

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)

15.04.01 Машиностроение

(код и наименование направления подготовки)

Производство и ремонт сварных конструкций газонефтехимического оборудования
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Исследование и разработка технологии ремонтной сварки и
наплавки клиновой задвижки магистрального трубопровода

Студент

В.А. Мельников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

д.т.н., проф. В.В. Ельцов

руководитель

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

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Общие сведения о трубопроводной арматуре	6
1.1 Анализ арматуры трубопровода	6
1.2 Характеристика клиновой задвижки 30с41нж	11
1.3 Анализ дефектов задвижек	14
1.4 Анализ способов восстановления трубопроводной арматуры	24
2 Методика исследований процессов и свойств наплавленных покрытий	37
2.1 Методика исследований процессов наплавки.....	37
2.2 Методика исследования геометрических параметров наплавленных валиков	43
2.3 Методика исследования химического состава наплавленных валиков	44
2.4 Методика исследования твердости наплавленных валиков	45
2.5 Методика проведения испытаний образцов на коррозионную стойкость.....	47
3 Результаты исследований процессов и свойств наплавленных валиков	49
3.1 Геометрические параметры наплавленных валиков	49
3.2 Результаты исследования химического состава	56
3.3 Результаты исследований твердости наплавленных валиков	64
3.4 Результаты испытаний образцов на коррозионную стойкость.....	65
4 Описание технологии восстановления задвижки	71
4.1 Разборка арматуры.....	71
4.2 Промывка деталей арматуры	73

4.3 Дефектация	73
4.4 Механическая обработка.....	74
4.5 Наплавка уплотнительных поверхностей.....	74
4.6 Механическая обработка клина и корпуса арматуры	76
4.7 Сборка и гидроиспытания арматуры	77
Заключение	79
Список используемых источников.....	81

Введение

Трубопроводная арматура нашла широкое применение в различных отраслях промышленности таких как: нефтехимическая, машиностроительная, судостроительная, в системах жилых домов. Магистральный или технологический трубопровод работать без какой-либо арматуры не может.

Аварии на трубопроводах явление не редкое. Чаще всего они случаются из-за отказа различной аппаратуры, установленной на нефте– или газопроводе.

На трубопровод устанавливают различные виды устройств таких как: запорная арматура, регулирующая, контрольная, защитная, предохранительная. Чаще всего для отключения потока рабочей среды используют запорную арматуру или как ее еще называют – задвижки [1].

У такой арматуры больше половины отказов, возникающих при ее эксплуатации, связаны с потерей герметичности затвора (клина или диска арматуры). Затвор арматуры – самая ответственная деталь задвижки. С другими элементами задвижки аварии происходят реже и чаще всего обусловлены некачественным изготовлением изделий (шток, уплотнения, гайки и болты) [1].

В гонке за экономическую выгоду предприятия все чаще прибегают к покупке задвижек китайского производства. Но к сожалению качество такой запорной арматуры сильно страдает. Она не только собрана из некачественных деталей, но еще и не поддается ремонту. А без ремонта или обслуживания задвижка обойтись не может.

Повысить надежность аппаратуры, установленной на трубопровод в процессе эксплуатации невозможно. Объясняется это тем, что надежность самого устройства закладывается при его проектировании и изготовлении. В процессе работы устройство свой ресурс только расходует. У запорной

арматуры ресурс подразумевает количество циклов ее работы: «открыто/закрыто».

Наиболее эффективным является повышение надежности механизмов и машин на стадии их проектирования конструкторами и изготовления за счет оптимальных конструктивных решений узлов арматуры, а также технологических операций при изготовлении.

Основные пути повышения ресурса задвижки – это резервирование элементов узлов запорной арматуры, защита элементов узлов арматуры от коррозии. Устранение выявленных причин отказов является важным направлением повышения надежности запорной арматуры [2].

Коррозия деталей задвижек – это 80% поломок, связанных с утечкой рабочей среды. Повысить стойкость деталей от коррозии можно при помощи наплавки уплотнительных поверхностей, а также использовании качественных материалов [1].

Применение наплавки повышает ресурс задвижки, существенно экономит средства. Затраты на капитальный ремонт намного меньше покупки новой детали, а ее ресурс (отремонтированной арматуры) иногда больше, чем у новой задвижке, вышедшей с завода [5].

Наплавку чаще всего производят покрытыми электродами при помощи ручной дуговой сварки. При таком способе можно восстановить изношенную деталь и осуществить повторное использование устройства. В наше время существуют технологии, которые могут повысить качество ремонтных работ и качество наплавленного металла [4].

Применение таких технологий целесообразно, когда требуется большой объем ремонтных работ или при процессе ремонта по известной технологии, задвижки быстрее начали выходить из строя.

Но даже если арматура проходит своевременный планово–предупредительный ремонт в соответствии с графиком – это не гарантирует отказ задвижки во время работы. Поэтому цель повышения ресурса стоит на первом месте при решении проблем в арматуростроении.

Цель работы – повышение ресурса арматуры нефтепровода при проведении капитального ремонта.

1 Общие сведения о трубопроводной арматуре

1.1 Анализ арматуры нефтепровода

Трубопроводная арматура – это устройство, которое устанавливается на магистральных трубопроводах, различных агрегатах и сосудах. Ее прямое назначение - включение, отключение или регулирование потоками различных рабочих сред жидкостей или газов [6].

Высоконагруженная запорная и регулирующая арматура технологических и магистральных трубопроводов является одним из основных источников возникновения аварийных ситуаций. Наибольшему износу подвергаются уплотнительные поверхности задвижки.

Трубопроводную арматуру можно классифицировать исходя из ее функционального назначения, в зависимости от которого она делится на: запорную, обратную, предохранительную, регулирующую и отключающую арматуру, дроссельную и контрольную [6] [7].

Остановимся на запорной арматуре (задвижках). В зависимости от конструкции запорных деталей, задвижки можно поделить на следующие типы:

- Клиновые задвижки;
- Параллельные задвижки;
- Шланговые задвижки;
- Шиберные (или ножевые) задвижки.

Благодаря ее использованию, возможно, перекрывать поток рабочей среды. Поэтому герметичность арматуры – основной показатель ее пригодности и функциональности, а также качества задвижек. У задвижек два так называемых «статуса» или действия: либо «открыть», либо «закрыть». Промежуточного положения – нет.

Применение ее безгранично широко и охватывает морской транспорт, авиационную технику, атомную энергетику, теплоэнергетику, химическую промышленность и, конечно же, важная часть российской экономики – магистральные нефтепроводы и газопроводы [6].

Строение задвижки представляет собой стальной или чугунный корпус и крышку, которые соединены между собой. Корпуса арматуры выполняются литыми, литосварными или штампованными. От корпуса арматуры идут два соединительных патрубка, при помощи которых арматура врезается в трубопровод. По типу присоединения к трубопроводу можно выделить следующие типы:

Приварные — патрубки представляют собой трубы аналогичные диаметру трубы, которые врезаются в трубопровод при помощи сварки (рис.1)



Рисунок 1 – Задвижка под приварку

Фланцевые (рис.2). На концах задвижки находятся фланцы, через которые происходит монтаж на трубопровод. Самый распространенный тип соединения, так как позволяет произвести быстрый демонтаж арматуры для проведения ремонта или замены устройства [7].



Рисунок 2 – Фланцевая задвижка

Основная запорная деталь арматуры — клин. Клин — запирающий элемент задвижки. При прокручивании штока клин перемещается в корпусе задвижки перпендикулярно потоку рабочей среды.

В закрытом состоянии клин герметично прилегает с уплотнительными поверхностями корпуса арматуры. При вращении маховика происходит прокручивание шпинделя вокруг своей оси, что и приводит в движение сам клин арматуры. Задвижки могут иметь ручное управление (маховик) или электропривод [10].

Корпус задвижки может быть выполнен из стали, чугуна, бронзы и т.д. Стальные задвижки чаще используют при высоких температурах внутренней среды. Чугунные используют на технологических трубопроводах с рабочей средой – водой.

У клиновых задвижек запорный элемент может представлять собой: жесткий клин (литой), двухдисковый затвор, а также упругий клин.



Рисунок 3 – Фланцевая задвижка в разрезе

Жесткий клин – это цельный клин, диски у которого неподвижны относительно друг друга (рис 4). Разновидностей цельного клина служит упругий клин, в котором диски между собой соединены не жестко, а упруго материалом, способным деформироваться. У двухдискового клина – это, две «тарелки», которые соединены под каким-либо углом [10].



Рисунок 4 – Жесткий клин

Параллельные задвижки отличает от всех остальных типов тем, что уплотнительные кольца расположены не под углом, а строго параллельно, и сам запорный механизм представляет собой два диска, которые с помощью особого клина плотно прилегают к уплотнительным поверхностям арматуры.

Шиберные задвижки (или ножевые) – очень простая конструкция, в которой затвор или клин расположен перпендикулярно потоку среды. Чаще всего устанавливается на канализациях и прочих системах, где среда густая и не требуется высокая герметичность узла [9] [10].

В этом случае запорный элемент как бы разрезает транспортируемый поток, за что задвижки и получили название ножевые.

Шланговые задвижки – наиболее редко встречающийся и необычный вид задвижек. Этот тип задвижек не имеет уплотнительных седел и запорного элемента. Представляет собой резиновый шланг или патрубок, транспортирующий вязкую среду, который проходит через тело задвижки. С помощью штока шланг пережимается и перекрывает движение жидкости. Обычно такие задвижки используются на трубопроводах небольшого диаметра, где в качестве среды выступают пульпа, шлам, различные примеси и т.д.

Область применения трубопроводной арматуры накладывают на нее особые требования. Арматура, которая используется в газовой и нефтяной отрасли, должна непременно быть герметичной, исходя из высокой пожаро- и взрывоопасности рабочей среды – газа.

Трубопроводная арматура для нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей отраслей из-за очень высокой химической агрессивности нефти должна иметь повышенную коррозионную стойкость.

Для магистрального трубопровода широкое применение нашли задвижки типа 30с41нж, которые работают со следующими рабочими средами: вода, аммиак, природный газ, нефть и нефтепродукты, углеводородные среды в различных агрегатных состояниях [1].

1.2 Характеристика клиновой задвижки 30с41нж

Клиновая задвижка 30с41нж является фланцевой с выдвигным шпинделем. Устанавливается на все виды трубопроводов различных диаметров. Работает с различными средами такие как нефть, вода, пар, газ, масла и др. Затвор представляет собой клин, с уплотнительными поверхностями в форме окружностей [1] [2].

Клин задвижки является двухдисковым. Состоит из двух дисков, размещенных под углом. Благодаря самоустановке дисков относительно седел задвижки, снижаются требования к точности углов расположения седел и дисков, а также повышается герметичность затвора в закрытом положении.

Конструкция двухдискового клина сложнее, чем у традиционного, но сложность компенсируется меньшим износом поверхностей уплотнения в процессе эксплуатации и сниженным усилием, прилагаемым для надежного закрытия задвижки.

Расшифровка 30с41нж следующая: 30 – задвижка, с – стальная, 4 – механический привод с цилиндрической передачей, нж – нержавеющая сталь. Допускается небольшая степень коррозии, она примерно равна 0,1 мм в год.

Температура рабочей среды может колебаться в диапазоне от минус 40 °С до плюс 425 °С, а температура окружающего воздуха должна быть не меньше минус 40 °С. Материал основных деталей фланцевой задвижки 30с41нж – сталь 20Л, сталь 25Л. Внешний вид задвижки 30с41нж приведен на рисунке 5.

Стальная задвижка имеет класс герметичности А, В и С по ГОСТ 9544-2005 и выбирается в зависимости от потребности в работе стальной клиновой задвижки 30с41нж [2].

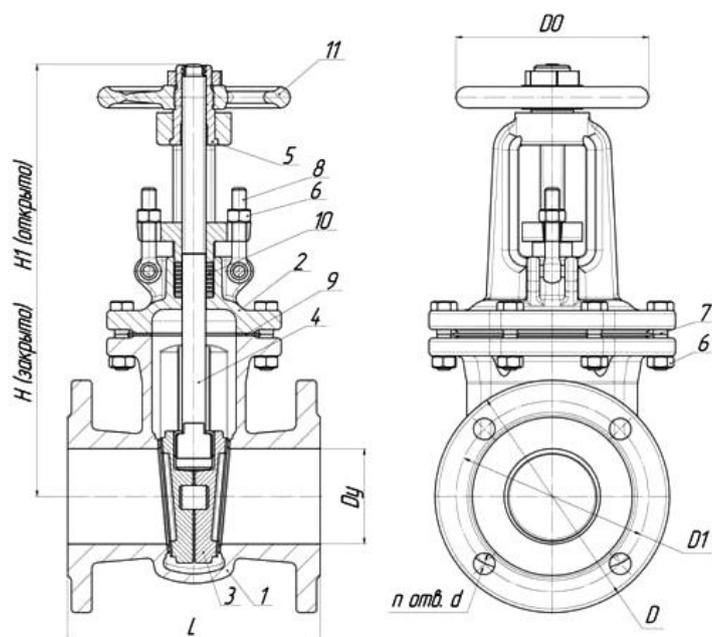


Рисунок 5 – Клиновая задвижка

В состав клиновой задвижки входят следующие узлы и детали: 1 – корпус арматуры может изготавливаться из сталей 25Л, 35Л. 2 – Крышка корпуса задвижки выполняется из стали 25Л или 35Л. 3 – Затвор арматуры представляет собой клин из стали 25Л с наплавкой уплотнительных поверхностей из стали типа 20Х13. 4 – Шпиндель или шток арматуры должен быть коррозионностойким поэтому целиком изготавливается из стали 20Х13. 5 – Гайка шпинделя бронзовая или латунная или из стали 35, 40Х. 6 – Гайка крепления крышки к корпусу задвижки углеродистая сталь по ГОСТ 1050–88. 7 – Болт крепления крышки к корпусу задвижки изготавливается из углеродистой стали. 8 – Откидной болт крепления нажимной планки (сталь 35). 9 – В качестве уплотнения между корпусом и крышкой используется прокладка из паронита. 10 – Сальник из графита. 11– Управление задвижки происходит при помощи маховика [1] [10].

Резьбовая втулка, получая вращение от маховика, преобразует данное вращение в поступательное движение шпинделя с клином, в результате чего происходит открытие/закрытие задвижки.

Завод–изготовитель стальных задвижек 30с41нж на корпусе изделий делает маркировку, которая включает в себя товарный знак завода-изготовителя, номинальное давление и номинальный проход.

При монтаже, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте клиновых фланцевых задвижек 30с41нж должен присутствовать только высококвалифицированный персонал, который знает полностью устройство задвижек, руководство по эксплуатации и у которого есть навыки работы с данным видом запорной арматуры.

Стальные задвижки 30с41нж должны иметь правильную маркировку и отличительную окраску. Прилагать большие усилия на маховике и давать предельные крутящие моменты не допустимо.

При монтаже задвижек нужно следить за тем, чтобы не было перекосов и перетяжек, затягивать шпильки необходимо равномерно. Стальные задвижки 30с41нж допускается испытывать совместно с трубопроводом давлением, превышающим номинальное давление на 25%.

Задвижка клиновая 30с41нж не должна никоим образом подвергаться нагрузкам от трубопроводных систем. Если же данные нагрузки неизбежны, можно воспользоваться специальными опорами [8] [2].

Задвижку стальную 30с41нж нельзя использовать в качестве опоры трубопроводных систем, в качестве регулирующей запорной арматуры.

Все задвижки 30с41нж поставляются с паспортами, необходимой сопутствующей документацией (сертификаты, разрешения, руководства по эксплуатации).

Клиновые фланцевые задвижки 30с41нж имеют средний срок службы – 10 лет и более. При этом задвижки успевают наработать 2500 циклов

1.3 Анализ дефектов задвижек

Рассмотрим дефекты задвижек, работающих с различными средами. Дефекты могут быть как конструктивного характера (отломанные ушки клина, язвы литья), так и полученные в процессе эксплуатации: коррозия, сколы и др. [5].

Особое место занимают дефекты некачественного капитального ремонта арматуры.



Рисунок 6 – Поры литья корпуса арматуры

Поры в корпусе арматуры явление редкое (рис.6). Возникают при невыполнении технологических требований, при изготовлении деталей арматуры. Например, при несовершенном оборудовании, когда литниковая система не обеспечила заполнение полости расплавом в процессе затвердевания [5].

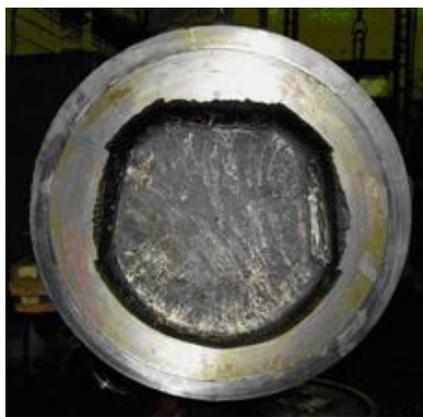


Рисунок 7 – Грубое изготовление затвора задвижки

На рисунке 7 совершенно новый затвор китайского производства. В последнее время на рынке арматуры преобладают задвижки китайского производства. Цена у такой арматуры на порядок ниже, чем у российской, но качество исполнения страдает.

Если установить такую задвижку на трубопровод без предварительных гидравлических испытаний, избежать аварии вряд ли удастся.



Рисунок 8 – Язвы литья

Язвы литья – основная проблема некачественных задвижек, выплавляемых на устаревшем оборудовании. Пузырьки воздуха сформировали полости, которые впоследствии станут причиной отрыва ушек клина. При поднятии затвора шпиндель просто вырвет их от клина (рис.8).

Так же, эти же самые язвы являются основной причиной протечек запорной арматуры.



Рисунок 9 – Отломанные ушки клина

На рисунке 9 показана экономия денежных средств, которая может привести нас непосредственно к такого рода дефектам. Один из неприятных дефектов. Здесь несоизмерима малая толщина металла, не выдержав стандартных нагрузок - ломается, приводя изделие к выходу из строя. После такой поломки процесс извлечения клина будет очень трудоемким [6].

Отломанные «ушки» - явное следствие неразумной экономии на толщине металла детали.



Рисунок 10 – Нарушение размеров штока

По изображению на рисунке 10 заметно, что были допущены грубые нарушения, как в размерном допуске (толщина нижней части штока явно не

соответствует нагрузкам), так и в процессе закалки штока задвижки. Для шпинделя использована мягкая сталь несоответствующего качества. Закалка происходила при малой температуре. По коррозии на штоке видно, что сталь не коррозионнотойкая, что недопустимо при работе с агрессивными средами [11].



Рисунок 11 – Межкристаллитная коррозия ушек клина

Следствие грубого нарушения технологических требований, как к первоначальному составу стали, так и к технологиям его выплавки. Приводит к скорому износу основного металла, заметно увеличивая хрупкость и ломкость деталей, выполненных из него (рис.11). Приобретает такой дефект арматура в процессе своей работы из-за неоднородности металла.



Рисунок 12 – Смещение поверхностей

На рисунке 12 клин подобран без возможности ремонта, так как отпечаток на уплотнительной поверхности клина от уплотнительных поверхностей седел смещен вверх относительно центра затвора. Из-за такой установки клина в корпус арматуры ее ресурс будет намного меньше.

Износ верхней части уплотнительной поверхности неизбежен. В случае осуществления ремонтных (регламентных работ), возникает необходимость исправления уплотнительных поверхностей наплавкой, что является довольно трудоемким процессом [18].



Рисунок 13 – Отсутствует грань паза у клина

Дефект конструктивного характера отсутствие грани паза у клина (рис. 13). Из-за применения новых технологий возможно появление таких дефектов. Такой скрытый дефект на первый взгляд трудно распознать.

Такие грани служат как направляющие для клина в корпусе арматуры. Отсутствие грани паза приведет к перекоосу клина, а это ведет за собой постоянные протечки при малом давлении среды.



Рисунок 14 – Разлом крышки задвижки

Чугунная задвижка типа 30ч6бр. Задвижка рассчитана на рабочее давление 1 Мпа и температуру рабочей среды до 300 °С. Такие задвижки просты в обслуживании и дешевы. Именно поэтому задвижки нашли широкое применение в трубопроводных системах. На рисунке 14 виден редкий дефект как разлом крышки арматуры [5].

Задвижку разорвало давлением от гидроудара. Определить при каком давлении треснула крышка корпуса можно по манометру.



Рисунок 15 – Горячая трещина литья корпуса задвижки

На рисунке 15 видна хорошо заметная изломанная трещина. Разрушение отливок происходит из-за растягивающих напряжений или из-за

недостаточной способности к деформированию. В процессе усадки металла в отливке возникают напряжения в затвердевающем металле, которые могут себя проявить в виде горячих трещин в местах с наименьшей прочностью металла.



Рисунок 16 – Отсутствие резьбы на ходовой гайке

Некачественное исполнение деталей задвижки. На рисунке 16 отсутствует часть резьбы в ходовой гайке шпинделя. Со временем твердый металл шпинделя просто «слижет» эту резьбу и перекрыть поток жидкости не удастся.



Рисунок 17 – Неправильная механическая обработка клина

На рисунке 17 показана грубая обработка клина во время ремонта арматуры. Клин обработан грубо, при помощи угловой шлифовальной машины. Такая несовершенная обработка быстро приведет к выходу из строя задвижки.



Рисунок 18 – Обработка клина (производство Китай)

Рисунок 18 – обработка самой ответственной детали новой задвижки китайского производства. Экономя на средствах, металле и технологических операциях не всегда можно достичь положительного результата.



Рисунок 19 – Коррозия штока задвижки

На рисунке 19 видна коррозия на штоке задвижки. Шток арматуры по ГОСТ 33258-2015 должен изготавливаться из сталей, не подверженных коррозии типа 20Х13 [5] [18].

Шпиндель непосредственно работает со средой задвижки, а также находится в постоянном трении в случае подъема или опускания клина арматуры. В случае ремонта наплавкой шток должен наплавляться коррозионностойкими материалами.



Рисунок 20 – Коррозия уплотнительных поверхностей клина задвижки

Рисунок 20 – коррозия уплотнительных поверхностей затвора, состоящего из двух дисков. Недопустимо использовать стали не содержащие в своем составе хром и другие легирующие элементы, повышающие коррозионную стойкость детали. Чаще всего клин изготавливают из сталей типа 25Л, 35Л с износостойкой наплавкой хромоникелевыми проволоками. На рисунке 20 видно, что коррозия на клине неравномерная. Видимо клин был наплавлен некачественными материалами.



Рисунок 21 – Коррозия в корпусе задвижки

Рисунок 21 – Коррозия на дне корпуса арматуры. Из-за того, что рабочая среда в этом месте оставалась долгое время металл начал постепенно корродировать [19]. Если корпус арматуры в этом месте будет иметь малую толщину, то коррозия в скором времени примет сквозную форму.



Рисунок 22 – Некачественный ремонт задвижки

Пример некачественного ремонта задвижки (рис.22). Крышка и корпус арматуры прихвачены сваркой между собой. Для чего сделано такое решение неизвестно. Разобрать такое соединение можно только при помощи резки.

На этой же задвижке можно наблюдать еще одно неверное технологическое решение (рис. 23).

С одной стороны, втулка сальника закреплена шплинтованным пальцем в литые проушины на корпусе. Соединение допускает разборку и обслуживание.

С другой стороны, такой же палец неаккуратно приварен к остаткам проушин. Видимо в процессе эксплуатации или транспортировки были повреждены проушины для пальца болта крепления нажимной планки.

Разобрать такое соединение невозможно, следовательно, получился своеобразный одноразовый ремонт.



Рисунок 23 – Болты крепления нажимной планки задвижки

1.4 Анализ способов восстановления трубопроводной арматуры

Ремонт арматуры подразделяется на текущий, срочный, плановый, капитальный и т.д. Текущий ремонт – ремонт, который осуществляется в процессе работы задвижки, для гарантийного обеспечения работы устройства.

При текущем ремонте выполняется регулировка каких-либо элементов или замене запасных частей агрегата [1] [2].

Срочный ремонт производят в случае аварии на трубопроводе, например, когда задвижка не справляется со своей работой. Задвижка пропускает рабочую среду или невозможно перекрыть поток жидкости или

газа, тогда следует немедленно оставить поток рабочей среды и произвести внеплановый ремонт.

Такой вид ремонта производят с целью устранить отказ оборудования. В таком случае можно обойтись лишь вмешательством в саму задвижку, в случае ее ремонтпригодности. В худшем случае арматуры просто заменят на новую.

Плановый ремонт производится в соответствии с документацией. Ревизия производится по календарю планового ремонта. Все работы выполняются строго по документации. При таком ремонте можно обойтись малыми силами, не прибегая к замене деталей или наплавочным работам.

Достаточно выполнить притирку уплотняющих поверхностей или заменить уплотнение на шпинделе арматуры.

Капитальный ремонт производят с целью восстановить исправность оборудования. Восстанавливают полный ресурс или близкий к полному ресурсу, с заменой различных деталей (уплотнительные тарелки, седла корпуса, уплотнения штока) или способом наплавки уплотнительных поверхностей задвижки [7].

Проблема капитального ремонта состоит в том, что восстановить полностью эксплуатационный ресурс не представляется возможным. Наличие остаточных напряжений и износа в деталях будет вызывать повышенный износ и ведет к преждевременной регулировке оборудования, а также текущему ремонту или даже срочному.

Поэтому каждый капитальный ремонт немного уменьшает время до планового ремонта, другими словами текущий ремонт будет производиться раньше на квартал или больше [11].

Все же чаще всего любой ремонт сводится к восстановлению уплотнительных поверхностей задвижки, так как в процессе работы именно эти узлы подвержены наибольшему износу.

Восстанавливать седла и уплотнительные поверхности затвора можно с помощью наплавки.

Наплавка – нанесение металла на поверхность изделия с помощью сварки плавлением. Производится, как и при изготовлении задвижки, когда основной металл не обладает коррозионной стойкостью, так и при ремонтных восстановительных работах [1].

Электродуговые способы сварки используются чаще других для нанесения металла на изделие. Позволяют при использовании качественных материалов повысить стойкость к коррозии, эрозии и другого эксплуатационного износа [10].

Чаще всего из всех электродуговых способов наплавки для восстановления задвижек применяется наплавка штучными электродами (рис.24).

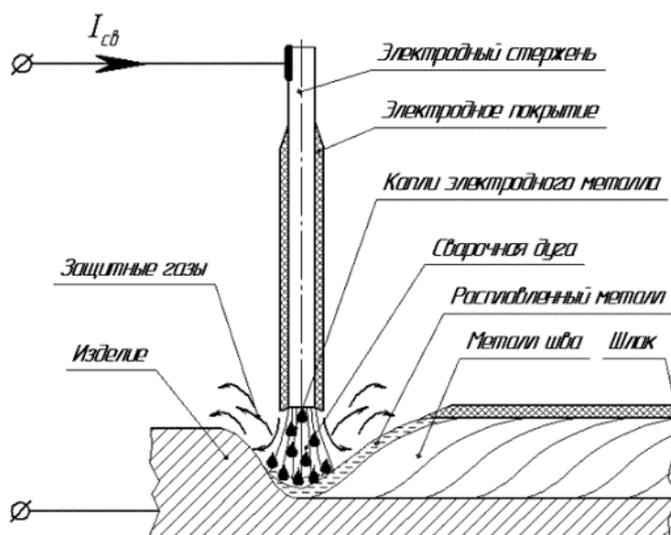


Рисунок 24 – Схема наплавки покрытыми электродами

Преимущества наплавки штучными электродами: является простота процесса, несложность оборудования, повышенная мобильность при проведении ремонтных работ (работать можно автономно) сварка во всех положениях, возможность наплавки различных материалов [1].

Недостатки способа: отсутствует частичная или полная механизация процесса, малая производительность процесса наплавки и сварки. Качество

сварного шва, наплавленного валика зависит напрямую от уровня подготовки сварщика. Большое число проходов при выполнении наплавки, каждый наплавленный валик требуется зачищать от шлака, доля неметаллических включений может остаться в шве при плохой зачистке. Большое проплавление металла и как следствие неоднородность по составу электродного металла и доли основного металла [18].

Несмотря на все это данный способ остается самым простым и распространенным способом восстановления в промышленности.

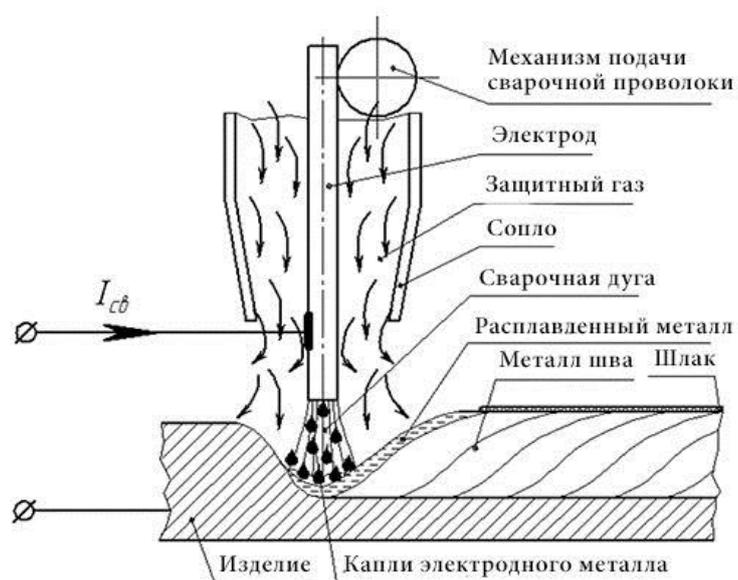


Рисунок 25 – Механизированная наплавка в среде защитного газа

Механизированную наплавку производят на постоянном токе, полярность обратная (рис.25). Электродную проволоку выбирают исходя из условий работы детали. Чаще всего это коррозионностойкие хромоникелевые проволоки типа Св-12Х18Н10Т [16].

Это нужно для обеспечения коррозионной стойкости детали. Получается износостойкая наплавка, которая продлевает срок службы затвора. Скорость наплавки выбирается исходя из геометрических параметров детали (толщины изделия).

Наплавляют не менее 2ух слоев металла. При этом валики могут перекрывать друг друга на половину или на 1/3 ширины предыдущего [1] [13].

Достоинства наплавки в защитном газе: меньшее проплавление основного металла и как следствие более однородная структура металла шва, эксплуатационные характеристики металла на порядок выше чем при наплавке с помощью покрытых электродов, возможность проводить процесс наплавки в различных пространственных положениях, высокая степень производительности и механизации [14].

К недостаткам можно отнести сильное разбрызгивание металла на повышенных токах. Затруднения процесса сварки при работе на открытых участках из-за сдувания дуги и загрязнения сопла горелки. Для работы на высоких параметрах режима сварки потребуются горелки с водяным охлаждением.

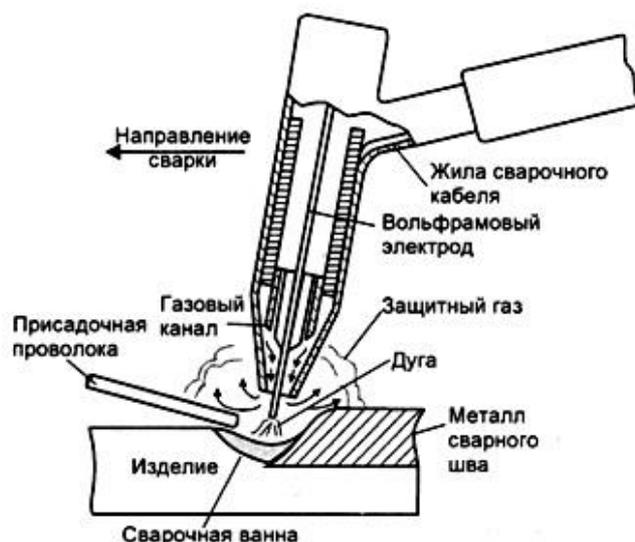


Рисунок 26 – Схема аргонодуговой наплавки

Большое применение нашла наплавка неплавящимся электродом в среде защитного газа (рис.26). Формирование валика осуществляется за счет тепла дуги от неплавящегося электрода и присадки.

В качестве присадки, для проведения наплавочных работ по восстановлению или упрочнению клина используют прутки на основе кобальта и хрома с добавками вольфрама или молибдена. Такие прутки как стеллит ВЗК или Пр-ВЗК [20] [26].

Такие присадки используют для деталей, работающих в агрессивных средах, с различными нагрузками и при больших температурах. Наплавка такими материалами дает повышенный ресурс деталей.

Достоинствами данного способа можно отметить: отсутствие брызг металла во время проведения наплавочных работ, минимальное количество дефектов по сравнению с другими способами сварки, уменьшенные деформации из-за малой зоны нагрева изделия, повышенное качество сварного шва из-за применения защитного газа, аргон не взаимодействует с металлом [20].

Недостатками данного способа можно выделить: способ наплавки не отличается высокой производительностью, защита сварного шва может быть нарушена из-за работы на улице, при больших силах тока требуется использовать горелки с водяным охлаждением, для выполнения работ требуется сварщик высокой квалификации, сложное оборудование и долгая настройка параметров режима наплавки.

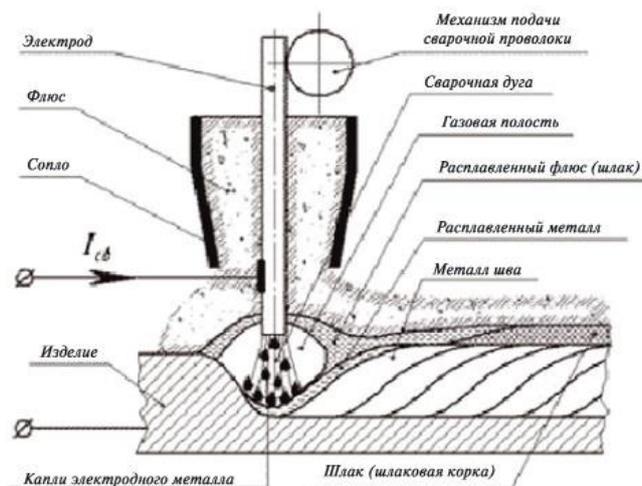


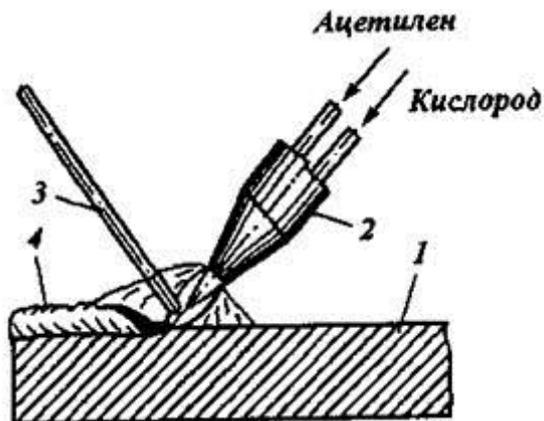
Рисунок 27 – Схема автоматической наплавки

Автоматическая наплавка – высокопроизводительный способ нанесения металла на изношенные детали (рис.27). При таком способе детали задвижки наплавляют на специальных стендах проволокой сплошного сечения под защитным флюсом или газом. Установка включает в себя источник питания, пульт управления и вращающееся устройство [24] [25].

Такая установка заменяет собой целый комплекс дополнительного оборудования. Флюс защищает сварочную ванну, обеспечивает высокое качество шва. Защитный слой порошка дает медленное охлаждение валиков, что положительно сказывается на слоях наплавленного металла, снижая пористость.

Достоинства способа: плотный, качественный наплавленный металл, высокая производительность процесса, потери на разбрызгивание минимальные или почти отсутствуют, возможность придания наплавленному металлу улучшенных характеристик (физических и эксплуатационных свойств) через процесс легирования при помощи флюса, благоприятные условия работы для сварщика-оператора [30].

Недостатки: Применение в массовом производстве, значительные тепловложения в металл, применение на деталях малых габаритов – невозможно, сложное оборудование, наплавка только в нижнем положении.



1 – деталь, 2 – сопло горелки, 3 – присадочный пруток, 4 –
наплавленный валик.

Рисунок 28 – Схема газовой наплавки

Газовая наплавка применяется в промышленности для ремонта деталей машин, ремонта дефектов отливок. Процесс обработки поверхностей металлов при помощи высокотемпературного ацетилено-кислородного пламени.

Довольно распространенный способ в прошлом веке. С помощью него можно соединять практически все металлы [1].

Наплавку можно производить при помощи присадочных прутков (с флюсом или без) и порошков. В качестве прутков используют стеллиты ВЗК или Пр-ВЗК или сормаиты и смесь флюса, основа которого составляет бура. [26] [27].

В качестве порошков для наплавки используют порошки на основе никеля, кобальта и железной основе. Процесс ведут при помощи

восстановительного пламени, формируя валика добавляя присадку или оплавляя пламенем порошок [26].

Достоинства способа: простота оборудование, не требующего питания от электричества, сварка почти любых металлов, уменьшение возникновения трещин из-за предварительного нагрева газовой горелкой и последующего медленного охлаждения

Недостатки способа: требуется строго соблюдать соотношение газов, низкая производительность, медленный нагрев может привести к короблению деталей, высокой температурой пламени можно пережечь металл, взрывоопасность процесса из-за применения горючих газов.

Плазменная наплавка металлов современный способ восстановления деталей задвижек (рис.29). Заключается в нанесении порошкообразной смеси на изношенные детали при помощи плазменной струи газа. Так же можно наносить металл, используя присадочные прутки и ленты.

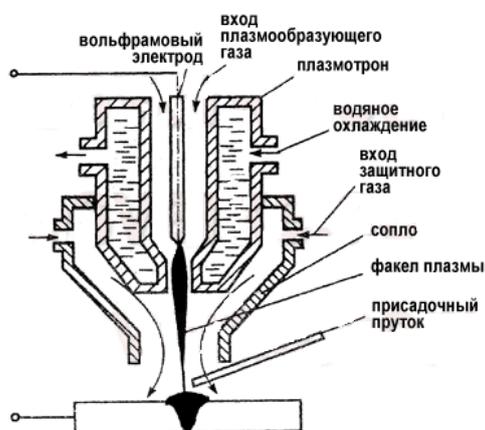


Рисунок 29 – Схема плазменной наплавки

Различают способы восстановления деталей плазменной струей такие как: дугой прямого действия (дуга горит между электродом из вольфрама и изделием, на присадочную проволоку питание не осуществляется), независимой дугой (дуга горит между электродом плазмотрона и

присадочной проволокой, металл изделия нейтрален) комбинированного действия с использованием двух дуг (одна дуга горит между неплавящимся электродом и затвором арматуры, вторая дуга горит между присадочной проволокой и вольфрамовым электродом) [25]. При использовании дуги прямого действия обеспечить малое проплавление возможно лишь при малых токах, производительность будет не выше, чем при использовании менее производительных способов наплавки [26].

Использование повышенных токов не допустимо – возможно значительное проплавление металла восстанавливаемой детали.

При процессе наплавки независимой дугой проплавление детали меньше, из-за того, что все тепло направлено на расплавление присадки. Основной металл при таком способе нагревается от тепла, расплавленного металла присадочной проволоки.

При таком способе металл изношенной детали покрывается каплями расплавленного металла. В таком случае необходимо обеспечить надежное сцепление двух металлов. Сделать это можно нагрев наплавляемую деталь до температуры плавления присадки.

Для деталей малой толщины и размеров достаточно тепла от расплавленной присадочной проволоки, для деталей больших размеров тепла расплавленной присадки недостаточно – требуется использование комбинированного способа наплавки плазменной струей [13].

Достоинства способов плазменной наплавки: возможность нанесения разнородных покрытий, можно создать биметаллическое соединение с заданными свойствами, высокая концентрация теплоты плазменной струи и минимальная зона влияния на основной металл, возможность нанесения особо тонких слоев от 0,1 мм и выше [13].

Недостатки данного способа: сложность оборудования, повышенное участие металла детали в формировании валика, невозможность наплавки металлов алюминиевых сплавов, геометрические параметры наплавленных

валиков далеки от идеала, требуется повышенный припуск на механическую обработку.



Рисунок 30 – Лазерная наплавка

Лазерная наплавка выполняется при помощи луча лазера и порошкового материала или проволоки (рис.30). Один из перспективных способов изготовления и восстановления деталей. Высокий уровень автоматизации процесса, дает возможность регулирование геометрических размеров наплавленных валиков.

Достоинства способа: возможность получения качественных наплавленных слоев с хорошими физико-химическими свойствами, высококонцентрированный луч дает возможность минимально и точно воздействовать на изделие, возможно наплавка деталей малых толщин, позволяет сократить припуск на дальнейшую механическую обработку резанием, высокая адгезия процесса [9].

Недостатки данного способа: дорогостоящее оборудование, возможность появления трещин из-за высокой температуры луча и деформаций металла, высокая квалификация персонала, высокое требование к качеству подготовки металла, низкая производительность, возможность наплавлять на детали несложной конфигурации [10].

На сегодняшний день самым, не смотря на широкое развитие в области сварки новых перспективных способов соединения металлов, большинство сварочных работ и ремонтных наплавочных работ выполняется при помощи ручной дуговой сварки покрытыми электродами.

Это обусловлено тем, что уровень развития сварочного оборудования в РФ низкий по сравнению с другими странами, уровень подготовки сварщиков-операторов, готовых работать с новыми перспективными способами соединения металлов остается не на высоком уровне.

В области арматуростроения и ремонтных работ по восстановлению изношенных деталей задвижек первое место заняла ручная дуговая сварка, второе – механизированная наплавка, третье – автоматическая наплавка под защитным флюсом или в среде газа [18] [20].

Выбор наиболее оптимального способа восстановительной наплавки следует производить с учетом следующих факторов: требования к качеству материала (электроды, проволоки, порошки), производительности процесса, дефицитности используемых материалов, более низкой цены и стоимости оборудования используемого при процессе восстановления, получение минимального проплавления при нанесении слоев, получение качественного наплавленного металла, поддающегося последующей механической обработке [24].

После анализа способов восстановления арматуры, анализа конструкции задвижки для исследований было выбрано два способа восстановления – ручная дуговая наплавка покрытыми электродами и механизированная наплавка сплошной проволокой [16].

Многолетний опыт применения наплавки покрытыми электродами показывает, что он ничуть не уступает по качеству получаемого металла другим перспективным способам.

При анализе состояния вопроса рассмотрены дефекты арматуры, среди которых некачественный капитальный ремонт с применением несовершенных материалов.

Поэтому для достижения цели данной работы необходимо выполнить следующие задачи:

- 1 Исследование процессов наплавки покрытыми электродами и проволокой сплошного сечения;
- 2 Исследование геометрических параметров наплавленных валиков;
- 3 Исследование химического состава наплавленных валиков;
- 4 Исследование твердости наплавленных образцов;
- 5 Исследование коррозионной стойкости наплавленных валиков;
- 6 Разработка технологии восстановления деталей арматуры.

2 Методика исследований процессов и свойств наплавленных покрытий

2.1 Методика исследований процессов наплавки

В базой технологии ремонта используется наплавка на сталь 20Л, 25Л, 35Л электродами ЦН–6Л, ЦН–12М, УОНИ–13/НЖ и др.

В исследованиях процесса наплавки в качестве основного металла выбиралась другая сталь, ничем не уступавшая по характеристикам сталям, из которых изготавливают клин арматуры [10].

Наплавка аустенитными материалами производилась при помощи способов сварки таких как: РД (ручная дуговая, покрытыми электродами) и МАДП (механизированная в защитном газе – аргоне) [30] [37].

Для наплавки использовали образцы из стали марки Ст3 размером 200*200 мм и толщиной 10 мм. В качестве электродных компонентов использовались сварочные электроды Зеленоградского электродного завода – ЦЛ–11 диаметром 4 мм. И сварочная проволока диаметром 1,2 мм для проведения механизированной наплавки – Св–06Х19Н9Т [16].

Электроды ЦЛ–11 относятся к электродам с основным покрытием. Подходят для сварки коррозионно-стойких хромоникелевых сталей марок 12Х18Н10Т, 12Х18Н9Т и т.д. К металлу шва предъявляют строгие требования к стойкости межкристаллитной коррозии.

Проводить процесс сварки можно почти во всех пространственных положениях кроме вертикального положения при сварке «сверху–вниз». Применять следует постоянный ток, а полярность обратную.

Такие электроды должны обеспечивать получение металла шва, который будет отличаться повышенной стойкостью к коррозии, в различных агрессивных средах при температурах до 400 – 600 °С.

Таблица 1 – Типичный химический состав наплавленного металла в %, согласно ГОСТ 10052-75 [16]

C	Mn	Si	Ni	Cr	Nb	S	P
0,10	1,8	0,53	9,8	20,8	0,99	0,011	0,020

Согласно ГОСТ 10052-75 электроды ЦЛ–11 обозначаются как: Э–08Х20Н9Г2Б–ЦЛ–11–4–ВД [16].

Где: – Э–08Х20Н9Г2Б – тип электрода;

– ЦЛ–11 марка электрода;

– 4,0 – диаметр стержня.

– В – электроды для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами;

– Д – означает, что электрод имеет толстое покрытие;

ГОСТ 10052-75 – номер документа, по которому стандартизирован электрод.

Материалов для электродного прутка служит проволока марки Св–07Х19Н10Б по ГОСТ 9466-75 [17].

Основное покрытие несет в своем составе карбонаты и фтористые соединения. Наплавленный металл будет соответствовать спокойной стали.

Таблица 2 – Механические свойства металла шва, согласно ГОСТ 9466-75 [17]

Временное сопротивление Св, МПа	Предел прочности МПа (кгс/см ²)	Предел Течучести Ст, МПа	Относительное удлинение ds, %	Ударная вязкость, Дж/см ²
660	540(55)	420	34	120

Сварочная проволока Св–06Х19Н9Т была взята для проведения процесса наплавки механизированным способом.

Данная проволока применяется для сварки ответственных узлов и конструкций из аустенитных сталей таких марок как: Х20Н12Т-Л, Х16Н13Б, 12Х18Н9Т, 12Х18Н12Т и т.д. Работающих при высоком давлении и до температуры $T = 570–650^{\circ}\text{C}$ [17].

Таблица 3 – Химический состав проволоки Св–06Х19Н9Т, согласно ГОСТ 9466-75 [17].

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	Ti, %
Не более 0,08	0,40-1,00	1,00-2,00	18,00-20,00	8,00-10,00	Не более 0,25	0,50-1,00

Источниками питания для наплавки служили два сварочных источника: полуавтомат Kemppi FastMig KMS 500 и инверторный сварочный аппарат Elitech AIS 200AC/DC Pulse (рис.31).



Рисунок 31 – Полуавтомат Kemppi FastMig KMS 500



Рисунок 32 – Инвертор Elitech AIS 200AC/DC Pulse

Для проведения наплавки электродами на пластину стали марки Ст3 использовался источник питания (ИП) Elitech AIS 200AC/DC Pulse (рис.32). Источник питания инверторный, напряжение сети 230 В. Мощность около 6 кВт. Напряжение $U_{xx} = 65$ В. Диапазон регулировки сварочного тока 10 – 200 А для TIG и 10 – 200 А для ручной дуговой сварки (ММА).

Установка является универсальным источником питания (ИП), варить можно как на переменном, так и на постоянном токе (AC/DC).

Для проведения наплавки в среде аргона был выбран источник питания Kemppi FastMig KMS 500.

Kemppi FastMig KMS 500 является промышленным оборудованием, с большим количеством функций и различных настроек. Таким аппаратом можно сваривать корневые проходы, сваривать тонколистовой металл. Имеется возможность сварки на длинном вылете электродной проволоки.

Есть синергетическое управление сварочным процессом, которое дает требуемый подбор параметров для проведения наплавки.

Наплавка на пластину валиков №1–№4 производилась в один проход, ручной дуговой сваркой покрытыми электродами ЦЛ–11. Сварка велась короткой дугой, с поперечными колебаниями с постоянной частотой и

амплитудой для получения шва нужной ширины. После процесса сварки валик имел температуру $T=300^{\circ}\text{C}$.

Пластину охлаждали до температуры $T=20^{\circ}\text{C}$. После достижения пластиной температуры $T=20^{\circ}\text{C}$, можно было наплавлять новый валик. Температура измерялась при помощи контактного термометра ТК-5 (рис 33).



Рисунок 33 – Измерение температуры наплавленного валика

Получившийся наплавленный валик показан на рисунке 34.



Рисунок 34 – Наплавленный валик

При проведении наплавки образца под №5 (2-х слойная наплавка, полученная при помощи ручной дуговой сварки) каждый проход также остывал до $T=20^{\circ}\text{C}$ и только после этого проводилась наплавка следующего валика, который перекрывал предыдущий на $1/3$ предыдущий. Поперечное сечение показано на рисунке 35.



Рисунок 35 – Поперечное сечение двухслойной наплавки

Механизированная наплавки валика №6 производилась в один проход, проволокой сплошного сечения в среде Ar, режимы наплавки представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Режимы проведения наплавки

№ образца	Способ сварки	Электродный материал	Исв, А	Уд, В	dэ, мм	V п/п м\мин	Q з.г. л/мин
1	РД	ЦЛ-11	110 А	65,6	4	–	–
2	РД	ЦЛ-11	130 А	65,6	4	–	–
3	РД	ЦЛ-11	150 А	65,6	4	–	–
4	РД	ЦЛ-11	170 А	65,6	4	–	–
5	РД	ЦЛ-11	150 А	65,6	4	–	–

6	МАДП (в Ar)	Св- 06X19Н9 Т	150 А	23,5	1,2	4,9	15
---	----------------	---------------------	-------	------	-----	-----	----

2.2 Методика исследования геометрических параметров наплавленных валиков

После проведения сварочных работ все валики вырезались на отдельные образцы. Для измерения геометрических параметров образцы разрезались пополам. Половины образцов после вырезки травились в азотной кислоте [7].

Далее промывались в проточной воде и сушились на ветоши, для подготовки к фотоснимку, на котором производился замер геометрических параметров.



Рисунок 36 – Порезанный образец №2



Рисунок 37 – Порезанный образец №5

Измерения геометрических параметров наплавленных валиков измерялись на макрошлифах и на наплавленных образцах, порезанных в поперечном сечении.

Измерения проводились при помощи программы Universal Desktop Ruler с заданием масштаба на фотографии и дальнейшем измерении геометрических параметров наплавленных валиков.

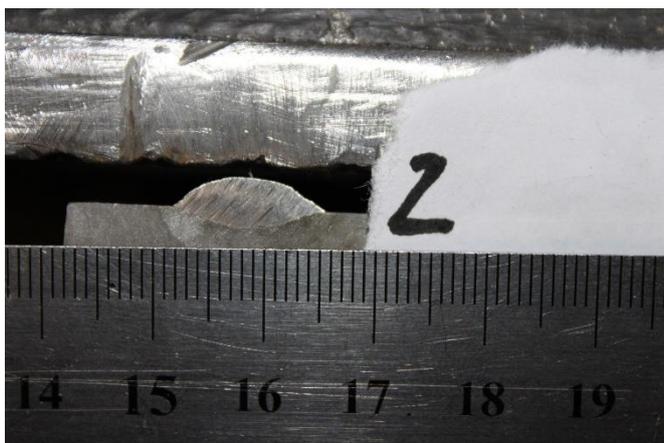


Рисунок 38 – Поперечное сечение образца №2

2.3 Методика исследования химического состава наплавленных валиков

В ходе проведения наплавочных работ получили 6 образцов. Из середины валика каждого образца вырезался участок шва шириной 10 мм и длиной 7 мм и отправлялся на исследование на химический состав [45].

Остальные части образцов использовались для исследований на твердость и коррозионную стойкость [49].

Анализ химического состава проводился методом растровой электронной микроскопии (РЭМ) основан на регистрации различных типов

сигналов, генерируемых в образце при сканировании его поверхности сфокусированным электронным зондом.

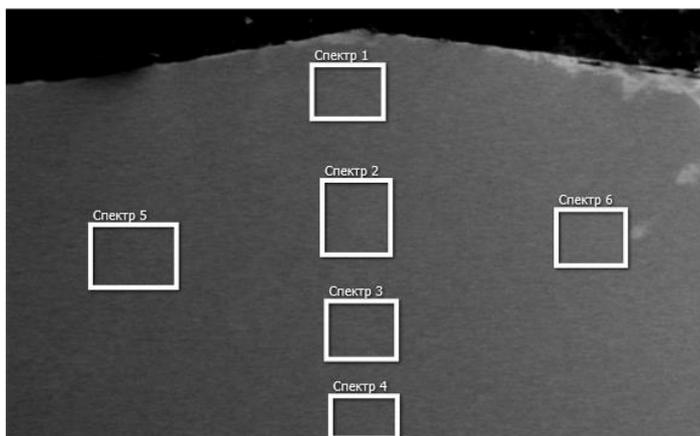


Рисунок 39 – Схема выбора точек для исследования химического состава образца №1 (верхняя граница)

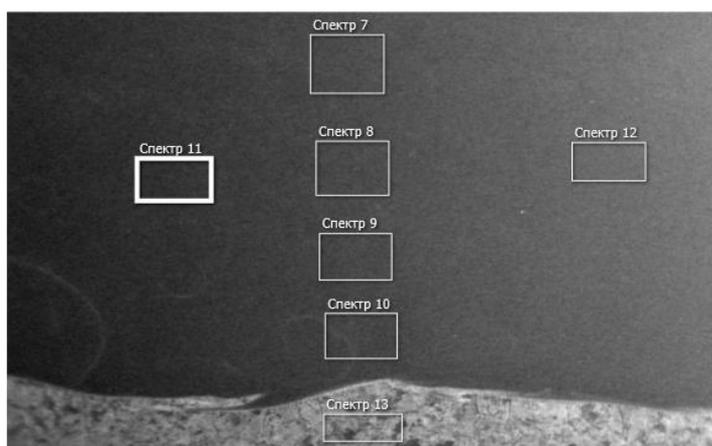


Рисунок 40 – Схема выбора точек для исследования химического состава образца №1 (нижняя граница)

2.4 Методика исследования твердости наплавленных валиков

Твердость – способность материала (в нашем случае наплавленного металла) оказывать сопротивление механическому внедрению индентора – металлического шарика или алмазной пирамидки [45].

Для того чтобы определить твердость металла, образцы следовало подготовить. При помощи УШМ (угловая шлифмашина) поверхность наплавленного валика выравнивалась, чтобы избежать неточности эксперимента из-за чешуйчатости валика (рис.41) [55].



Рисунок 41 – Подготовленный образец для испытаний на твердость

Твердость наплавленных покрытий измеряли в соответствии с ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) «Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу». Измерения проводились по шкале HRC. Для образцов 5 и 6 измерения проводились по методу Бринелля. Измерения проводили на твердомере ИТБРВ–187,5–А (рис. 42).



Рисунок 43 – Твердомер универсальный ИТБРВ–187,5–А

Измерения по методу Бринелля заключались во вдавливании шарика диаметром $d=2,5$ мм в наплавленный металл образца. Нагрузка 187,5 кгс (1839 Н). Измерения по Роквеллу заключались во вдавливании алмазного индентора (пирамидки) в металл валика.

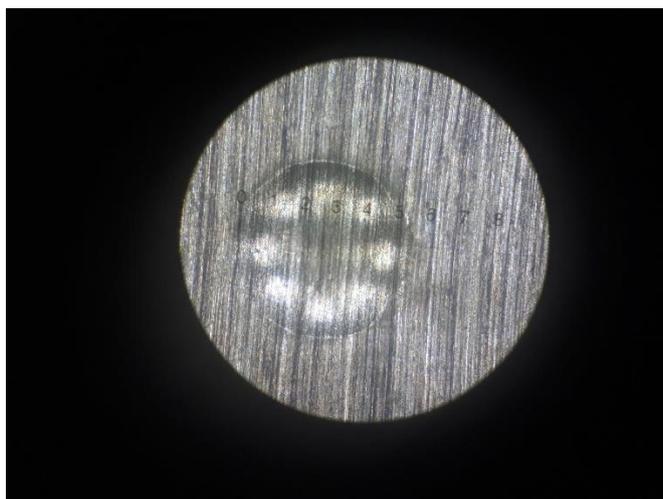


Рисунок 44 – Измерение твердости по Бринеллю (отпечаток металлического шарика)

2.5 Методика проведения испытаний образцов на коррозионную стойкость

Испытания на коррозионную стойкость проводились весовым методом. Для оценки наплавленного металла вырезались образцы размером 10*5 мм, 10*7 мм. Основной металл был недопустим при вырезки образцов. Образцы, для испытаний на коррозию тщательно зачищались от заусенцов с помощью напильника.

После подготовки образцы следовало взвесить для определения начальной массы. Взвешивание проводилось на весах VM213M ООО

«ОКБ Веста» (с точностью до 0,001 грамма). Взвешенные образцы опускались по 6 образцов в каждую емкость. Всего было подготовлено 24 образца (рис.45).



Рисунок 45 – Образцы, подготовленные к испытаниям

Испытания проводились в четырех средах: в воде (H_2O), в 3%-ом растворе соли (3% NaCl), в нефти и в 20% растворе соляной кислоты (20% HCl).

Через каждые 300 часов производился отбор образцов для определения потери массы. Для этого образцы доставались из емкости, тщательно промывались, сушились на ветоши. От продуктов коррозии образцы зачищались при помощи металлической щетки и только после этого взвешивались на весах. Среда менялась каждый раз после взвешивания образцов. Емкости под среды тщательно промывались и вытирались ветошью.

После чего образцы погружались в среды, емкости закрывались крышкой и ставились в темное место без доступа солнечного света.

3 Результаты исследований процессов и свойств наплавленных валиков

3.1 Геометрические параметры наплавленных валиков

Геометрические параметры получившихся образцов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Геометрические параметры наплавленных образцов

№ образца	Способ сварки	I _{св} , А	e, мм	g, мм	h, мм
1	РД	110 А	16,34	2,88	1,08
2	РД	130 А	13,96	2,77	1,8
3	РД	150 А	16,17	2,44	1,97
4	РД	170 А	18,13	3,21	2,02
5	РД	150 А	38,29	4,66	2,18
6	МАДП	150 А	17,36	6,06	0,36

Где: РД – ручная дуговая сварка; МАДП– механизированная; I_{св} – сила сварочного тока; e – ширина шва; g – высота усиления; h – глубина проплавления.

При наплавке особое место отдается глубине проплавления, т.к. не желательно большое перемешивание и проплавление основного металла, поэтому следует наглядно определить глубину проплавления исходя из установленной силы сварочного тока [66].

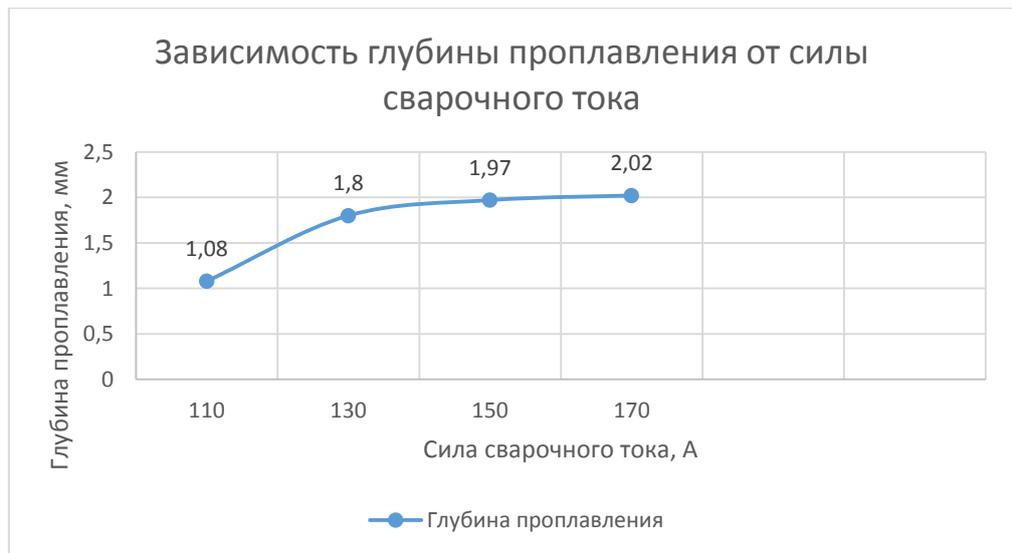


Рисунок 46 – График зависимости глубины проплавления от силы сварочного тока

Наплавка образцов №1-№4 проводилась при помощи ручной дуговой сварки покрытыми электродами на разных режимах (рис.46). С увеличением силы тока проплавление основного металла увеличивалось. Проплавление металла зависит от силы сварочного тока (тепловложения в металл будут больше). Влияние на глубину проплавления оказывает и полярность сварочного тока. Все образцы наплавлялись на постоянном токе обратной полярности. Наибольшую глубину проплавления металла можно достичь используя постоянный ток обратной полярности. Используя ток прямой полярности можно обеспечить чуть меньшую глубину проплавления.

Сварочные материалы тоже оказывают влияние на величину проплавления. В данном эксперименте сварочные материалы использовались одной марки и одного диаметра – электроды ЦЛ–11, диаметром 4 мм [16].

Угол наклона электрода тоже влияет на величину глубины проплавления. От того как направлена дуга по отношению к основному металлу. При перпендикулярном направлении электрода к поверхности изделия, глубина проплавления будет максимальна. С увеличением угла наклона проплавление будет снижаться [17].

Двухслойная наплавка образца №5 проводилась с целью узнать, что дает нанесение металла в два слоя. Первый слой образца получен на $I_{св} = 150$ А. Второй слой так же наплавлялся на $I_{св} = 150$ А. Сравнение величины проплавления однослойной наплавки от двухслойной показано на рисунке 47.



Рисунок 47 – Гистограмма зависимости глубины проплавления от силы сварочного тока

Образец № 3 наплавлен в один слой поэтому он имеет меньшую глубину проплавления равную 1,97 мм. Образец №5 наплавлен в 2 слоя. Он имеет большую глубину проплавления равную 2,18 мм.

Образец №6 наплавлен при помощи механизированной сварки на режиме 150 А. Его глубину проплавления следует сравнить с образцом №3 полученный на такой же силе сварочного тока (рис. 48).

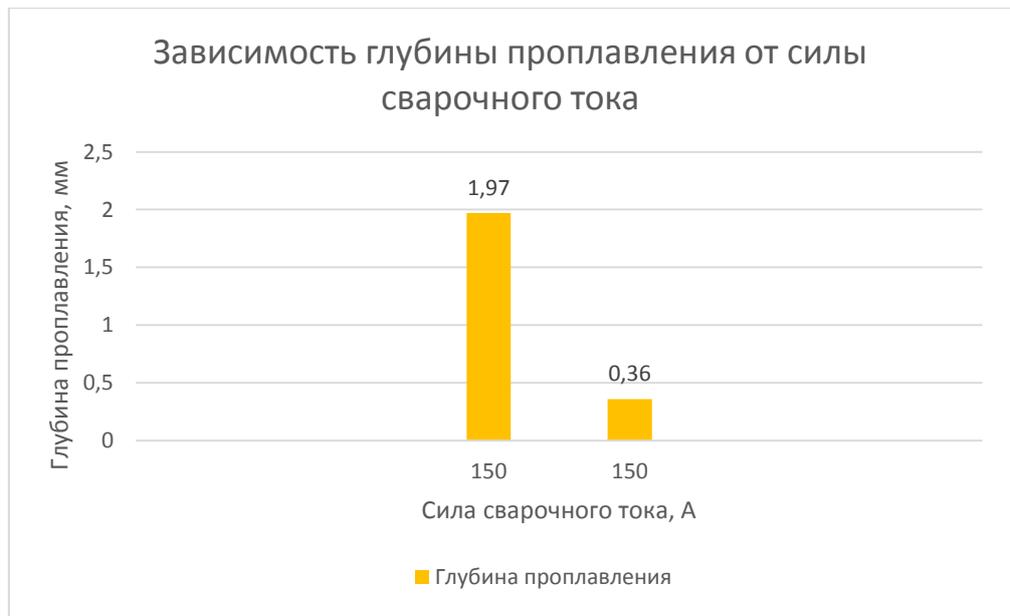


Рисунок 48 – Гистограмма зависимости глубины проплавления от силы сварочного тока образцов №3 и №6

Как видно на рисунке 48 величина проплавления образца №3 больше образца №6 почти в 5 раз. Это связано с тем, что при механизированной сварке в среде аргона проволокой сплошного сечения проплавление минимально из-за меньших тепловложений в металл, скорость сварки немного выше. Так же процесс характеризуется переносом металла короткими замыканиями [23].

Использование аргона как защитного газа дает меньшее проплавление металла, чем при использовании, например, гелия [24] [3].

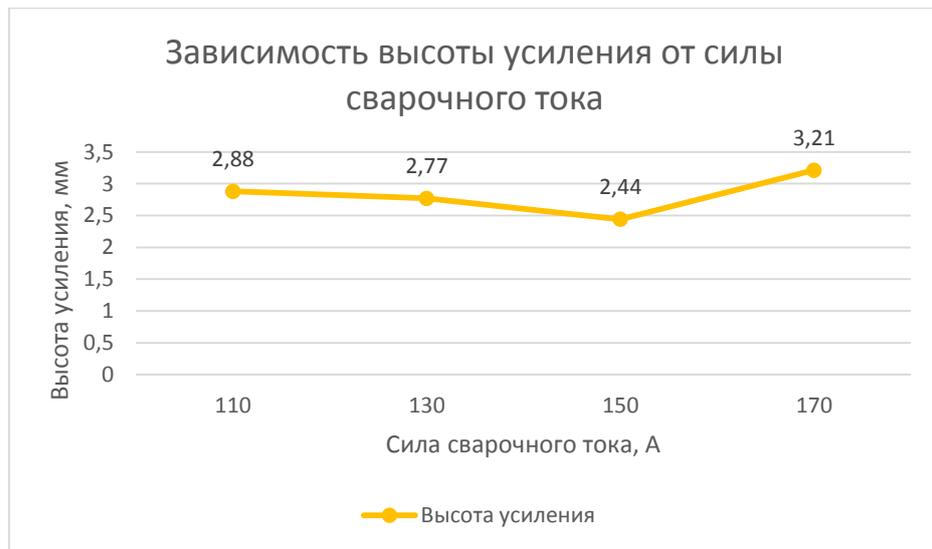


Рисунок 49 – График зависимости высоты усиления от силы сварочного тока

Зависимость высоты усиления от силы тока наплавки показана на рисунке 49.

С увеличением силы сварочного тока высота усиления увеличивается из-за большей погонной энергии, переходящей в металл. Количество расплавленного металла увеличивается – увеличивается и высота усиления наплавленного валика. Влияет также угол наклона электрода, полярность сварочного тока, скорость сварки [44] [45].

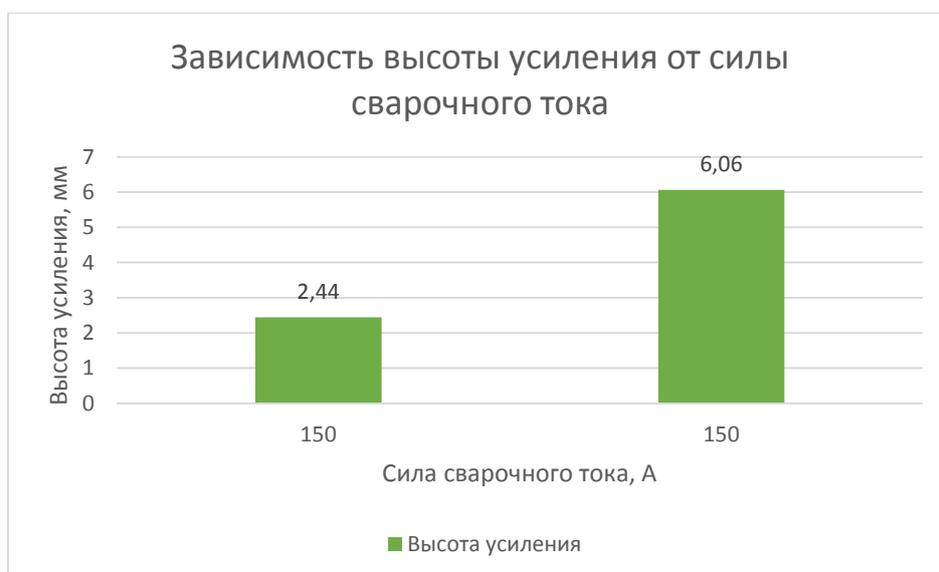


Рисунок 50 – Зависимость высоты усиления образцов №3 и №6 от величины сварочного тока

На рисунке 50 наглядно видно, что при одинаковой силе сварочного тока $I_{св} = 150$ А высота усиления у наплавленных образцов разная. Это связано с процессом проведения сварки [44] [45].

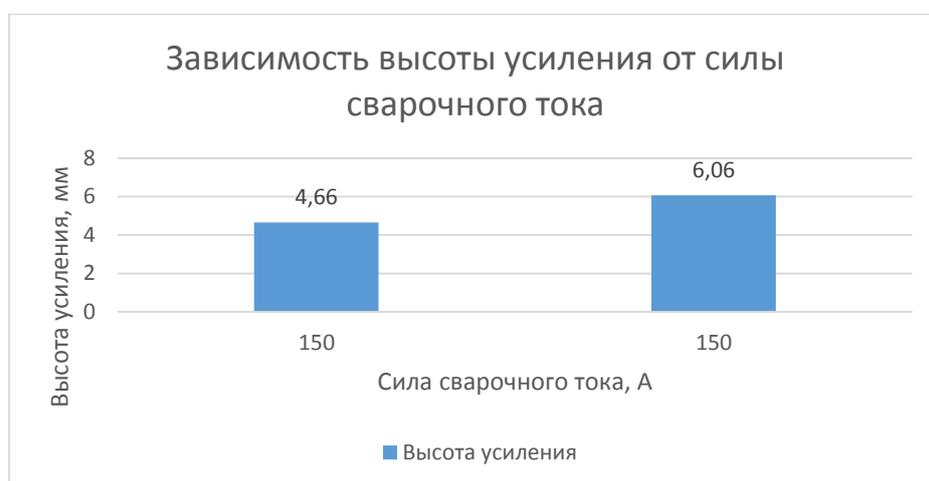


Рисунок 51 – Зависимость высоты усиления образцов №5 и №6 от величины сварочного тока

На рисунке 51 видно, что высота усиления у образца № 6 (6,06 мм), больше, чем у образца № 5 (4,66 мм).

Следовательно, можно сделать вывод, что при помощи механизированной наплавки наносить металл можно в один слой, его высоты достаточно для дальнейшей механической обработки.

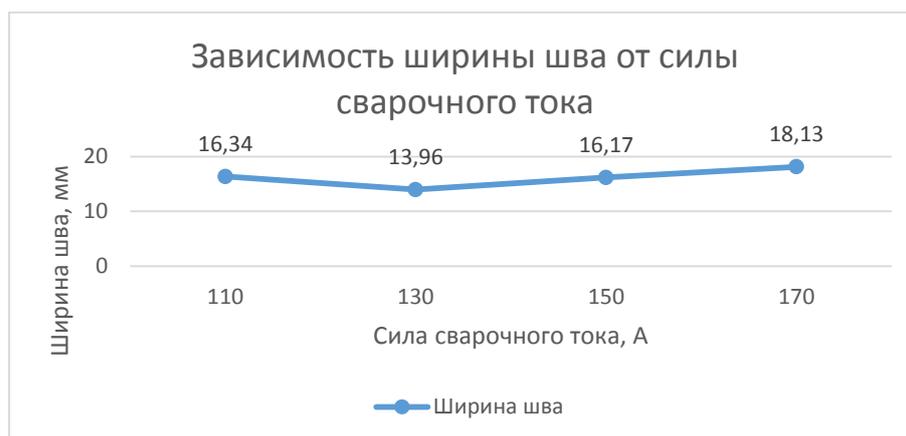


Рисунок 52 – Зависимость ширины шва от силы сварочного тока

На величину ширины шва влияет сила сварочного тока, диаметр электрода, угол наклона, скорость сварки, амплитуда колебаний электродом сварщиком, повышение напряжения дуги также влечет увеличение ширины сварного шва.

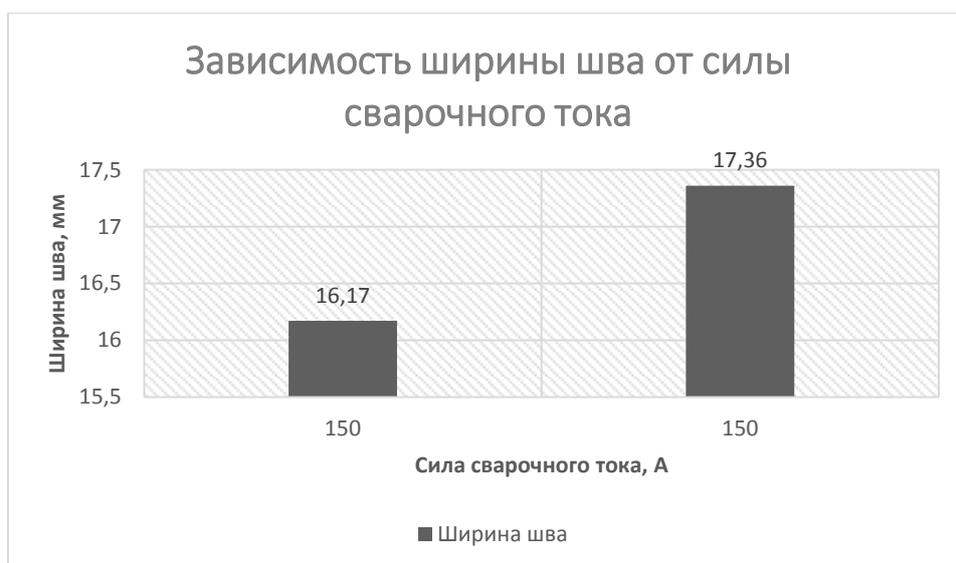


Рисунок 53 – Зависимость ширины шва образцов №3 и №6 от силы сварочного тока

На рисунке 53 видно, что ширина наплавленных валиков почти не отличается.

3.2 Результаты исследования химического состава

Исследования на содержания химических элементов производились по верхней границе и нижней границе наплавленного валика. При расчете среднего значения брались все точки. Схема выбора точек показана на рисунке 54.

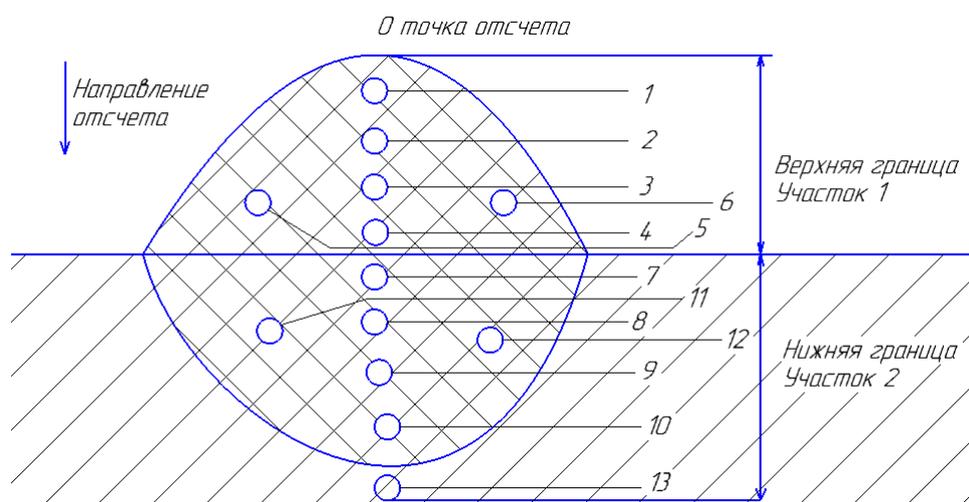


Рисунок 54 – Схема выбора точек для расчета среднего значения химического состава в верхней границе наплавленного валика

Содержание химических элементов в наплавленных валиках представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав наплавленных валиков

№ Образца	Способ сварки	Cr, %	Mn, %	Fe, %	Ni, %	Si, %
		Хром	Марганец	Железо	Никель	Кремний
1	РД	15,25	1,44	78,3	6,68	–
2	РД	12,97	1,40	79,7	5,7	0,23
3	РД	11,75	1,28	81,6	5,18	0,23
4	РД	11,92	11,34	81,33	5,16	0,25
5	Двухслойная РД	16,45	1,52	74,65	7,15	0,25
6	МАДП	19,81	1,97	68,47	8,94	0,80

Где РД – ручная дуговая сварка, МАДП – механизированная в среде Ar.

После получения средних данных по химическому составу были построены графики зависимости содержания химических элементов в образцах.

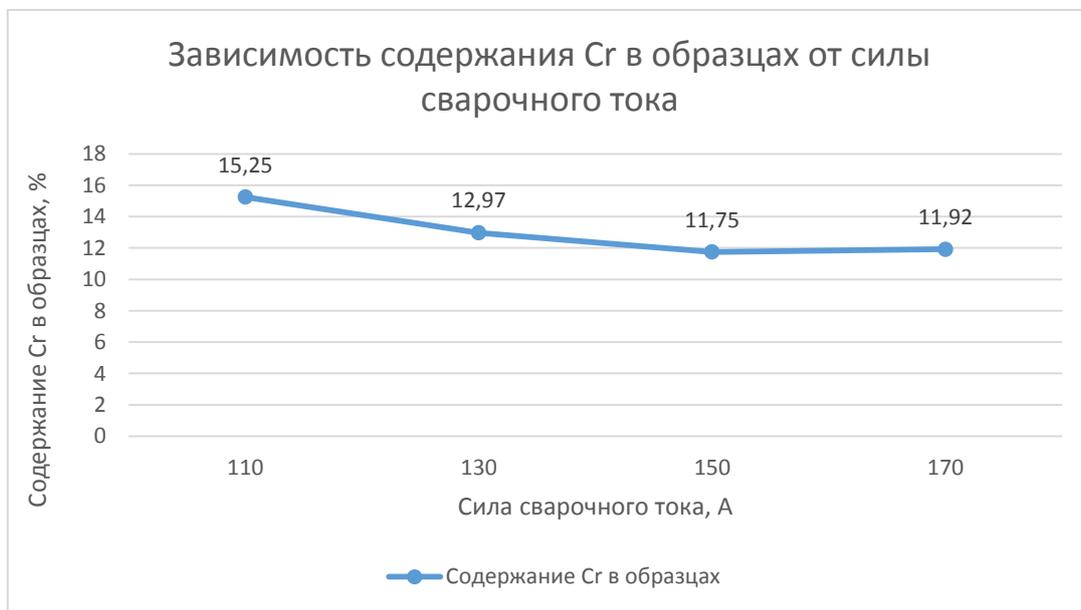


Рисунок 55 – График зависимости содержания Cr в образцах

На рисунке 55 показана зависимость содержания хрома от силы сварочного тока. Как известно хром повышает коррозионную стойкость, делает сталь нержавеющей.

С увеличением силы тока наплавки содержание хрома уменьшается. Это связано с тем, что хром при увеличении силы сварочного тока выгорает [44] [45].

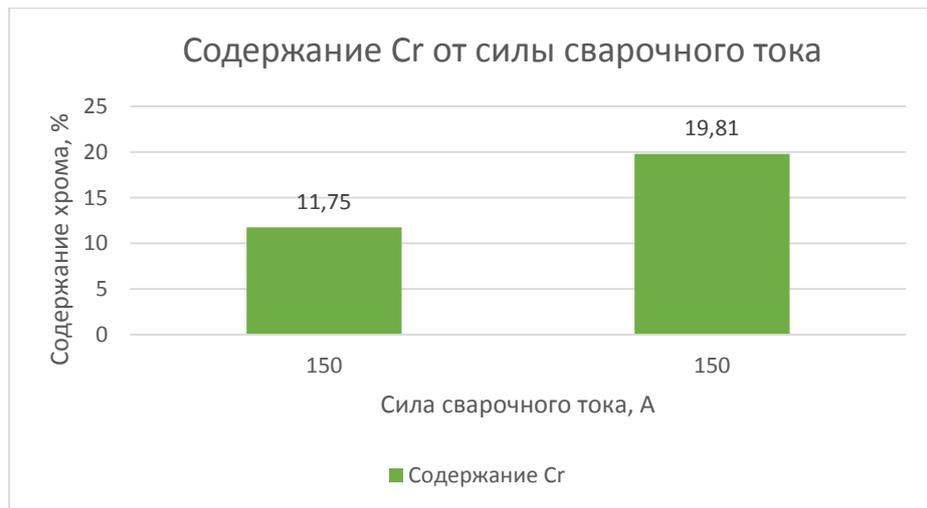


Рисунок 56 – Содержание хрома в образцах №3 и №6

На рисунке 56 показано содержание хрома в образцах №3 и №6.

Образец №3 получен ручной дуговой сваркой при $I_{св} = 150$ А. Образец №6 получен механизированной сваркой в среде аргона при $I_{св} = 150$ А.

Наличие хрома в образце №6 больше, чем в образце №3. Это связано с тем, что при сварке РД величина погонной энергии больше, чем при МП [1].

Выгорание хрома происходит интенсивнее, чем при сварке МП. При механизированной сварке величина глубины проплавления меньше, чем при РД, следовательно, переход легирующих элементов в основной металл минимален.

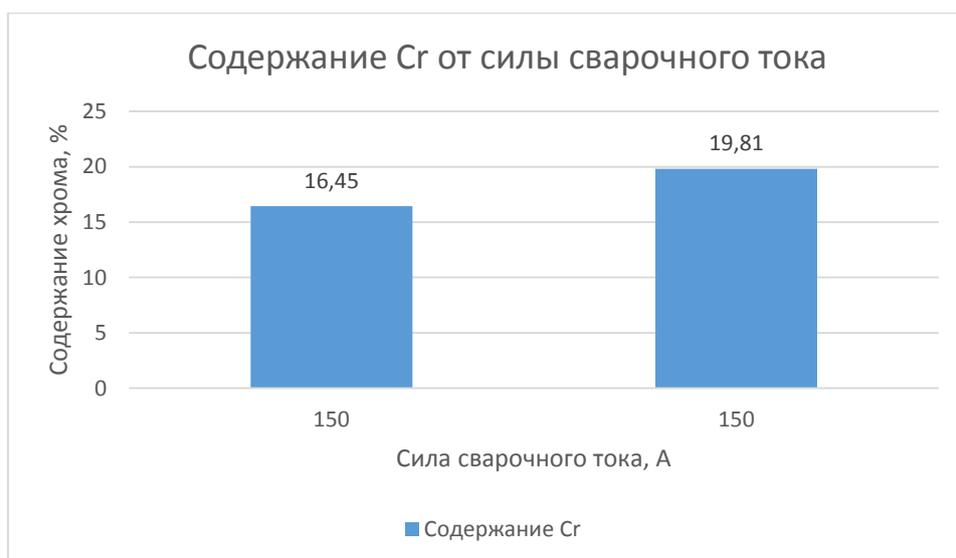


Рисунок 57 – Содержание хрома (Cr) в образце №5 и №6

На рисунке 57 сравнение содержания хрома в образце №5, выполненном на $I_{св} = 150$ А в два прохода и в образце №6, выполненным при помощи МП. Наличие хрома в образце №6 так же больше, чем в образце №5. Переход хрома при МП сварке минимален. В образце №5 большее проплавление, больший угар хрома в окружающую среду [44].

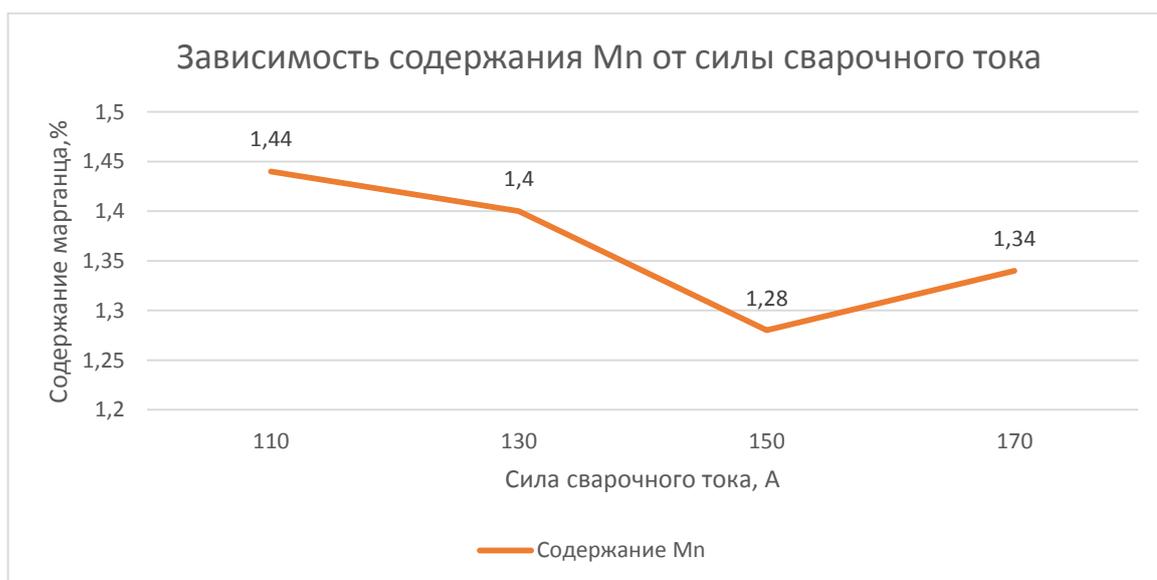


Рисунок 58 – График зависимости содержания Mn в образцах №1–№4

Марганец при содержании в стали более 1% увеличивает твердость, износостойчивость, почти не уменьшает пластичности.

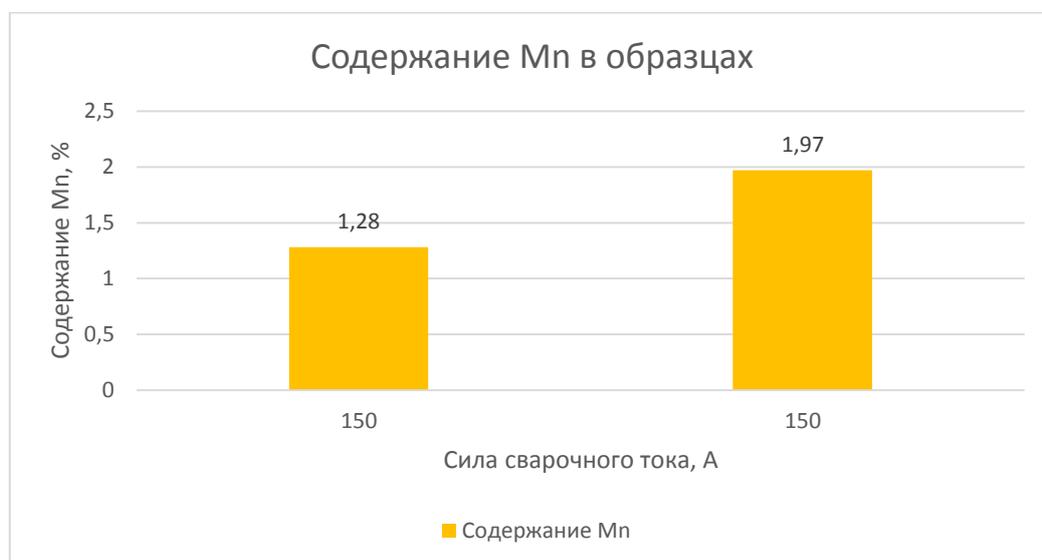


Рисунок 59 – Содержание марганца (Mn) в образцах №3 и №6

В образце № 6 содержание марганца (Mn) больше, чем в образце №3. Это связано с тем, что марганец активно окисляется при сварке. При сварке в защитных газов такого явления почти не происходит [67].

В образце №5 среднее содержание Mn 1,52%, в образце №6 содержание марганца 1,97 %. Перемешивание металла при двуслойной наплавке дает чуть повышенное содержание химического элемента. Но все же недостаточно защиты шлака для удержания марганца в сварочной ванне, как при сварке в защитных газах [17] [7].

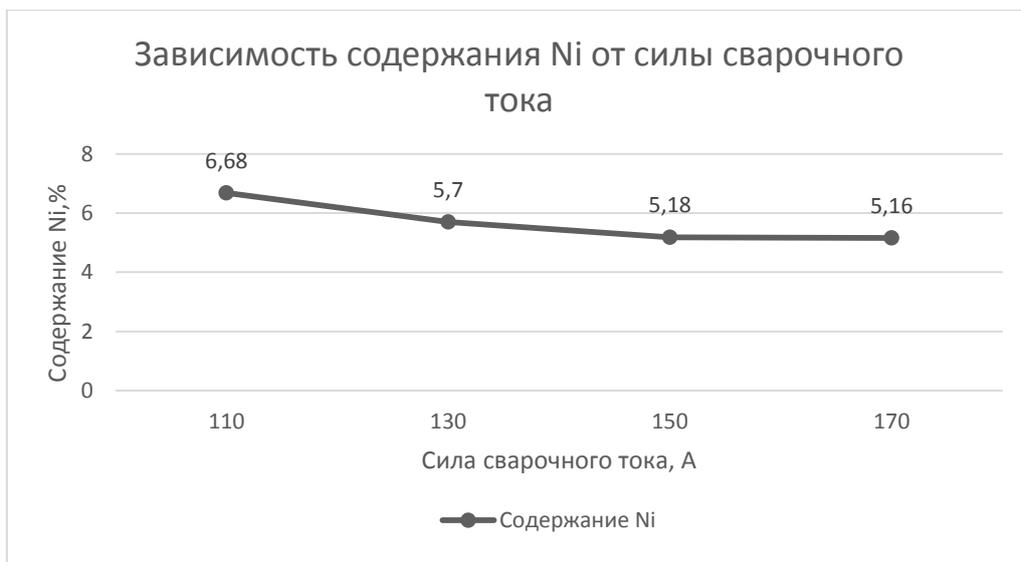


Рисунок 60 – График зависимости содержания Ni в образцах

Никель служит легирующей добавкой, повышающей коррозионную стойкость. Присутствие никеля Ni дает высокую прочность и пластичность.

С увеличением силы тока содержание никеля уменьшается, в связи его выгоранием при повышенных режимах наплавки покрытыми электродами.

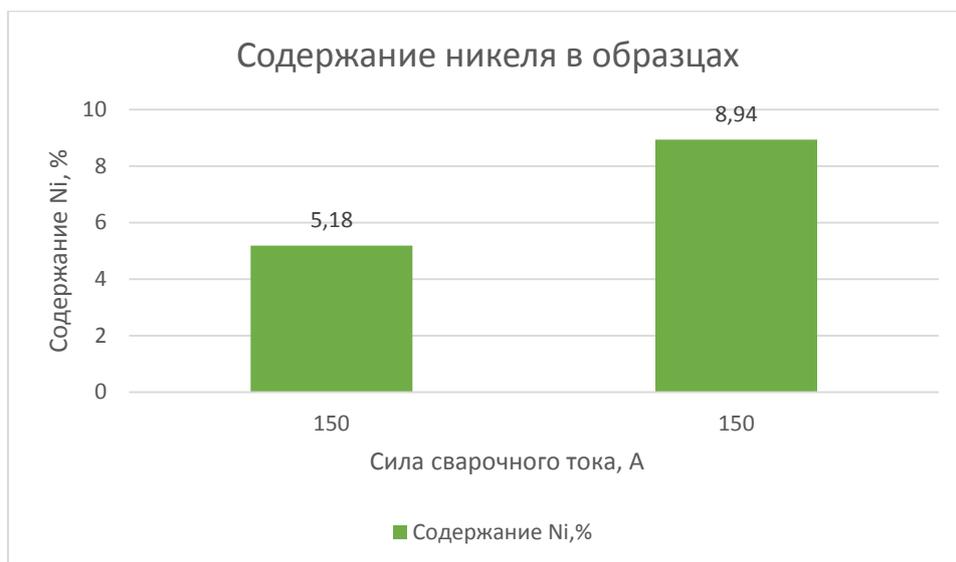


Рисунок 61 – Содержание Ni в образцах №3 и №6

Образец №3 выполнен при помощи РД, в нем содержание Ni меньше, чем в образце №6. Это обусловлено тем, что процесс механизированной сварки имеет меньшую погонную энергию и лучшую защиту сварочной ванны, следовательно, легирующие элементы будут меньше перемешиваться с основным металлом.

Никель в комбинации с Cr (хромом) повышает способность металла к термическому упрочнению. Присутствие никеля положительно сказывается на характеристиках стали.

В образце №5 содержание никеля равно 7,15 %.

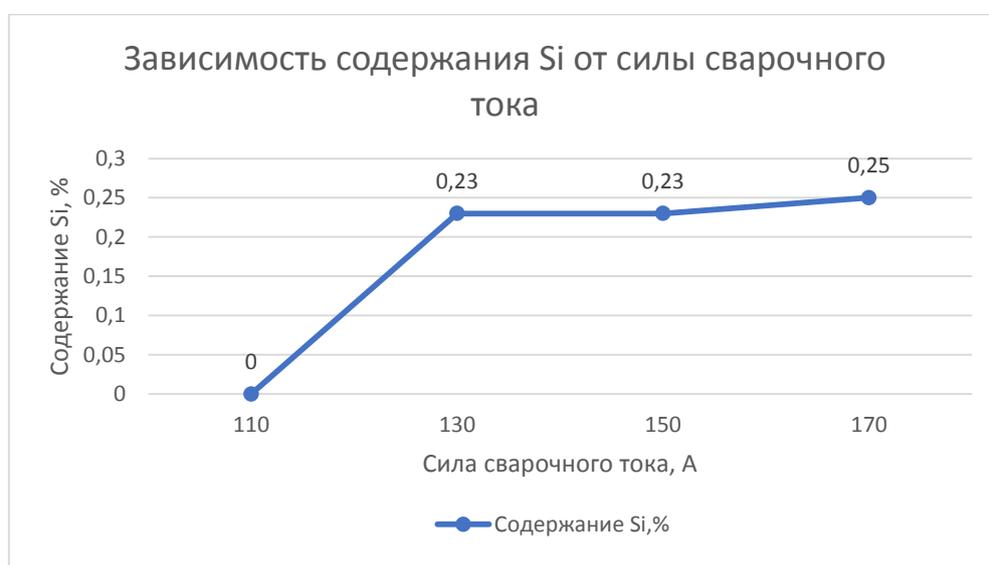


Рисунок 62 – График зависимости содержания Si в образцах

На рисунке 62 показана зависимость содержания Si (кремния) в образцах №1–№4.

Кремний один из активно окисляющихся металлов при сварке. Его вводят в сварочную ванну, с целью удалить кислород из жидкого металла. Но присутствие только лишь кремния дает тугоплавкий шлак, который препятствует выходу газов на поверхность. Поэтому в проволоке желательно содержание кремния и марганца [16].

В образце 6 содержание Si равно 0,8%. В образце № 3 содержание 0,23%.

В образце №5 содержание кремния 0,25%.

Кремний увеличивает упругость. При содержании более 1–1,45% увеличивает прочность, сохраняя вязкость.

Испытания на коррозионную стойкость наглядно покажут какой из образцов лучше сопротивляется агрессивным средам (солям, кислотам) или рабочей для задвижки (нефть).

3.3 Результаты исследований твердости наплавленных валиков

Твердость наплавленных валиков изменяется в пределах 196,6–408 НВ. Увеличение содержания хрома и никеля повышает твердость наплавленного металла. Это обусловлено наличием карбидов хрома в валиках. Результаты измерения твердости приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Твердость наплавленных валиков

№ Образца	Способ наплавки	Исв, А	Твердость в HRC (Роквелл)	Твердость в НВ (Бринелль)
1	РД	110	31,2	295
2	РД	130	42,8	399
3	РД	150	42,6	390
4	РД	170	43,2	408
5	Двухслойная наплавка РД	150	–	202,3
6	МАДП	150	–	196,6

Где РД – ручная дуговая сварка, МАДП – механизированная в среде Ar,
I_{св} – сила сварочного тока А.



Рисунок 63 – Твердость образцов, НВ

3.4 Результаты испытаний образцов на коррозионную стойкость.

Исследования коррозионной стойкости наплавленных валиков проводили в четырех средах: в воде (H₂O), в 3%-ом растворе соли (3% NaCl), в нефти и в 20% растворе соляной кислоты (20% HCl) в течение 1500 часов. Изменение веса образцов приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты испытаний на коррозионную стойкость

Среда	№ образца, г	Начальный вес, г	300 часов	600 часов	900 часов	1200 часов	1500 часов
нефть	1	1,993	1,993	1,993	1,993	1,993	1,993
20% HCl	1	1,859	1,835	1,810	1,762	1,718	1,703
H ₂ O	1	1,190	1,190	1,190	1,190	1,190	1,193

3% NaCl	1	1,638	1,637	1,635	1,632	1,631	1,630
нефть	2	2,319	2,319	2,319	2,319	2,319	2,319

Продолжение таблицы 8

20% HCl	2	1,767	1,750	1,744	1,738	1,714	1,654
H ₂ O	2	1,650	1,650	1,650	1,640	1,638	1,635
3% NaCl	2	1,345	1,345	1,344	1,342	1,343	1,340
20% HCl	3	2,654	2,588	2,582	2,547	2,516	2,481
нефть	3	2,741	2,741	2,741	2,741	2,741	2,741
3% NaCl	3	2,485	2,485	2,484	2,483	2,481	2,479
H ₂ O	3	1,365	1,364	1,364	1,364	1,364	1,364
нефть	4	2,862	2,862	2,862	2,862	2,862	2,862
20% HCl	4	1,908	1,891	1,888	1,862	1,826	1,798
H ₂ O	4	2,189	2,188	2,187	2,182	2,180	2,177
3% NaCl	4	1,733	1,734	1,731	1,727	1,727	1,724
20% HCl	5	3,175	2,865	2,652	2,317	2,016	1,711
нефть	5	1,899	1,899	1,899	1,899	1,899	1,899
3% NaCl	5	1,647	1,647	1,647	1,647	1,647	1,647
H ₂ O	5	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152
нефть	6	2,632	2,632	2,632	2,632	2,632	2,632
20% HCl	6.	1,696	1,610	1,560	1,512	1,480	1,443
H ₂ O	6	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488	1,488
3% NaCl	6	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302	1,302

Таблица 9 – Потеря массы при испытаниях на коррозию, %

Среда	№	Начальны	Потеря	Потеря	Потеря	Потеря	Потеря
-------	---	----------	--------	--------	--------	--------	--------

	образца, г	й вес, г	массы, % 300 часов	массы, % 600 часов	массы, % 900 часов	массы, % 1200 часов	массы, % 1500 часов
нефть	1	1,993	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 9

20% HCl	1	1,859	1,3	2,63	5,2	7,5	8,3
H ₂ O	1	1,190	0	0	0	0	0
3% NaCl	1	1,638	0,06	0,18	0,36	0,42	0,5
нефть	2	2,319	0	0	0	0	0
20% HCl	2	1,767	0,9	1,3	1,6	2,9	6,3
H ₂ O	2	1,650	0	0	0,6	0,7	0,9
3% NaCl	2	1,345	0	0,07	0,22	0,14	0,37
20% HCl	3	2,654	2,5	2,7	4,03	5,2	6,5
нефть	3	2,741	0	0	0	0	0
3% NaCl	3	2,485	0	0,04	0,08	0,16	0,24
H ₂ O	3	1,365	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
нефть	4	2,862	0	0	0	0	0
20% HCl	4	1,908	0,89	1,04	2,41	4,29	5,7
H ₂ O	4	2,189	0,04	0,09	0,32	0,40	0,54
3% NaCl	4	1,733	0	0,11	0,35	0,35	0,52
20% HCl	5	3,175	9,7	16,4	27	36,5	46
нефть	5	1,899	0	0	0	0	0
3% NaCl	5	1,647	0	0	0	0	0
H ₂ O	5	1,152	0	0	0	0	0
нефть	6	2,632	0	0	0	0	0
20% HCl	6	1,696	5,07	8,01	10,8	12,7	14
H ₂ O	6	1,488	0	0	0	0	0
3% NaCl	6	1,302	0	0	0	0	0

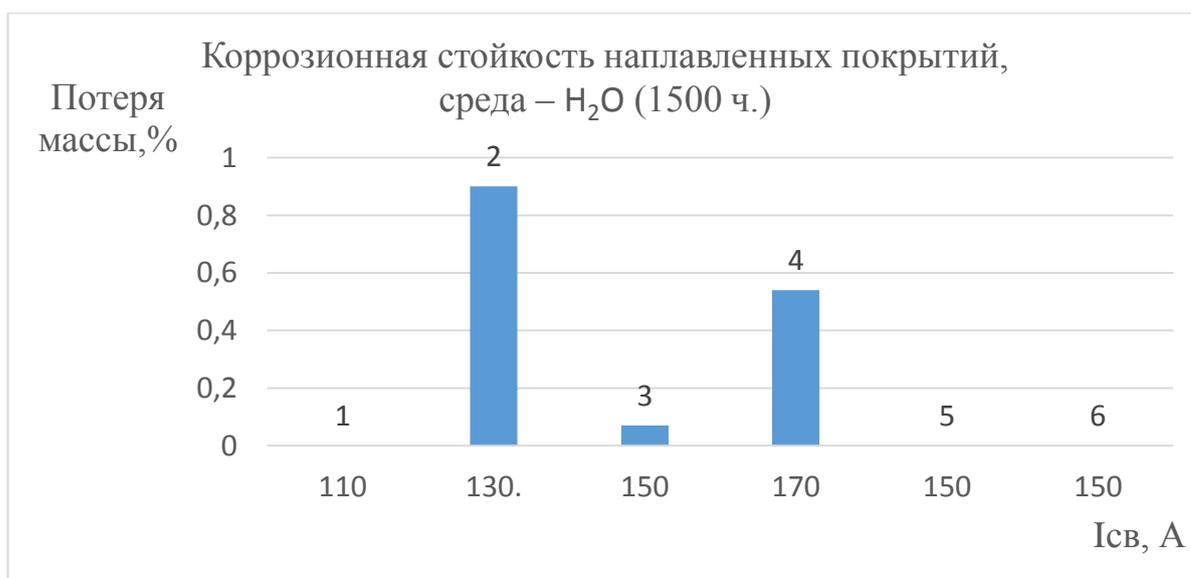
Коррозионная стойкость наплавленных покрытий в 20%НСl показана на рисунке 64.



где: 1 – образец, наплавленный ручной дуговой сваркой покрытым электродом (РД) $I_{св}=110A$; 2 – образец, наплавленный РД, $I_{св}=130A$; 3 – образец, наплавленный РД, $I_{св}=150A$; 4 – образец, наплавленный РД, $I_{св}=170A$; 5 – образец, наплавленный в два слоя РД, $I_{св}=150A$; 6 – образец, наплавленный в среде защитных газов, $I_{св}=150A$.

Рисунок 64 – Коррозионная стойкость наплавленных покрытий, среда – 20%НСl (1500 ч.)

Коррозионная стойкость наплавленных покрытий в H_2O показана на рисунке 65. Образцы №1, №5 и №6 не потеряли вес за 1500 часов.



где: 1 – образец, наплавленный ручной дуговой сваркой покрытым электродом (РД) I_{св}=110А; 2 – образец, наплавленный РД, I_{св}=130А; 3 – образец, наплавленный РД, I_{св}=150А; 4 – образец, наплавленный РД, I_{св}=170А; 5 – образец, наплавленный в два слоя РД, I_{св}=150А; 6 – образец, наплавленный в среде защитных газов, I_{св}=150А.

Рисунок 65 – Коррозионная стойкость наплавленных покрытий,
среда – Н₂О (1500 ч.)



где: 1 – образец, наплавленный ручной дуговой сваркой покрытым электродом (РД) $I_{св}=110\text{А}$; 2 – образец, наплавленный РД, $I_{св}=130\text{А}$; 3 – образец, наплавленный РД, $I_{св}=150\text{А}$; 4 – образец, наплавленный РД, $I_{св}=170\text{А}$; 5 – образец, наплавленный в два слоя РД, $I_{св}=150\text{А}$; 6 – образец, наплавленный в среде защитных газов, $I_{св}=150\text{А}$.

Рисунок 66 – Коррозионная стойкость наплавленных покрытий, среда – 3% NaCl (1500 ч.)

Коррозионная стойкость наплавленных покрытий в 3% NaCl показана на рисунке 66. Образцы №5 и №6 не потеряли свой вес за время испытаний.

За время испытаний все образцы, находящиеся в среде – нефть, не потеряли свой вес.

По результатам испытаний на коррозионную наплавленных валиков технологию наплавки, при помощи покрытых электродов и проволокой сплошного сечения, можно рекомендовать к получению коррозионностойких покрытий деталей арматуры, работающей с такими средами как H_2O (вода), 3% NaCl (растворы солей) и нефть. Применение наплавки для деталей задвижек, работающих с кислотами, не рекомендуется.

4 Описание технологии восстановления задвижки

Проведенные исследования показали возможность применения механизированной наплавки проволокой Св–06Х19Н9Т в среде защитного газа – аргона.

Технология восстановления арматуры состоит из следующих операций: разборка арматуры, промывка деталей, дефектация, механическая обработка, наплавка, механическая обработка, сборка деталей арматуры, испытание задвижки давлением [16].

4.1 Разборка арматуры

Разборка арматуры начинается с очистки загрязнений с поверхности крышки задвижки. Если задвижка стоит на трубопроводе под нее требуется установить ведро во избежание пролива остатков рабочей среды.

Следует убрать пыль, грязь с задвижки при помощи щетки–сметки и ветоши. При помощи инструмента ослабить крепежные болты фланцев крепления задвижки к трубопроводу. Раскручивание болтовых соединений производить снизу, оставив пару болтов сверху, для исключения падения арматуры. Придерживая задвижку открутить оставшиеся болты и снять арматуру, уложив ее на резиновую подкладку или специализированную тележку. Фланцы трубопровода очистить ветошью, установить на них специальные заглушки.

Крепеж задвижки сложить в поддон. Поддон положить в тележку с арматурой и увезти в ремонтную мастерскую.

Далее следует установить арматуру на верстак или в специальный стенд для разборки арматуры. Маховик должен находиться в вертикальном положении. Требуется ослабить и отвинтить гайки крепления нажимной планки. Вывести болты из планки. Поднять планку, грундбоксу и сальник вверх.

Поднять клин задвижки, вращая маховик или использовать специальный ключ. Клин требуется приподнять во избежание заклинивания внутри корпуса арматуры.

Открутить гайку крепления маховика. Снять маховик. Пометить гайки крепления крышки арматуры к корпусу задвижки белым маркером. Раскрутить гайки (рис.67).



Рисунок 67 – Откручивание гаек крышки задвижки

Раскрыть разъем между крышкой и корпусом арматуры при помощи малого монтажного лома. Крышку уложить на верстак. Снять паронитовую прокладку. Уплотнительные поверхности крышки и корпуса очистить от следов прокладки и загрязнений [10] [18].

Установить метки на затвор (клин), пометив его взаимное положение в корпусе (рис 68). Клин отсоединить от шпинделя арматуры и уложить на ветошь. Вывернуть шпиндель и уложить его на ветошь.

Установить клин в корпус арматуры для измерения натяга – перекрытия уплотнительных поверхностей клина и седел корпуса [18].

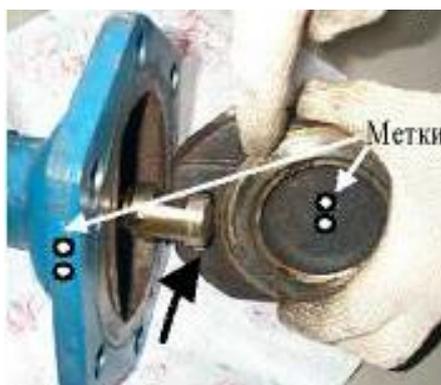


Рисунок 68 – Установленные метки

4.2 Промывка деталей арматуры

Промыть детали задвижки в 3–5% растворе каустической соды в воде. Части арматуры сначала промывать в горячем растворе, затем в горячей чистой воде. Детали после мойки сушить на ветоши. Более мелкие детали можно мыть в ручную, с соблюдением всех требований безопасности. В ручную детали моются щетками с применением бензина. После мойки промываются водой и сушатся на ветоши [18].

4.3 Дефектация

Дефектация производится с целью распределения деталей на годные и негодные (требующие ремонта). Производится внешний осмотр визуально при помощи луп измерительных 4 – 10 кратного увеличения.

Производится замер износа уплотнительных поверхностей при помощи измерительных инструментов, определяется пригодность деталей к ремонту. Взаимное расположение контролируется при помощи специальных приборов.

Не допускается наличие раковин, сколы глубиной 1,5 мм в любом количестве. Трещины, расслоения недопустимы.

Шпиндель не должен иметь коррозию, иметь ровную геометрию. Биение шпинделя не более 0,05 мм. Резьбовые соединения должны быть целыми без выбоин и сколов. Гайки должны легко накручиваться и откручиваться.

Установленные бракованные детали следует заменить на новые.

4.4 Механическая обработка

Перед наплавкой уплотнительных поверхностей следует снять 1 мм поверхности деталей. Поверхность должна быть ровной и не иметь выбоин, сколов и раковин. Операцию предварительной механической обработки проводят на станке ГАКС-Л-1 (СПА). На данном станке клин и корпус обрабатываются как до наплавки, так и после нее [18].



Рисунок 69 – Клин, подготовленный к наплавке

4.5 Наплавка уплотнительных поверхностей

Наплавку уплотнительных поверхностей задвижки проводят на очищенных и подготовленных деталях. Если уплотнительные поверхности в корпусе арматуры имеют износ, то они тоже подвержены процессу восстановления [19].

Для восстановления методами дуговой сварки будет использована механизированная сварка в среде защитного газа аргона. Данный способ показал, что восстанавливая детали с помощью МП (механизированной наплавки плавящимся электродом) можно получить качественный коррозионностойкий слой [1] [16].

Процесс производят в н нижнем положении. В качестве источника питания можно рекомендовать Полуавтомат Kemppi FastMig KMS 500. Данный полуавтомат обладает хорошими характеристиками, позволяющими тонко регулировать процесс наплавки.

В качестве наплавляемого материала следует использовать сварочную проволоку Св–06Х19Н9Т.

Данная проволока рекомендована к применению для сварки ответственных деталей и конструкций из аустенитных сталей.

По результатам испытаний данная проволока показала наилучшие показатели по коррозионной стойкости. Замер геометрических параметров, показал, что при таком способе достаточно одного наплавленного слоя, так как при одном проходе глубина проплавления минимальна, а высота усиления выше, чем у валиков, полученных РД.

Режим наплавки: $I_{св} = 150$ А (ток сварки), $U_{д} = 23,5$ В (напряжение на дуге), диаметр сварочной проволоки 1,2 мм. Скорость подачи проволоки $V_{п/п} = 4,9$ м\мин. Расход защитного газа (Q з.г.) = 15 л/мин.

Наплавка производится по окружности, с радиальным направлением (рис.70).

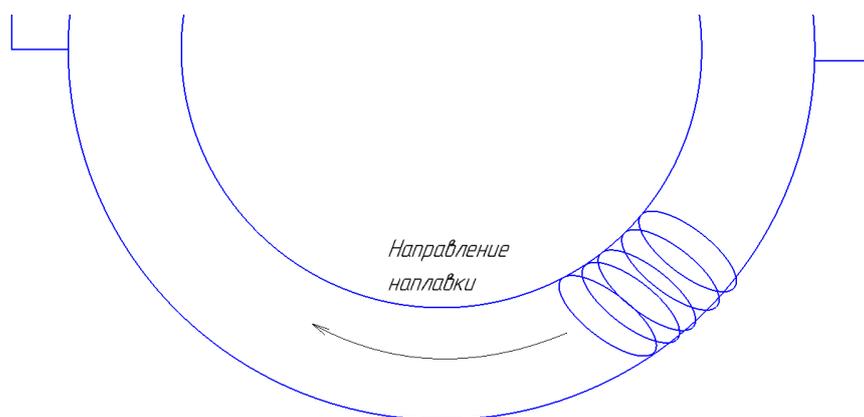


Рисунок 70 – Схема наложения валиков на клин задвижки

Первому валику, наложенному на изношенный металл, следует остыть до температуры 20 °С и только после этого можно начать наносить следующий валик, который перекрывал предыдущий на $\frac{1}{3}$ предыдущий. Измерить температуру можно при помощи контактного термометра ТК–5.

4.6 Механическая обработка клина и корпуса арматуры

После выполнения наплавочных работ требуется чтобы деталь остыла до температуры 20 °С. Далее можно проводить механическую обработку.

Механическая обработка производится на специальном станке ГАКС-Л-1 (СПА). Станок предназначен для выполнения работ по обработке резанием деталей арматуры. Является универсальным станком, на котором можно, как и точить, так и совершать притирку и финишную доводку.

Для обеспечения ровной поверхности следует снять слой металла величиной 2 мм с наплавленной поверхности клина. После операции точения производится притирка. Притирка дает непроницаемость восстановленных поверхностей. Не допускается наличие вмятин, царапин и т.д. В качестве материала следует использовать эльборовые пасты или корунд [27].



Рисунок 71 – Притертый клин

4.7 Сборка и гидроиспытания арматуры

После проведения всех работ по восстановлению задвижку следует собрать. Сборка производится в обратном порядке, описанным в пункте 4.1.

Гидроиспытания задвижек производят с целью выявления дефектов и протечек при определенном давлении.

Следует установить задвижку на установку, проверить водой давлением 2 Мпа. Источником давления воды служит специальный насос, входящий в состав комплексной установки. На таком стенде можно увидеть визуально капли воды в местах протечек, а также объем утечек [27]. Определить по манометру давление утечки. Недопустим пропуск воды затвором при давлении 2 Мпа [27].



Рисунок 72 – Установка для гидроиспытаний

Заключение

Проведенные исследования процессов наплавки хромоникелевых сталей на углеродистые стали позволяют применять данные покрытия в качестве уплотнения на деталях арматуры (клина и уплотнительных поверхностях корпуса арматуры).

Однако большое содержание легирующих элементов в наплавленном металле требует применение способов наплавки с меньшей погонной энергией и лучшей защитой сварочной ванны от окружающей среды.

Наносить такие покрытия лучше при помощи механизированной сварки в среде защитных газов.

По полученным данным механические и эксплуатационные свойства наплавленного металла, полученного механизированной сваркой выше, чем у металла нанесенного при помощи покрытых электродов.

Выводы

1) Самый распространенный тип трубопроводной арматуры, устанавливаемой на магистральные и технологические трубопроводы – это запорная арматура (задвижки).

2) Анализ дефектов задвижек показал, что дефекты могут быть, как и конструктивного характера, так полученные в процессе работы изделия.

3) Анализ способов восстановления арматуры показал, что применение новых прогрессивных технологий для получения наплавленных слоев, с заданными качествами и последующей механической обработкой, намного сложнее в исполнении и дороже. Поэтому была выбрана механизированная сварка в среде защитных газов и сварка покрытыми электродами.

4) Исследование процессов наплавки хромоникелевых сталей на углеродистую сталь Ст 3 с использованием электродов ЦЛ–11 и проволоки Св-06Х19Н9Т, показали, что наплавка на одном и том же $I_{св} = 150$ А, дает

разные геометрические параметры наплавленных валиков. Применение двухслойной наплавки не дает высоты наплавленного металла, требующегося на дальнейшую механическую обработку, такого как у валика, полученного механизированной наплавкой в среде аргона. Исходя из этого выбрана механизированная наплавка.

5) Установлено, что легирующие элементы, содержащиеся в проволоке положительно сказываются на характеристиках металла. Содержание хрома (Cr) и никеля (Ni) в наплавленном металле повышают твердость. Твердость образцов в пределах 196,6–408 НВ.

6) Испытания на коррозионную стойкость в различных средах, показали, что наплавленный металл образцов не теряет веса за 1500 часов в таких средах как нефть и вода, растворы солей. Поэтому данную технологию можно рекомендовать к применению в задвижках, работающих с рабочей средой – нефтью.

7) Проведенные исследования позволили разработать технологию восстановления клиновой задвижки.

Список используемых источников

1. ГОСТ 33258-2015. Арматура трубопроводная. Наплавка и контроль качества наплавленных поверхностей. Технические требования [Текст]. – Введ. 2015-03-27. – М.: Стандартиформ, 2016. – 46 с.
2. ГОСТ 9544-2005. Арматура трубопроводная запорная. Классы и нормы герметичности затворов [Текст]. – Введ. 2008-04-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 16 с.
3. ГОСТ 5762-2002 Арматура трубопроводная промышленная. Задвижки на номинальное давление не более PN 250. Общие технические условия [Текст]. – Введ. 2003-07-01. – М.: Стандартиформ, 2000. – 29 с.
4. Ельцов, В. В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов. : учебное пособие / В. В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2012 – 176 с.
5. Мельников В.А. Дефекты клиновых задвижек магистрального трубопровода / В.А. Мельников, Г.М. Короткова // Сварка-пайка-обработка материалов давлением: сборник материалов XIV и XV студенческих научно-технических конференций / под ред. В.В. Ельцова, А.С. Климова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2019. – 218 с.: обл.
6. Гумеров, А. Г. Эксплуатация оборудования нефтеперекачивающих станций / А. Г Гумеров., Р. С. Гумеров, А. М. Акбердин. – М.: Недра, 2001. – 470 с.
7. СТО Газпром 2-4.1-212-2008. Общие технические требования к трубопроводной арматуре, поставляемой на объекты ОАО "ГАЗПРОМ". [Текст]. – Введ. 2008-0614. – М.: ООО «Информационно-рекламный центр газовой промышленности», 2008 – 85 с.
8. Борисенкова Е. А. Причины преждевременного выхода из строя клиновых задвижек на нефтяных месторождениях Российской Федерации // Вестник арматурщика № 7 (27). – 2015. – С. 46- 48.
9. Борисенкова Е. А., Веревкин А. Г., Борисенкова Т. А. Современный подход к выбору материалов для изготовления

нефтегазопроводных труб в зависимости от преобладающего механизма коррозии // Черная металлургия № 12 (1380). – 2014 – С. 47– 51.

10. Сейнов С.В. Трубопроводная арматура. Исследование. Производство. Ремонт. / С. В. Сейнов – М.: Машиностроение, 2002. - 392 с.

11. Сейнов С.В. Участки для ремонта арматуры: справ. пособ. / С. В. Сейнов. – М.: Инструмент, 2003. – 136 с.

12. Опыт применения технологии лазерной наплавки для реновации уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Балдаев Л. Х., Степин В. С., Грачев О. Е., Киселев М. А. // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2014. – № 2 (71). – С. 96–98.

13. Переплетчиков, Е. Ф. Плазменно-порошковая наплавка деталей запорной арматуры различного назначения / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 4. – С. 57–61.

14. Грачев О. Е., Бобошко В. А. Новые технологии нанесения покрытий на детали трубопроводной арматуры для энергетики // Технологии обработки поверхности. – 2013. – № 4 (65). – С. 60–63.

15. Татаринев Е. А. Лазерная наплавка элементов запорной арматуры // Известия ТулГТУ. Технические науки. Машиностроение и материаловедение. – 2017. – Вып. 11. Ч. 1. – С. 101–107.

16. ГОСТ 10052–75 Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 10 с.

17. ГОСТ 9466–75 Electroды покрытые металлические для ручной дуговой сварки сталей и наплавки. Классификация и общие технические условия [Текст]. – Введ. 1976-01-01 М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 43 с.

18. РД 153-34.1-39.603-99. Руководство по ремонту арматуры высоких параметров. – Введ. 2000-11-01. –М.: СПО ОРГРЭС, 2000. – 66 с.

19. Гошко, А. И. Арматура трубопроводная целевого назначения. Выбор. Эксплуатация. Ремонт / А. И. Гошко. – М.: Машиностроение, 2003. – 432 с.
20. СТ ЦКБА 053-2008 Арматура трубопроводная. Наплавка и контроль качества наплавленных поверхностей. Технические требования. – Введ. 2009-01-01. – М.: НПФ «ЦКБА», 2008. – 65 с.
21. Алексеенко М.Ф. Структура и свойства теплостойких конструкционных и нержавеющей сталей. – М.: Оборонгиз, 1962. – 215 с.
22. Сорокин, В.Г. Марочник сталей и сплавов / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А. Вяткин и др. - М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
23. Марочник сталей и сплавов. 2-е изд., доп и испр. / А.С. Зубченко, М.М.Колосков, Ю.В. Каширский и др. Под общей ред. А.С. Зубченко – М.: Машиностроение, 2003. 784 с.: илл.
24. Кижнер А.Х. Ремонт трубопроводной арматуры электростанций: Учеб. пособие для проф. обучения рабочих на производстве. — М.: Высш. школа, 1986. — 144 с., ил.
25. Лучкин Р.С. Работоспособность сварных соединений и узлов (курс лекций) / Р. С. Лучкин. – Тольятти: ТолПИ, 1999. – 167 с.
26. ГОСТ 21449-75 Прутки для наплавки. Технические условия [Текст]. – Введ. 1977-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 11 с.
27. СТ ЦКБА-ГАКС 099-2011 Арматура трубопроводная. Ремонт. Организация ремонта и общее руководство по ремонту. – Введ. 2012-01-01. – М.: ЗАО НПФ ЦКБА, 2011 – 87 с.
28. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: Учебник для вузов. – 2-е изд. испр. и доп. / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков и др., под ред. А. И. Акулова. – М.: Машиностроение, 2003. – 560 с.
29. Балдаев, Л. Х. Опыт применения технологии лазерной наплавки для реновации уплотнительных поверхностей запорной арматуры / Л. Х.

Балдаев, В. С. Степин, О. Е. Грачев, М. А. Киселев // Трубопроводная арматура и оборудование. – № 1. – 2015.

30. Потапьевский, А. Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом / А. Г. Потапьевский. – М.: Машиностроение, 1974. – 240 с.

31. Sekhar N. C. and Hilton P. A., TWI, and Tilsley M., Magnox Generation BNFL, Berkeley, Gloucestershire, GL139PB, UK. Remote crack repair welding in steels using high power Nd: YAG lasers. / Presented at ICALEO 2000, 19th International Congress on Applications of Lasers and Electro-Optics, Hyatt Regency, Dearborn, Michigan, USA, 2–5 October 2000.

32. Борисенкова Е. А., Сачкова Е. Н., Иоффе А. В. О механизме микробиологической коррозии сталей нефтепромыслового оборудования в условиях эксплуатации и в лаборатории // Вестник СамГТУ № 3 (39). – 2013 – С. 99- 104

33. Гриб В. В. Диагностика технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса магистральных нефтегазопроductопроводов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. – 50 с.

34. Семенов С. Е., Рыбаков А. А., Кирьян В. И. и др. Экспериментальная оценка состояния металла длительно работающих нефтепроводов. – Автоматическая сварка. 2001. № 5. С. 14–18.

35. Slazak, B. Process Stability Evaluation of Manual Metal Arc Welding Using Digital Signals / B. Slazak, J. Slania, T. Węgrzyn, A. P. Silva // Materials Science Forum. – 2013. – Vol. 730–732. – P. 847–852.

36. Saraev, Y.N. Study of the stability of electrode metal melting and transfer in the process of consumable electrode welding powered by supplies with differing dynamic characteristics / Y.N. Saraev, D.A. Chinakhov, D.P. Il'yashchenko, A.S. Kiselev, A.S. Gardiner, and I.V. Raev // AIP Conf. Proc. 2016. – № 1783 (020196).

37. Медовар, Б.И. Электродуговая сварка аустенитных сталей / под ред.: А.Е. Асниса, А.А. Казиминова, Б.Е. Патона (ответственный редактор). – Москва: Машиностроение, 1976. – 99 с.

38. Медовар, Б.И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей. – Москва: МАШГИЗ, 1958. – 340 с.
39. Александров, А.Г. Влияние феррита на коррозионную стойкость аустенитно-ферритного наплавленного металла / А.Г. Александров, П.П. Лазебнов // Автоматическая сварка. – 1983. – № 10. – С. 70–71.
40. Александров, А.Г. Влияние иттрия на коррозионную стойкость сварных соединений стали 12Х18Н10Т / А.Г. Александров, П.П. Лазебнов, Ю.Н. Савонов и др. // Сварочное производство. – 1982. – № 2. – С. 12–14
41. Теория сварочных процессов: учебник для вузов / под ред. В.М. Неровного. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 752 с.
42. Крампит, А.Г. Методика определения геометрических размеров и площади сварного шва / А.Г. Крампит, Н.Ю. Крампит // Сварочное производство. – 2012. – № 10 – С. 40–42.
43. Кусков В.Н., Обухов А.Г., Мамадалиев Р.А. Влияние режима на переход хрома в наплавленный металл при сварке стали 20х13 / Кусков В.Н., Обухов А.Г., Мамадалиев Р.А. // Омский научный вестник. – 2013.– №2.– С. 54-56.
44. Мамадалиев Р.А., Кусков В.Н., Галинский А.А. Влияние источника нагрева на легирование наплавленного металла при получении соединений высоколегированных сталей // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-3. – С. 515-518;
45. Лившиц, Л. С. Металловедение для сварщиков: сварка сталей / Л. С. Лившиц. — М.: Машиностроение, 1979. –253 с.
46. V. V. Ivanov, A. V. Oleinikov, D. S. Denisevich, and B. G. Pektimirov Emergency shut-off valve for pipelines [Электронный ресурс] / Ivanov V. V., Oleinikov A. V., Denisevich D. S., and Pektimirov B. G. /. – Электрон. текстовые дан. – Springerlink, 2013. – режим доступа к ресурсу: <https://www.springerlink.com/> – (дата обращения 10.04.2020).
47. V. V. Burenin. Pipeline stop valves for chemical, oil refining, and petrochemical plants [Электронный ресурс] / Burenin V. V. – Электрон.

текстовые дан. – Springerlink, 2002. – режим доступа к ресурсу: <https://www.springerlink.com/> – (дата обращения 10.04.2020).

48. G. V. Mamontov. New developments in oil refinery and tank valves [Электронный ресурс] / Mamontov G. V. – Электрон. текстовые дан. – Springerlink, 1967. – режим доступа к ресурсу: <https://www.springerlink.com/> – (дата обращения 10.04.2020).

49. I. N. Karelin Improving the design reliability of petroleum pipeline components on repair [Электронный ресурс] / Karelin G. V. – Электрон. текстовые дан. – Springerlink, 2005. – режим доступа к ресурсу: <https://www.springerlink.com/> – (дата обращения 10.04.2020).

50. V. A. Korotkov More Efficient Surfacing [Электронный ресурс] / Korotkov V. A. – Электрон. текстовые дан. – Springerlink, 2017. – режим доступа к ресурсу: <https://www.springerlink.com/> – (дата обращения 10.04.2020).

51. Liu, W., Ma, J., Atabaki, M.M. et al. Hybrid Laser-arc Welding of 17-4 PH Martensitic Stainless Steel. Lasers Manuf. Mater. Process. 2, 74–90 (2015).

52. Dudek, A., Wronska, A. & Adamczyk, L. Surface remelting of 316 L + 434 L sintered steel: microstructure and corrosion resistance. J Solid State Electrochem 18, 2973–2981 (2014).

53. Sadeghi, E., Markocsan, N. & Joshi, S. Advances in Corrosion-Resistant Thermal Spray Coatings for Renewable Energy Power Plants. Part I: Effect of Composition and Microstructure. J Therm Spray Tech 28, 1749–1788 (2019).

54. Westin, E.M., Schnitzer, R., Ciccomascolo, F. et al. Austenitic stainless steel bismuth-free flux-cored wires for high-temperature applications. Weld World 60, 1147–1158 (2016).

55. Wang, L., Wei, Z., Yao, S. et al. Sealing Performance and Optimization of a Subsea Pipeline Mechanical Connector. Chin. J. Mech. Eng. 31, 18 (2018).

56. Stützer, J., Zinke, M. & Jüttner, S. Erratum to: Studies on the pore formation in super duplex stainless steel welds. *Weld World* 61, 635 (2017).
57. A Hosseini, V., Hurtig, K., Eyzop, D. et al. Ferrite content measurement in super duplex stainless steel welds. *Weld World* 63, 551–563 (2019)
58. Kadoi, K., Fujinaga, A., Yamamoto, M. et al. The effect of welding conditions on solidification cracking susceptibility of type 310S stainless steel during laser welding using an in-situ observation technique. *Weld World* 57, 383–390 (2013).
59. J. Cao, Y. Gong, K. Zhu, Z.G. Yang, X.M. Luo, F.M. Gu, Microstructure and mechanical properties of dissimilar materials joints between T92 martensitic and S304H austenitic steels, *Mater. Des.* 32 (5) (2011) 2763–2770.
60. Westin, E.M., Schnitzer, R., Ciccomascolo, F. et al. Austenitic stainless steel bismuth-free flux-cored wires for high-temperature applications. *Weld World* 60, 1147–1158 (2016).
61. Dömstedt, P., Lundberg, M. & Szakalos, P. Corrosion Studies of Low-Alloyed FeCrAl Steels in Liquid Lead at 750 °C. *Oxid Met* 91, 511–524 (2019).
62. Ishigami, A., Roy, M.J., Walsh, J.N. et al. The effect of the weld fusion zone shape on residual stress in submerged arc welding. *Int J Adv Manuf Technol* 90, 3451–3464 (2017).
63. Putz, A., Althuber, M., Zelić, A. et al. Methods for the measurement of ferrite content in multipass duplex stainless steel welds. *Weld World* 63, 1075–1086 (2019).
64. Sorour, A.A., Chromik, R.R. & Brochu, M. Tribology of a Fe–Cr–B-Based Alloy Coating Fabricated by a Controlled Short-Circuit MIG Welding Process. *Metallogr. Microstruct. Anal.* 2, 223–233 (2013).
65. Ковтунов А.И., Плахотный Д.И., Стародубцев А.Д. Структура и свойства наплавленных сплавов системы никель-алюминий // Сварочное производство. 2015. №8. С. 35-37

66. Ковтунов А.И., Семистенова Т.В., Острячко А.М. Жаростойкие покрытия на основе сплавов системы Cr-Al // Упрочняющие технологии и покрытия. 2017. №3. С. 135-138.

67. Федоров А.Л., Ельцов В.В. Восстановление деталей машин нанесением пайкой антифрикционных покрытий // Прогрессивные технологии в современном машиностроении. Композиционные строительные материалы. Теория и практика. : сборник статей XIII Международной научно-технической конференции, Пенза, 27-28 июня 2018 г. [под ред. Е. А. Чуфистова]. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2018. С. 83-87.