособие / А.Г. Егоров, В.Г. Виткалов, Г.Н. Уполовникова, И.А. Живоглядова – Тольятти, 2012, - 3 - 35с.

11. Фрумин, И.И. Автоматическая электродуговая наплавка. / И.И. Фрумин. Харьков: Государственное научно-техническое издательство литературы черной и цветной металлургии, 1961. – 7 - 9 с.
12. Смирягин, А.П. Промышленные цветные металлы и сплавы. / А.П. Смирягин. М.: Металлургиздат, 1956. – 34 – 39 с.
13. Мальцев, М.В. Металлография цветных металлов и сплавов. / М.В. Мальцев, Т.А. Барсукова, Ф.А. Борин. М.: Металлургиздат, 1960. – 154 – 160 с.
14. Липецкий, И.А. Изменение металлов при сварке. / И.А. Липецкий. М.: Машгиз, 1956. – 88 – 89 с.
15. Ростовцев, С.Т. Теория металлургических процессов. / С.Т. Ростовцев. М.: Металлургиздат, 1956. – 11 с.
16. Струсельба, М.М. Физико-химическое исследование реакций сталеплавильного процесса. / М.М. Струсельба, В.Е. Зоткин. М.: Издательство академии артиллерийских наук, 1951. – 99 с.
17. Багрянский, К.В. Автоматическая сварка технически чистого никеля под керамическим флюсом. / К.В. Багрянский, Г.С. Кузьмин, Д.С. Кассов. М.: Сварочное производство, 1959. – 105 - 115 с.
18. Медовар, Б.И. Влияние водорода и кислорода на образование пор при сварке стабильноаустенитных сталей и никеля. / Б.И. Медовар, Ю.В. Латаш. «Автоматическая сварка» № 1, 1957. – 1 – 2 с.
19. Рабкин, Д.М. Сварка цветных металлов. / Д.М. Рабкин, С.М. Гуревич, Ф.С. Бугрий. М.: Машгиз, 1959. 11 – 41 с.
20. Друскин, М.С. Сварка заготовок уплотнительных колец из ковкого никеля. Техническая информация. / М.С. Друскин. М.: «Металлургия», №6, 1959. - 1 с.
21. Петров, Г.Л. Сварка никеля и монель-металла. / Г.Л. Петров, В.И. Корнилов. Сварочное производство. Труды ЛПИ, № 189, 1957. – 2 с.
22. Рябов, В. Р. Сварка алюминия и его сплавов с другими металлами / В.Р. Рябов. –Киев.: Наук. Думка, 1983. – 26 с.

23. Цейдлер, А.А. Металлургия никеля. / А.А. Цейдлер. М.: Металлургиздат, 1947. – 32 – 50 с.
24. Прохоров, Н.Н. Горячие трещины при сварке. / Н.Н. Прохоров. М.: Машгиз, 1952. – 60 с.
25. Рыкалин, Н.Н. Расчеты тепловых процессов при сварке. / Н.Н. Рыкалин. М.: Машгиз, 1951. – 25 – 26 с.
26. Рабкин, Д.М. Энергетическое исследование приэлектродных областей мощной сварочной дуги. / Д.М. Рабкин. «Автоматическая сварка», № 2, 1951. – 2 с.
27. Ельцов, В.В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов: учебное пособие по дисциплинам «Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов» и «Основы восстановления деталей и ремонт автомобилей» / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 21 – 98 с.
28. Есенберлин, Р.Е. Восстановление автомобильных деталей сваркой, наплавкой и пайкой / Р.Е. Есенберлин. – М.: Транспорт, 1994. – 31 с.
29. Ельцов, В.В. Сварка плавлением металлических конструкционных материалов: Учебное пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2009. 7 – 10 с.
30. Хромченко, Ф.А. Сварочные технологии при ремонтных работах: справочник / Ф.А. Хромченко. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 2 с.
31. Ставицкий, Б.И. Из истории электроискровой обработки материалов / Б.И. Ставицкий // Оборудование и инструмент. Серия «Металлообработка». - №5 – 2007. – 2 с.
32. Akesson, B. Exposure in welding of high nickel alloy / B. Åkesson, S. Skerfving. Int. Arch. occup. Environ. Health, 1985. – 19 с.
33. Becker, N. Cancer risk of arc welders exposed to fumes containing chromium and nickel / N. Becker, J. Claude, R. Frenzel-Beyme. Work Environ. Health, 1985. – 20 – 21 с.
34. Grandjean, P. Nickel concentrations in plasma and urine of shipyard workers / P. Grandjean, I.J. Selikoff, S.K. Shen, F.W. Sunderman. Am. J. ind. Med. 1980. – 65 с.

35. Hicks, R. Pneumoconiosis effects of welding-fume particles from mild and stainless steel deposited in the lung of the rat / R. Hicks, H.F. Lam, K.J. Al-Shamma, P.J. Hewitt. Arch. Toxicol, 1984. – 12 – 14 с.

36. Kalliomäki, P.-L. Lung-retained contaminants, urinary chromium and nickel among stainless steel welders / P.-L. Kalliomäki, E. Rahkonen, V. Vaaranen, K. Kalliomäki, K. Aittoniemi. Int. Arch. occup. Environ. Health. 1981. – 9 – 20 с.

37. Описание информационно-измерительной системы установки ВК-50. [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfiles.net/preview/718064> (дата обращения: 01.06.2019).