

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)

22.04.01. «Материаловедение и технология новых материалов»

(код и наименование направления подготовки)

«Сварка и пайка новых металлических и неметаллических неорганических материалов»

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Исследование технологии ремонта задвижек на нефтепроводах»

Студент

А.А. Пузанов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, К.В. Моторин

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

Содержание

Введение.....	3
1 Состояние вопроса – Исследование технологии ремонта шибберных задвижек на нефтепроводах.....	5
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации.....	5
1.2 Обслуживание и ремонт шибберной задвижки.....	17
1.3 Анализ свойств материала изделия	21
1.4 Базовый вариант ремонтной наплавки.....	30
1.5 Анализ возможных способов ремонтной наплавки.....	33
2 Методика проведения исследования по ремонтной наплавке.....	42
2.1 Подготовка оборудования, материалов и рабочего места	42
2.2 Подготовки поверхности детали к наплавке	44
2.3 Подготовки материалов к наплавке	46
2.4 Сборка и закрепление и подготовка детали	48
2.5 Процесс наплавки	48
2.6 Контроль качества и исследование характеристик наплавленной детали	50
3 Проведение исследования по наплавке.....	52
3.1 Подготовка к проведению исследования	52
3.2 Проведение процесса наплавки	57
3.3 Контроль качества и исследование наплавленных деталей.....	58
3.4 Анализ полученных результатов испытаний	64
Заключение.....	69
Список используемых источников.....	71

Введение

Шиберные задвижки – одна из разновидностей запорной арматуры, которая применяется для регулировки движущихся потоков жидкости, газовых или смешанных потоков, в разных промышленных и бытовых сферах. Задвижки шиберные – элемент, который необходим для создания надежного трубопровода или систем перекачивания рабочих сред, которые включают твердые гранулы, различные примеси и другие аналогичные компоненты. Высокие технические характеристики, простота конструктивного исполнения и удобство эксплуатации, а также очень широкий спектр возможности применений – все это является залогом высокого спроса продукции крупнейших производителей трубопроводной арматуры. Шиберные заслонки, возможно, являются одним из самых востребованных вариантов исполнения запорной арматуры с расширенными уникальными возможностями. На схемах, задвижки обозначены как два горизонтально ориентированных треугольника, расположенных вершинами друг к другу и разделенных вертикальной чертой.

Шиберная задвижка конструктивно отличается от других видов задвижек исполнением запорного элемента. Основное ее отличие в том, что в ней используется металлическая пластина (шибер) или клин, целью которых является разделение различных включений в жидкости движущейся внутри корпуса задвижки. Следовательно, наиболее частое применение этого типа задвижек: в нефтегазовой области, целлюлозно-бумажной и др. [17].

Задвижки, и в наибольшей части сам запорный элемент – шибер, сильно подвержены коррозии и абразивному износу, в связи с тем, что часто находятся в агрессивной среде. В результате данного износа снижается герметичность затвора, возможно заклинивание механизма, что может повлечь за собой как опасность для целостности конкретной магистрали, так и всего трубопровода в целом. В том числе, простой магистрали в связи с

такими неисправностями, влечёт за собой высокие экономические потери, поэтому минимизация срока простоя, и надёжность конструкции являются важным условием для стабильной работы любого трубопровода. Для защиты от коррозии, задвижки выполняются из коррозионно-стойких сплавов, или с применением газотермического напыления и плазменной наплавки коррозионно-стойких металлических покрытий, что возможно встретить как в заводском исполнении задвижки, так и в результате нанесения таких покрытий при ремонтных работах и с целью упрочнения детали. Для увеличения длительности и надёжности эксплуатации данного вида запорной арматуры, требуется современный и качественный метод ремонта запорного элемента – шибера.

Объектом исследования в данной работе выступает непосредственно сам запорный элемент данного вида арматуры – шибер, материал из которого он изготовлен и его свойства. Предметом исследования будет являться рассмотрение существующих видов ремонтной наплавки, выбор разновидности, которой будет проведена наплавка в рамках данного исследования, проведение наплавки на материал из которого изготовлена шиберная задвижка и анализ результатов проведённого эксперимента.

В связи с указанными высокими требованиями к надёжности и долговечности работы запорной арматуры на нефтепроводах, высока актуальность данной темы исследования. Задачи, которые следует выполнить, это провести ряд испытаний по ремонтной наплавке материала, который используется в задвижке, провести в лаборатории исследования наплавленного слоя методами разрушающего и неразрушающего контроля, провести анализ результатов лабораторного контроля и проведения эксперимента в целом, и на основе анализа сделать вывод о наиболее целесообразном способе ремонта. Поэтому целью исследования в данной работе будет являться выбор наиболее подходящего варианта ремонтной наплавки шибера задвижки, и соответственно выбор наиболее качественного материала для наплавки.

1 Состояние вопроса – Исследование технологии ремонта шиберных задвижек на нефтепроводах

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Задвижка шиберная представляет собой заслонку (затвор) – плоскую или же клиновидную – перекрывающую поток жидкости (газа) перпендикулярно его течению. В зависимости от положения элемента, возможно полное или частичное перекрытие трубопровода.

Конструкция данного вида запорной арматуры предполагает наличие конструктивных элементов – кроме самого ножа (шибера) – седла, стойки, шпинделя, маховика, уплотнителей и других, в зависимости от конкретной модели (рисунок 1). Все данные элементы прикреплены к корпусу или располагаются внутри него.

По классификации ГОСТ 24856-2014, определением шиберной задвижки является вся запорная арматура для трубопроводов, имеющая форму параллельных заостренных пластин с запирающим элементом [7]. Главная задача данной арматуры - в перекрытии, или ограничении потока содержимого трубопровода (нефти, воды, газа или другой рабочей среды). Часто шиберные задвижки используют для управления потоком среды, который имеет вязкую или тяжёлую консистенцию.



Рисунок 1 – Внешний вид шиберной задвижки [27]

Арматура с ручным приводом или с электромеханическим, уплотнением затвора в виде «металл-металл» рассчитана для монтажа в фонтанную арматуру или трубопроводы, используется как запорное устройство для полного перекрытия (открытия) потока проходящей в трубопроводе среды.

Шиберные задвижки классифицируются следующим образом:

- от состава скважинной среды;
- от конструкции уплотнения штока: беспастовое и пастовое;
- от конструкции уплотнения седла: торцевое, радиальное;
- от типа присоединения к трубопроводу: фланцевые и бесфланцевые.

Шиберные задвижки (рис.1) могут устанавливаться как над поверхностью, так и под землей. Монтаж под землей возможен без специальных колодцев. При монтаже над поверхностью рекомендуется использовать защитные конструкции или применять теплоизолирующие и защитные сооружения, в том числе специальные помещения и колодцы, но возможна установка и на открытом воздухе. При надземной установке предпочтительно размещение в помещениях, колодцах или предполагает возведение защитных теплоизолирующих сооружений. Но в отдельных случаях возможна и установка на открытом воздухе. Подземная же установка доступна без сооружения колодцев или засыпки в траншею. Выбор устанавливаемой запорной арматуры осуществляется в соответствии с сейсмологической активностью региона. Различают не сейсмостойкие, сейсмостойкие и задвижки с повышенной сейсмостойкостью. Климатическое исполнение регулирует ГОСТ 15150. Конструкция корпусных деталей может быть литая, литосварная, штампованная, листовая, а так же комбинированная. Различают три типа привода: ручной, ручной с редуктором и электропривод. Разновидности исполнения привода в шиберных задвижках представлены на рисунке 2.

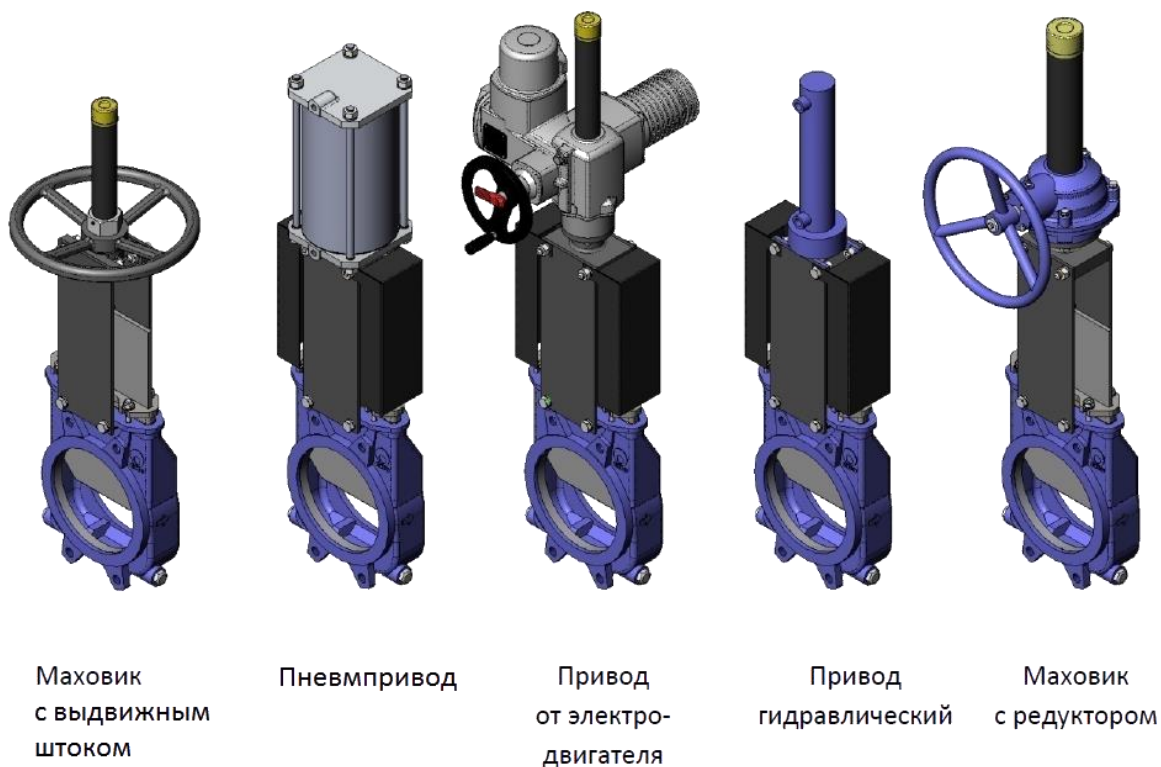


Рисунок 2 – Варианты исполнения приводов задвижке [27]

Качество исполнения всех шиберных задвижек регулируют ГОСТ, ТУ, КД. При необходимости по запросу заказчика возможно уточнение и дополнение определённых положений и условий, но только при соблюдении того, что характеристики не будут ниже установленных в ГОСТ.

Рабочие среды: нефть, неагрессивные жидкие среды, нефтепродукты, агрессивные жидкие и газообразные среды, вода, пар, масла [7].

Тип присоединения к трубопроводу: фланцевое, под приварку, резьбовое, муфтовое [7]. Применение данного вида запорной арматуры. Задвижки шиберные часто применяются в таких условиях, где рабочая среда достаточно загрязнена, и не применяются высокие требования к герметичности устройства. Приоритетно, такие задвижки используются как запорная арматура, которая перекрывает поток рабочей среды, но и используется в качестве регулирующей, изменяющей расход среды [17].

Основные технические характеристики задвижек приведены в таблице 1, а так же должны быть указаны в ТУ и паспорте [7].

Таблица 1 – Технические характеристики задвижек [ГОСТ 33852–2016]

Техническая характеристика	Значение или НД, определяющий параметр
Номинальное давление PN , МПа (бар)	1,6 (16); 2,5 (25); 4 (40); 6,3 (63); 8 (80); 10 (100); 12,5 (125)
Номинальный диаметр DN	100; 150; 200; 250; 300; 350; 400; 500; 600; 700; 800; 1000; 1050; 1200
Пробное давление P	1,5 PN
Максимальный перепад давлений на задвижке в закрытом положении	1,1 PN
Максимальный перепад давлений на задвижке при открытии ($\Delta P \leq PN$), МПа (бар)	1,6 (16); 2,5 (25); 3 (30); 4 (40); 5 (50); 6,3 (63); 7 (70); 8 (80); 10 (100)
Характеристика рабочих сред	Приведены в приложении Б
Температура рабочей среды	
Параметры приводных устройств	В соответствии с ТУ и КД
Строительная длина L	В соответствии с ГОСТ
Коэффициент сопротивления, не более	0,1
Направление подачи рабочей среды	Двухстороннее
Установочное положение	По 10.1
Герметичность затвора при любом перепаде давлений	Класс А по <u>ГОСТ 9544</u>
Типы, присоединительные размеры и размеры уплотнительных поверхностей фланцев корпуса и ответных фланцев	<u>ГОСТ 33259</u>
Масса	По ТУ
Примечание - По требованию заказчика допускается применять фланцы по другим НД или КД. Нестандартные соединения - в соответствии с КД.	

Шибберные задвижки повсеместно применяются в строительных работах при конструировании магистральных трубопроводов и в трубопроводах диаметром от 300 до 1200 мм, рассчитанных на работу в диапазоне давлений от 1,6 до 16,0 МПа, для нефтепродуктов и нефти, в качестве запорной арматуры для перекрытия потоков рабочей среды в магистральных нефтепроводах, в технологических схемах перекачивающих станций и резервуарных парков, с температурой рабочей среды от -15°C до $+80^{\circ}\text{C}$ [7].

Конструкция такой арматуры нацелена на высокую пригодность к ремонту и высокий уровень надёжности, что даёт возможность существенно

минимизировать временные и финансовые затраты на осуществление ремонтных работ малой и средней сложности, без извлечения корпуса из магистрали, что влечет за собой удорожание, и длительность цикла ремонта [29]. Полный проход рабочей среды по сечению такой арматуры обеспечивает возможность беспрепятственного прохождения устройств диагностики и очистных приборов. Относительно других вариантов запорной арматуры, задвижка осуществляет герметичный затвор и с выходной, и с входной стороны. Так же в конструкции арматуры предусмотрена разгрузка внутреннего пространства при не прогнозируемом росте в ней давления выше нормального давления рабочей среды магистрали на вход задвижки.

Преимущества использования таких задвижек:

- относительно простая конструкция;
- не большой коэффициент гидравлического сопротивления равный 0,1 что приравнивается сопротивлению в трубопроводах;
- низкая вероятность заклинивания затвора в корпусе при перепадах температур;
- особая конструкция уплотнительных элементов снижает вероятность возникновения задиров в элементах уплотнения затвора, а следовательно, продлевается срок службы изделия без потери герметичности в затворе [7];
- герметичность затвора по классу А по ГОСТ 33852–2016 [7];
- климатическое исполнение: по ГОСТ 33852–2016 –<У> (температура окружающей среды от -40 °С до +40 °С); – <ХЛ> (температура окружающей среды от -60 °С до +40 °С) [29];

Однако у данного вида запорной арматуры есть и недостатки, это низкая степень герметичности и большая строительная высота.

Производство шиберной задвижки осуществляется по ТУ 3741-105-94723130-2009. Шиберные задвижки могут поставляться с ответными фланцами, согласно ГОСТ 12821-80 или без них [7], с выводами под приварку. Изготовление ответных фланцев или других частей задвижки

возможно в отличном от серийного исполнении по требованию заказчика. В запросе и заявке заказчику необходимо указать наименование изделия, диаметр рабочего прохода, и другое.

Типовая конструкция задвижек шиберных позволяет провести замену уплотнения по штоку без демонтажа задвижки с фонтанной арматуры [17]. В том числе задвижки снабжены указателем положения шибера.

Общая принципиальная конструкция задвижки представлена на рисунке 3 [27].



Рисунок 3 – Конструкция шиберной задвижки [27]

Шиберные задвижки состоят из узлов и деталей:

- корпус задвижки, в котором размещается основной рабочий узел;
- крышка, с уплотнительными резиновыми кольцами, которые

обеспечивают герметичность в соединении с корпусом;

- шибер, который перекрывает поток рабочей среды;

- подвижные седла, которые гарантируют герметичность в затворе;

- шпиндель, который отвечает за рабочее движение и плавность хода шибера;

- сальниковый узел, который обеспечивает герметичность в соединении со шпинделем по отношению к внешней среде;

- бугельный узел, преобразующий вращательное движение привода в поступательное движение шпинделя [17];

- колонна, обеспечивающая защиту шпинделя;

- электропривод, который управляет задвижкой с дистанционной возможностью (в некоторых исполнениях);

- дренажный трубопровод, через который возможно удалить твердые примеси в виде осадка [17].

Детальная схема конструкции задвижки с редуктором представлена на рисунке 4 [4].

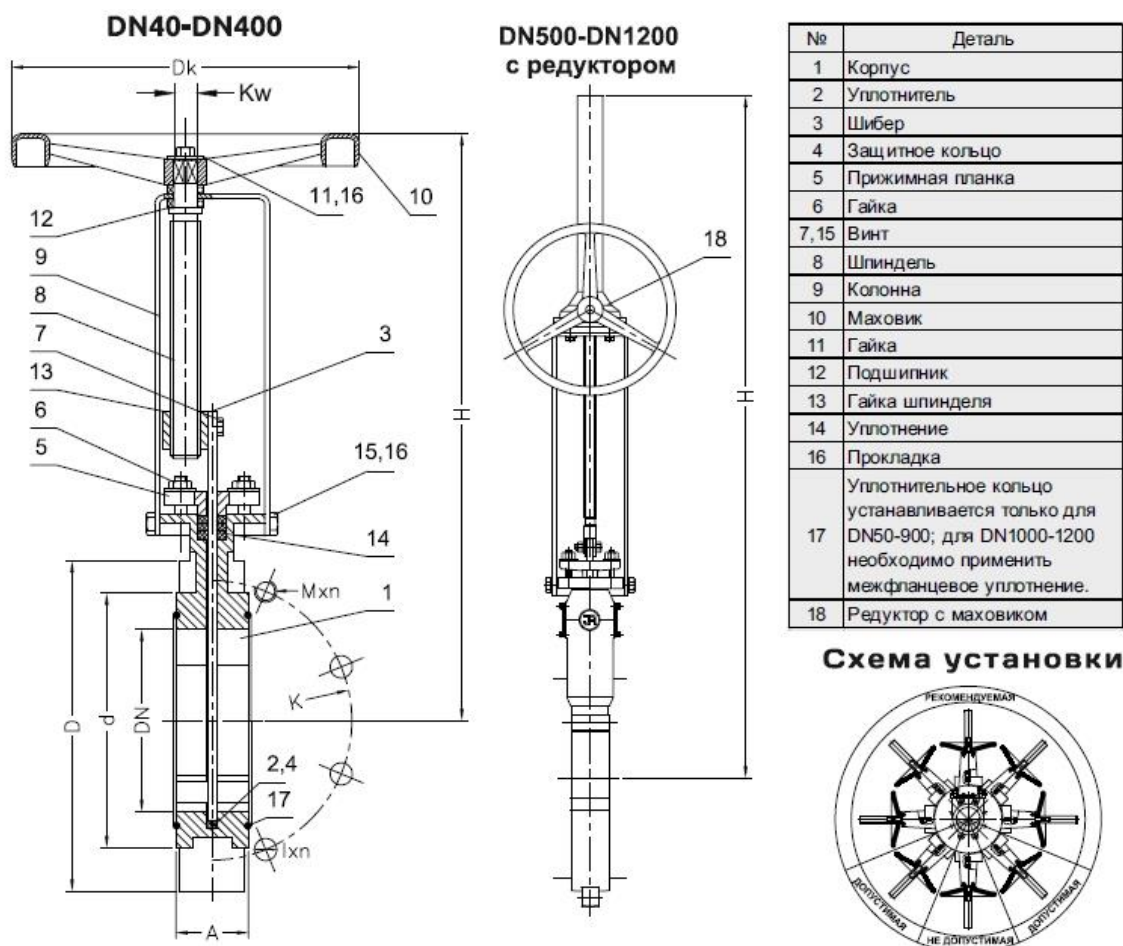


Рисунок 4 – Конструкция задвижки шиберной с редуктором [4]

Применяемые материалы в данной запорной арматуре:

- корпус - сталь 20, 20Л для климатического исполнения У1; 09Г2С, 20ГМЛ для климатического исполнения ХЛ1;
- крышка - сталь 20, 09Г2С, 20Л, 20ГМЛ;
- шибер – высококачественная углеродистая или легированная сталь;
- шпindelь - сталь 07Х16Н4Б-Ш;
- уплотнения - металл, эластомер, полиуретан;

Средний срок службы задвижек составляет не менее 30 лет.

Схема работы шиберной задвижки. При подаче дистанционного сигнала с пульта управления на открытие или на закрытие, или при ручном управлении, вращение выходного вала передается кулачковой втулке бугельного узла, затем через резьбовую втулку преобразуется в поступательное движение шпинделя [7].

Затем шибер, соединенный со шпинделем, начинает перемещаться по направляющим корпуса, производя открытие или закрытие проходного сечения задвижки [17].

Герметичность затвора обеспечивается посредством поджатия уплотнительных колец к шиберу давлением среды и усилием пружин.

Управление производится электроприводом с ручным дублером, или только ручным управлением.

В электроприводе присутствует двухсторонняя муфта, которая ограничивает крутящий момент, и обеспечивает отключение электродвигателя, если зафиксировано превышение величины крутящего момента на открытие или закрытие, указанного в паспорте на запорный элемент [7].

В электроприводе так же присутствует возможность регулировки путевых выключателей для ограничения хода шибера при достижении им крайних положений [7].

Уплотнение в задвижке создается при помощи подвижных седел с мягкими полиуретановыми кольцами, что обеспечивает высокую герметичность и стабильную работу данного узла.

Первоначальная герметичность уплотнительных седел обеспечивается специальными пружинами, а в рабочем состоянии герметичность обеспечивает давление среды.

Ремонтные процедуры задвижек относятся к обязательным, в процессе эксплуатации подобных устройств [17]. Так как конструкция задвижек предполагает наличие подвижных элементов, следовательно, такая запорная арматура нуждается в регулярной замене подобных узлов.

Ремонтные работы включают в себя следующие процессы:

- разборка корпуса;
- выявление неисправности;
- обслуживание корпуса задвижки (очистка, ремонтная наплавка);
- восстановление герметичности (восстановление сальникового узла

(замена уплотнений: манжет, подшипников, опорного и нажимного кольца);

- восстановление или замена шпинделя;
- испытания на прочность;
- испытания на герметичность;
- заполнение корпуса уплотнительной смазкой;
- консервация;
- покраска.

Причинами неисправности задвижек часто могут являться - потеря герметичности в стыковочном узле корпус - трубопровод, потеря герметичности в стыковочном узле шпиндель - сальник, а так же потеря герметичности в стыковочном узле заслонка-корпус.

Причиной утечки между корпусом задвижки и трубой может являться либо брак при монтаже, либо утечка из за деформации уплотнительной прокладки, которая герметизирует стык. Выявить данную неисправность можно визуально: о необходимости ремонта задвижки – чугунной, стальной или полимерной, сигнализирует течь в зоне стыка корпуса и трубопровода.

Причина потери герметичности крышки корпуса или сальника это в основном протершийся сальник - уплотнитель, который защищает точку прохода шпинделя или штока через указанные детали. Такая поломка выявляется по потекам на корпусе задвижки. На тип конкретной проблемы указывает источник течи - горловина крышки корпуса.

Причинами внутренних течей в заслонке чаще всего является использование запорной арматуры в трубопроводах, где производится транспортировка сильно загрязненного потока, частицы которого наносят повреждения уплотнительным кольцам запора. Возможно оседание частиц на внутренних стенках корпуса, что препятствует плотному контакту с затвором задвижки. Диагностика такой поломки сопряжена с определенными трудностями, так как определить внутреннюю неисправность в узле можно только по косвенным признакам – наличию скачков давления в перекрытом

трубопроводе [17].

Более детально причины и необходимые ремонтные работы описаны в таблице 2.

Таблица 2 - Основные неисправности и варианты их устранения

Неполадка	Причина неисправности	Устранение
Не работает задвижка	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слишком сильно затянут сальник. 2. Изношена резьба гайки шпинделя. 3. Шпиндель выгнут. 4. Постороннее тело между сальником и прижимом сальника, или между гайкой и шпинделем. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ослабить гайки прижима сальника. 2. Заменить гайку шпинделя. 3. Выправить шпиндель или заменить. 4. Удалить все посторонние тела.
Течь между уплотняемыми поверхностями	<ol style="list-style-type: none"> 1. Загрязнены уплотняемые поверхности. 2. Повреждение поверхностей. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чистка уплотняющих поверхностей. 2. Ремонт уплотняющих поверхностей.
Течь между корпусом и крышкой	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ослабление болтов крепления. 2. Повреждение прокладки. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Затяжка болтов крепления. 2. Замена прокладки.
Не поднимается клин	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поломка клина. 2. Шпиндель перегрет и блокирует клин. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Работать с ограниченным моментом. 2. Когда клапан закрыт, а трубопровод нагрет, необходимо немного повернуть маховик против часовой стрелки чтобы компенсировать тепловые расширения.
Корпус и крышка разрушены и протекают.	<ol style="list-style-type: none"> 1. В системе произошёл гидроудар. 2. Усталость металла 3. Разрушение из за слишком низкой температуры. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Осторожная эксплуатация системы, недопущение гидроударов. 2. Заменять задвижку после истечения срока службы или использовать методы раннего обнаружения усталости. 3. Удалять остатки воды в холодное время года, если задвижка не эксплуатируется.
Течь через сальник	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ослабление гайка фланца прижима. 2. Недостаточное количество сальниковых колец. 3. Сальник изношен или неправильно установлен. 4. Поврежден шпиндель. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Необходимо затянуть гайки с нужным усилием. 2. Добавить необходимое количество сальниковых колец. 3. Заменить неисправный сальник. 4. Обслужить или заменить шпиндель.

Выбор технологии ремонта шиберной заслонки зависит от конкретной

неисправности. Внешние течи (в области корпус-труба и шпindelь-сальник) выявляют и устраняют одними методами, а утечки внутренние (в зоне корпус-заслонка) подразумевает совершенно другой ремонт.

Периодически задвижка должна проходить проверки на герметичность болтовых соединений и разрушения связанные с коррозией.

Наиболее частыми неисправностями, такими как: изношенный сальник, что приводит к протеканию, или недостаточное количество сальниковых колец, исправляется заменой изношенного уплотнительного элемента, или их добавлением. Загрязнение или повреждения между уплотняемыми поверхностями, так же может вызвать протечку. Если протечка выявлена между корпусом и крышкой, следует обратить внимание на прокладку, при обнаружении повреждений заменить ее. Таким образом, наиболее частые случаи – это потеря герметичности, но может случиться полная потеря работоспособности узла, причинами этому могут послужить: износ резьбы гайки шпинделя, изгиб шпинделя, посторонние тела внутри корпуса и др.

1.2 Обслуживание и ремонт шиберной задвижки

Работы по ремонту могут выполняться посредством полного демонтажа задвижки, или частичной разборкой задвижки. Капитальный ремонт арматуры осуществляется, в том числе любым из этих способов [17].

С целью проведения частичного ремонта необходимо снять крышку корпуса и разобрать крышку сальника. В любом из случаев перед началом операции необходимо перекрыть трубопровод до запорного элемента, подлежащего ремонту, другим работоспособным устройством выше течения потока. Чтобы сохранить ремонтпригодность трубопровода, важно своевременно выполнять ремонтные и профилактические работы во всех узлах задвижек, чтобы снизить материальные и временные затраты по ремонту в дальнейшем.

Разборка и сборка шиберной задвижки. Процесс разбора начинается с

демонтажа маховика, из которого необходимо извлечь ходовую гайку.

Затем из крышки выкручиваются стопорные винты крышки сальника. В случае если неисправность в данном узле, то после удаления крышки, необходимо заменить изношенный уплотнитель на новый.

После данной ремонтной процедуры, необходимо разобрать соединение стыка корпуса и его крышки, посредством отвинчивания винтов крышки из их посадочных мест.

После снятия крышки из корпуса извлекается шпиндель и заслонка. С целью профилактики необходимо заменить уплотнительные элементы, произвести чистку седла и шибера, провести контроль технологических размеров шибера, и при их несоответствии заменить деталь, или произвести ремонт изношенной детали, после чего обратный монтаж.

После замены или ремонта задвижки и её установки на своё посадочное место производится сборка узла.

Вышеописанные процедуры допускается проводить как на задвижке вмонтированной в магистраль, так и на демонтированной из него. Однако для исправления неисправностей на соединении трубы и корпуса, такой как течь, и соответственно замена прокладок, необходим демонтаж устройства, после чего проводятся работы по разборке и сборке, и обратный монтаж задвижки в магистраль [17].

После проведения работ по ремонту, необходимо провести тестирование на корректную работу и герметичность устройства. Проводятся испытания на запираение трубопровода, отремонтированная задвижка должна полностью перекрыть течение жидкости, а ниже по течению потока фиксируется изменение давления контрольным прибором – манометром.

Соблюдение техники безопасности при проведении ремонтных работ является наиболее приоритетным для личной безопасности сотрудников, которые их проводят. Рабочие среды, которые могут передаваться по магистрали, такие как: горючие, низко- и высокотемпературные, токсичные и коррозионные, являются опасными и требуют повышенных мер соблюдения

безопасности [3].

Используемые задвижки должны обязательно соответствовать классу давления и температуры.

Задвижка должны быть выполнена из материала, который обладает стойкостью к рабочей среде.

В случае, если рабочая среда взрывоопасна или пожароопасна, необходимо ограничение температуры рабочей среды [3].

Перед выполнением ремонтных работ запорной арматуры, особенно выполненных с электроприводом, необходимо проконтролировать следующие моменты:

- отключение от задвижки всех энергоносителей, таких как, электрические, гидравлические и др.;
- сброс давления из трубопровода;
- удаление рабочей среды внутри корпуса и при необходимости продувка;
- положение запора в крайнем закрытом или открытом положении.

Далее после демонтажа арматуры из магистрали провести повторный цикл открытия и закрытия для удаления остатков рабочей среды и возможного остаточного давления.

В процессе выполнения работ по ремонту так же обязательно:

- использование только соответствующих расходных материалов, оборудования и оснастки;
- специалистами, проводящими ремонт должны использоваться индивидуальные средства защиты: маска, противогаз, спецодежда и др.;
- соблюдать меры осторожности с огнём: использовать открытый огонь только при специальном разрешении, строго запрещено курить рядом с проведением работ, и использовать огнеопасные предметы;
- если выявлена протечка, необходимо срочно заменить уплотнительный элемент;

- соблюдать конструктивные требования при ремонтных работах [3].

В процессе эксплуатации арматуры необходимо создавать условия, при которых будет минимально воздействие внешних факторов, в том числе применение специальных защитных механизмов. Следует избегать резких изменений температуры рабочей и окружающей среды, а так же давления самой рабочей среды, во избежание гидроударов. Установка шибера задвижки должна быть в подходящем месте, воздействие вибрация не желательно для корпуса и элементов затвора.

При проведении подготовки к монтажу, необходимо заранее проверить соответствие всех параметров и исполнения арматуры тем рабочим условиям, в которых она будет эксплуатироваться. Так же проводится предварительный осмотр поверхности и уплотнения седёл и шибера. При установке в трубопровод посредством фланцевого соединения, нужно выбрать крепёж и уплотнительные элементы в соответствии с рабочей средой, давлением и температурой, в которой будет установлена задвижка. При монтаже в магистраль с концами под приварку, монтаж должен проводиться квалифицированным аттестованным сварщиком, с применением оборудования и материала так же отвечающим требованиям стандартов качества.

После установки в трубопровод, проводятся гидравлические испытания задвижки. При дальнейшей эксплуатации рекомендовано положение заслонки только в крайнем закрытом или открытом положении, так как частичное открытие отрицательно влияет на уплотнительные элементы и может вызвать их ранний износ. Так же необходимо периодически очищать отложения пыли, масла и других загрязняющих веществ с подвижных элементов.

Регулярное обслуживание и проверка, визуальная, в том числе контроль состояния уплотнительных элементов, износа и коррозии корпусных деталей, помогут продлить срок службы, и своевременно выявить неполадки, чтобы избежать аварийной ситуации.

1.3 Анализ свойств материала изделия

Наиболее часто на магистральных нефтепроводах применяются шиберные задвижки с выдвижным шпинделем (рис. 5), у рассматриваемого образца, производства АО «ПензТяжПромАрматура» модели «ПТ19005», возможен ряд изменяемых параметров, таких как диаметр прохода, условное давление и др. [13].

Основные характеристики данной модели задвижки [13]:

- допустимый диаметр прохода: от 100 до 1200 мм.;
- допустимое условное давление: от 1,6 до 12,5 МПа.;
- технические стандарты и требования: ТУ 3741-007-05749375-2005, ОТТ-23.060.30-КТН-108-15;
- применяемая рабочая среда: нефть, нефтепродукты или другие неагрессивные жидкие среды;
- допустимый диапазон температуры рабочей среды: от - 15°С до + 80°С.;
- применяются в качестве запорных устройств в трубопроводе;
- класс герметичности по ГОСТ 9544-2015: «А».

Внешний вид с преимуществами в конструкции представлен на рисунке 5 [13].



Рисунок 5 – Внешний вид шиберной задвижки «ПТ19005» производства АО «ПТПА» [13]

Полный проход сечения такой арматуры обеспечивает возможность беспрепятственного прохождения устройств диагностики и очистных приборов.

Двойной уровень уплотнения (на первом уровне - «металл-металл», на втором – «металл-эластомер») на уплотнительных кольцах корпуса повышает надежность, герметичность и увеличивает длительность срока службы изделия [13].

Шибер из качественной углеродистой или легированной стали постоянно находится в контакте с уплотнительными кольцами корпуса, и

защищает их и внутреннюю полость задвижки от осадка и абразивного износа, и налипания элементов рабочей среды.

Наличие резьбового конца на обводе дренажной трубы дает возможность стыковки к нему депарафинизационных аппаратов и отводящих шлангов при продувке подшиберного пространства. Данное отверстие, а также отверстие под спускную пробку в горловине крышки могут служить для замеров протечек задвижки. Специальная конструкция седел значительно облегчает их демонтаж и монтаж в корпусе при необходимости замены. Это позволяет минимизировать временные и материальные затраты на проведение средних ремонтов изделия без его вырезки из трубопровода [13].

Кольца сальникового узла из терморасширенного графита снижают фрикционный износ шпинделя и увеличивают долговечность сальникового уплотнения [13]. Для защиты от теплового расширения рабочей среды в конструкции предусмотрен автоматический сброс давления из внутренней полости при давлении внутри до 1,3 РН ($PN \leq 4,0\text{МПа}$) и при давлении внутри до 1,1 РН ($PN > 4,0\text{МПа}$). Основное уплотнение в затворе осуществляется по схеме «металл-полиуретан». Конструкция характеризуется свободной заделкой уплотнительных полимерных колец в корпусе седла [13].

Материалы, из которых изготовлены основные узлы, в том числе шибер, ремонт которого будет рассмотрен далее, приведены в таблице ниже.

Таблица 3 – Материалы основных деталей задвижки [13]

Наименование детали	Материал по ГОСТ
Корпус, крышка	Сталь 20ГЛ, сталь 09Г2С
Шибер	Сталь 45Х
Шпиндель	Сталь 07Х16Н4Б-Ш
Гайка	Сталь 35, сталь 40Х
Шпилька	Сталь 35, сталь 30ХМА
Набивка сальника	Комбинированная, повышенной надёжности
Втулка резьбовая	БрАЖМц 10-3-1.5
Уплотнение шибера	Металл, полиуретан

Как видно из таблицы 3, для шибера задвижки применена сталь 45Х, основные характеристики которой рассмотрены ниже.

Характеристики материала из которого изготовлен шибер задвижки - Сталь 45Х ГОСТ 4543-71.

Таблица 4 - Химический состав в процентном соотношении Сталь 45Х ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.41 - 0.49	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.8 - 1.1	до 0.3

Сталь 45Х содержит в среднем 0,45% углерода, Х - указывает содержание хрома в стали примерно 1% [18].

Соответственно, сталь 45Х является легированной, и применяется как конструкционная сталь.

Наиболее часто из данного материала производят шлицевые и червячные валы, болты, шатуны, зубчатые колёса, оси, детали подшипников качения, и многие детали, которые требуют высокую прочность, твёрдость материала из которого они изготовлены.

Хромистая сталь марки 45Х широко применяется в нефтяной, нефтехимической и газовой промышленности.

Вид поставки:

- сортовой прокат, в том числе фасонный: ГОСТ 4543—71, ГОСТ 2590-88, ГОСТ 2591-88, ГОСТ 10702-78;
- калиброванный пруток ГОСТ 7417-75, ГОСТ 8559-75, ГОСТ 8560-78, ГОСТ 1051-73;
- шлифованный пруток и серебрянка ГОСТ 14955—77;
- лист толстый ГОСТ 1577—81, ГОСТ 19903-74;
- полоса ГОСТ 103-76, ГОСТ 82-70;

- поковки и кованные, заготовки ГОСТ 1133-71, ГОСТ 8479-70

Твердость по Бринеллю металлопродукции в отожженном (ОТ) или высокоотпущенной (ВО) состоянии, а также горячекатаной и кованой металлопродукции, нормализованной с последующим высоким отпуском (Н+ВО), диаметром или толщиной свыше 5 мм должна соответствовать нормам ГОСТ.

Твердость калиброванной металлопродукции в отожженном (ОТ) или высокоотпущенном (ВО) состоянии, а также горячекатаной и кованой металлопродукции, нормализованной с последующим высоким отпуском (Н+ВО).

Твердость горячекатаной и кованой металлопродукции, поставляемой без термической обработки, не нормируют и не контролируют.

Твердость калиброванной металлопродукции и металлопродукции со специальной отделкой поверхности диаметром или толщиной свыше 5 мм, поставляемой в нагартованном состоянии (НГ), должна быть не более 269 НВ.

Кратко, основные варианты поставки этого вида стали сведены в таблице ниже. Так же в колонках рядом указаны основные механические свойства разного вида поставок, при различной толщине сечения поковки, с различием в термообработке: закалке с отпуском, нормализацией. Из данных возможных вариантов поставки стали 45Х, необходимо выбрать наиболее подходящий по параметрам, относительно специфики заданного изделия. Сканированный вариант таблицы представлен в рисунке 6 ниже.

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	КСУ, Дж/м ²	НВ
Пруток. Закалка 840 °С, масло. Отпуск 520 °С, вода или масло	25	830	1030	9	49	
Поковки. Нормализация. КП 315	<100	315	570	17	39	167-207
Поковки. Закалка, отпуск. КП 315	500-800	315	570	11	29	167-207
Поковки. Нормализация. КП 345	<100	345	590	18	59	174-217
Поковки. Нормализация. КП 345	100-300	345	590	17	54	174-217
Поковки. Закалка, отпуск. КП 490	<100	490	655	16	59	212-248
Поковки. Закалка, отпуск. КП 590	<100	590	735	14	59	235-277
Поковки. Закалка, отпуск. КП 640	<100	640	785	13	59	248-293

Рисунок 6 – Варианты поставки стали 45Х и их механические свойства

Сталь является флокочувствительной и склонной к отпускной хрупкости.

Таблица 5 - Механические свойства материала сталь 45Х при T=20°C

Сортамент	Размер	σ_B	σ_T	δ_5	γ	КСУ	Термообработка
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Поковки	до 100	570	315	17	38	390	Нормализация
Поковки	300 - 500	570	315	12	30	290	Нормализация
Поковки	500 - 800	570	315	11	30	290	Нормализация
Пруток	Ж 25	1030	835	9	45	490	Закалка 840°C, масло, Отпуск 520°C, вода

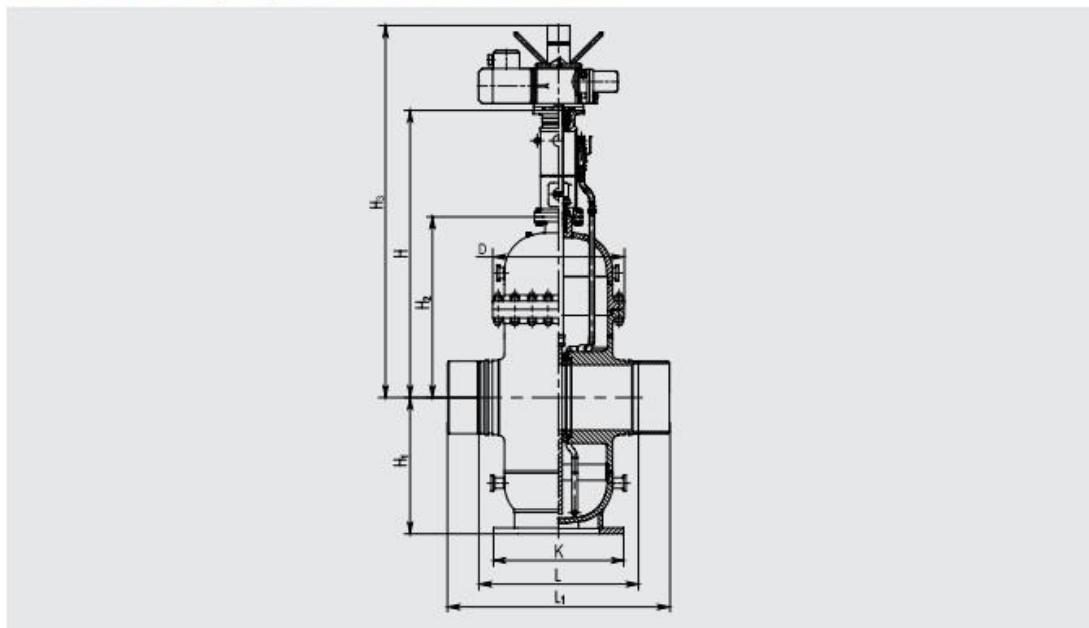
Сталь 45Х является трудносвариваемой, применяемый способ сварки

данного материала – ручная дуговая сварка с предварительным подогревом и последующей термообработкой – отпуском. Контактная точечная сварка возможна так же с последующей термообработкой [18]. В таблице 5 рассмотрены основные свойства стали 45X.

Твердость материала 45X после отжига, $HV 10^{-1} = 229$ МПа.

Так как за основу для проведения исследования шибера задвижки, взята модель «ПТ19005», необходимо рассмотреть подробные характеристики изделия, и рассмотреть параметры ножа – шибера задвижки (рисунок 7). Так как на крупных магистральных нефтепроводах в основном применяются задвижки с диаметром рабочего прохода более 500 мм., для анализа были выбраны параметры модели «ПТ19005» с диаметром от 500 мм. до 1200 мм. На рисунке ниже представлены характеристики разновидностей исполнения, различающиеся диаметром рабочего прохода, рабочим давлением, габаритными характеристиками корпуса и соединений, массой изделия без привода.

ЗАДВИЖКИ ШИБЕРНЫЕ С ВЫДВИЖНЫМ ШПИНДЕЛЕМ
DN 500...1200 мм PN 1,6...12,5 МПа ТУ3741-007-05749375-2005



DN, мм	PN, МПа	РАЗМЕРЫ, мм								МАССА БЕЗ ПРИВОДА, кг
		H	H1	H2	H3	L	L1	K	D	
500	1,6... 4,0	2097	1020	1224	2792	1194	1900	ø660	ø970	4263
	3000				4292					
600	1,6	2550	1250	1532	3325	1549	2400	□1000	ø1170	6995*
	2,5; 4,0									
700	1,6...10,0	2699	1368	1544	3570	1549	2550	□1000/ø1000	ø1220	8100*
800	1,6... 8,0	2984	1620	1715	4000	1778	2700	□1360/ø1360	ø1365	11300*
	10,0... 12,5									11500*
1000	1,6	3512	2020	2067	4740	2200	3000	□1400/ø1400	ø1600	16785
	2,5	3549								16865*
	4,0	3654		17610*						
	6,3	3714		17510*						
	8,0...12,5	3945		18090*						
1050	1,6...4,0	3650	2020	2222	5165	2200	3050	□1400/ø1400	ø1600	18480
	6,3...12,5									19552*
1200	1,6	4364	2260	2557	5910	2300	3150	□1600/ø1600	ø1800	23050
	2,5									23550*
	4,0									23550*
	6,3...12,5									23950*

Рисунок 7 – Массогабаритные характеристики шиберной задвижки «ПТ19005» производства АО «ПТПА» [13]

В данном исполнении, такой параметр как высота и ширина ножа-шибера, варьируется в зависимости от габаритов самой задвижки, однако толщина шиберы, для задвижек с рабочим давлением до 12.5 МПа составляет 10 мм. В процессе эксплуатации, под воздействием коррозионного и абразивного износа возникают повреждение пластины шиберы, что прямо влияет на герметичность и в целом работоспособность затвора. Так, в

процессе длительной эксплуатации на шибере в местах наибольшего влияния рабочей среды, возникает износ до 2 мм. Пример высокого износа запорного элемента представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Пример износа шибера задвижки [20]

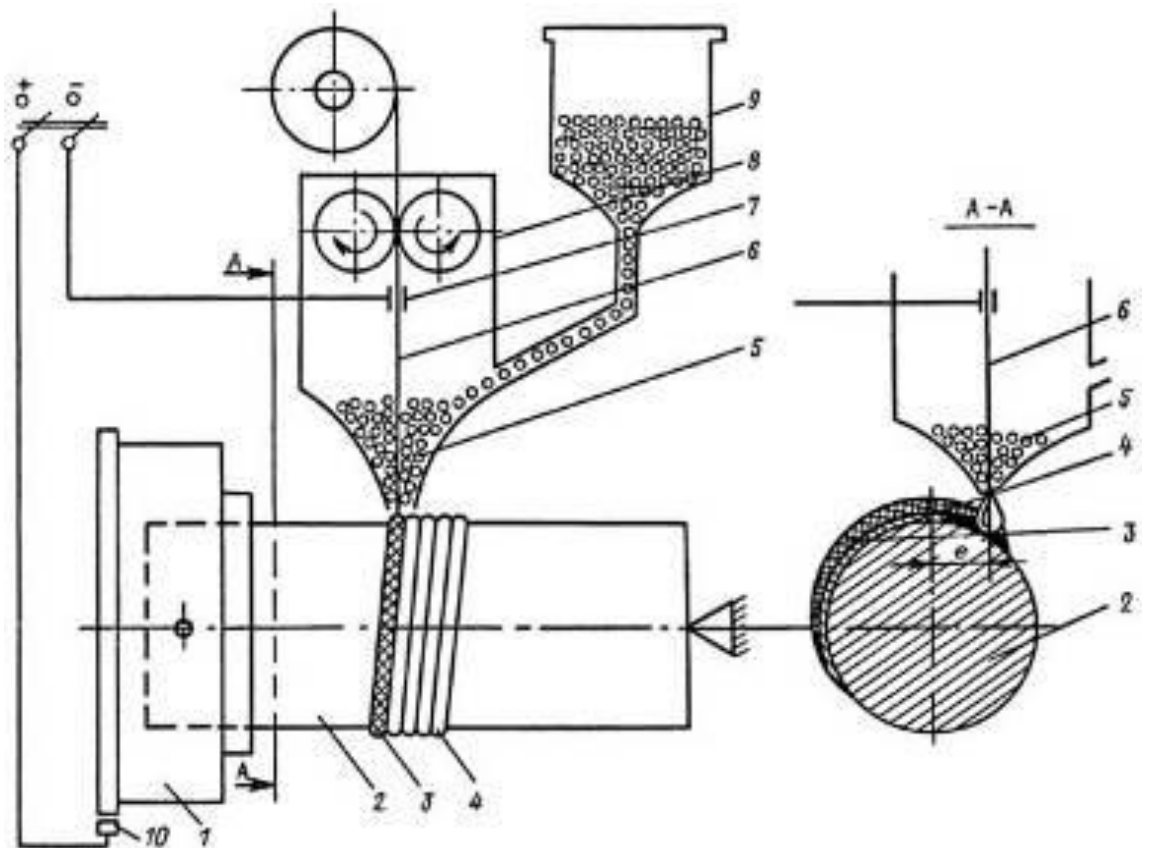
1.4 Базовый вариант ремонтной наплавки

В течение эксплуатации в достаточно агрессивной нефтяной среде шиббер задвижки подвергается как абразивному износу, и в связи с содержанием инородных включений в сырой нефти, так и окислительным процессам. Основным методом восстановления детали является ремонтная наплавка.

Наплавка металла – это нанесение слоя металла или сплава на поверхность детали посредством сварки плавлением. Основная задача наплавки, это восстановление геометрии изношенной детали, в процессе эксплуатации, при которой абразивная, или коррозионная среда, так же ударные и другие нагрузки, нарушают целостность изделия, но не более такого состояния, при котором целесообразно восстановление детали при помощи ремонтной наплавки. Кроме решения задачи по восстановлению формы и геометрии изношенного изделия, наплавка часто решает задачу по повышению тех или иных свойств изделия, таких как жаростойкость и жаропрочность, коррозионная и абразивная стойкость. Вариант наплавки выбирается в зависимости от условий эксплуатации детали, так например детали двигателей внутреннего сгорания подвергают наплавке и напылению жаростойкими покрытиями, с гозоабразивной устойчивостью, которые способны в течении долгого времени противостоять высокой температуре при сгорании топлива и выброса отработанных газов под давлением.

Для быстрого и качественного восстановления как цилиндрических, так и плоских деталей, широко используется способ ремонтной наплавки под слоем флюса. Наиболее успешно этот способ реализуется в полуавтоматическом механизированном исполнении, где гарантируется равномерность наплавленного слоя, исключение дефектов, которые возможны при ручной дуговой сварке, высокая защита сварочной ванны посредством слоя расплавленного флюса, высокая скорость наплавки и другие преимущества.

Наплавка под слоем флюса происходит в полуавтоматическом режиме, из бункера с гранулированным флюсом происходит его подача в сварочную ванну, с горящей между электродом (сварочной проволокой) и изделием дугой, в процессе расплавленный металл в сварочной ванне защищается слоем расплавленного под воздействием тепла сварочной дуги флюса [28]. Принцип действия такой наплавки на цилиндрическую деталь схематически представлен на рисунке 9. Аналогичный принцип работы применяется и в плоских деталях, таких как шиббер-нож в задвижке запорной арматуры. Наплавка может производиться как обычной сварочной проволокой, с автоматической подачей, так и порошковой проволокой, с необходимыми для задачи присадками внутри неё. Так, твёрдость нанесённого покрытия порошковыми проволоками может достигать 53-59 HRC. Так в результате происходит не только восстановление геометрических параметров детали, для возможности её дальнейшего использования в агрегате, так и повышение механических свойств, повышение устойчивости к среде, в которой работает деталь. Стоит отметить, что материал, требуемый на наплавку, ощутимо менее дорог для приобретения, чем новая деталь, или полный объем компонентов для её изготовления. Ниже представлена схема полуавтоматической наплавки под слоем флюса (рисунок 9 и 10).



1 - патрон токарно-винторезного станка; 2 - восстанавливаемая деталь; 3 - слой шлака; 4 - наплавленный металл; 5 - флюс; 6 - электродная проволока; 7 - контакт провода от источника тока с электродной проволокой; 8 - наплавочная головка; 9 - бункер с флюсом; 10 - контакт провода от источника тока с медной шиной патрона (деталью).

Рисунок 9 - Схема установки для полуавтоматической электродуговой наплавки деталей под слоем флюса [5]

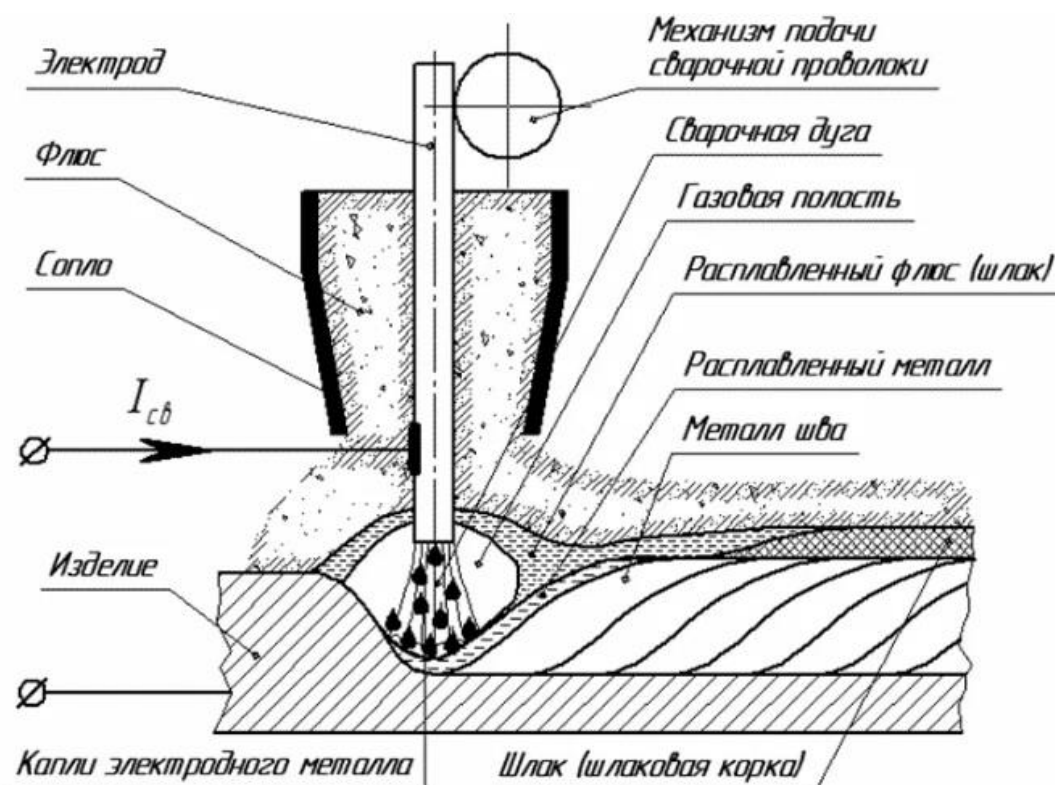


Рисунок 10 - Схема процесса электродуговой наплавки деталей под слоем флюса [19]

Необходимо отметить, что оборудование для полуавтоматической дуговой наплавки деталей под слоем флюса является достаточно дорогостоящим и зачастую просто отсутствует в условиях, где располагается магистраль нефтепровода. При достоинствах данного вида ремонта, стоит учитывать, что транспортировка детали до пункта, где будет возможно проведение наплавки, ожидание самого ремонта и транспортировка обратно к магистрали, занимает большое количество времени. Этот факт влечет за собой большой срок простоя магистрали, в ожидании ремонта, и соответственно очень высокие экономические потери, кроме затрат на транспортировку. В связи с вышесказанным, целесообразность применения данного вида восстановления не высока, и возможна только при условии наличия оборудования для её проведения в непосредственной близости к объекту ремонта.

1.5 Анализ возможных способов ремонтной наплавки

Выбор какого либо способа восстановления в конкретных условиях и поставленных задачах, зависит от ряда показателей. Наиболее подходящим способом наплавки будет тот, при котором будут обеспечены требования по механическим свойствам, после проведения процесса наплавки и термообработки – отсутствие трещин, остаточных напряжений, отсутствие деформации детали и нарушение её геометрии. Так же важно учитывать при выборе, что данный вариант будет обеспечивать более долгий срок службы детали после ремонта, и затраты на ремонт не будут выше стоимости новой детали (при равных механических свойствах после ремонта, однако стоит заметить, что многие методы восстановления подразумевают ощутимое повышение качества изделия). В итоге, наиболее рациональный, эффективный и целесообразный способ восстановления детали выбирается путем последовательного применения критериев работоспособности, техническим и экономическим критериями. Стоит отметить, что с экономической точки зрения определённый вид ремонтной наплавки или напыления на первый взгляд может быть не целесообразным, в связи с тем, что зачастую высокотехнологичные методы являются дорогостоящими. При оценке затрат на конкретный момент более экономичным может быть вариант замены детали на новую, что даст экономию времени на ожидание процесса ремонта детали и саму стоимость ремонта. Однако, технологичные методы восстановления, способны повысить механические свойства ремонтируемой детали, верно подобранный материал для наплавки способен повысить коррозионную и абразивную износостойкость. В связи с чем, наиболее вероятно возникнет необходимость провести ремонтные работы после замены детали на аналогичную новую приблизительно через тот же срок что была в эксплуатации старая деталь.

Таблица 6 – Технические характеристики основных способов наплавки и напыления

Способ нанесения покрытия	Производительность, кг/ч.	Толщина покрытия, мм	Припуск на механическую обработку, мм	Прочность сцепления, МПа	Доля основного металла в наплавленном, %	Минимальный диаметр детали, мм	Снижение сопротивления усталости, %	деформация детали после	коэффициент технико-экономической эффективности К _э
Наплавка:									
под слоем флюса	2-15	0,8-10	0,8-1,5	650	27-60	45	15	3	0,436
вибродуговая	0,5-4	0,3-3	0,7-1,3	500	8-20	10	35	Н	0,25
в среде СО ₂	1,5-5	0,5-3,5	0,7-1,3	550	12-45	15	15	3	0,403
электроконтактная	1-2,8	0,2-1,5	0,2-0,5	300	-	15	25	Н	0,66
порошковыми и проволоками	2-9	1-8	0,6-1,2	600	12-35	20	15	3	0,4
ручная газовая	0,1-5-2	0,4-3,5	0,4-0,8	480	5-30	12	25	3	0,138
плазменная	1-12	0,2-5	0,4-0,9	490	5-30	12	12	Н	0,56
Сварка ручная									
дуговая	0,4-4	0,5-4	1,1-1,7	500	20-40	10	30	3	0,314
аргонодуговая	0,3-6	0,2-2,5	0,4-0,9	450	6-25	10	25	Н	0,171
Напыление:									
газопламенное	0,4-4	0,2-2	0,3-0,7	25	-	5	30	-	0,39
плазменное	0,8-12	0,2-3	0,03-0,6	45	-	10	25	-	0,4
Гальванические покрытия:									
хромирование	0,007-0,085	0,01-0,3	0,3-0,06	450	-	5	20	-	0,087
железнение	0,011-0,9	0,1-3	0,15-0,2	400	-	12	25	-	0,637

Примечание: З - значительное, Н - незначительное.

При замене на деталь с повышенными механическими свойствами после ремонтной наплавки или напыления, срок службы запорной арматуры (не зависящий от других узлов) может быть продлён на большее время. Этот факт может быть так же учтён при экономической оценке ремонтного восстановления, так как дополнительная остановка магистрали и более частые ремонтные работы, являются высокими составляющими экономических затрат. Иначе говоря, более целесообразно установить деталь, которой реже потребуется замена или ремонт. В таблице 6 сведены основные характеристики наиболее применяемых способов восстановления в современных условиях.

Плазменно-порошковая наплавка шибера. На сегодняшний день плазменная наплавка является наиболее современным способом восстановления изношенных деталей машин и нанесения износостойких покрытий на рабочую поверхность при изготовлении деталей.

Плазма - это высокотемпературный сильно ионизированный газ, состоящий из молекул, атомов, ионов, электронов, световых квантов и др. [1].

При дуговой ионизации газ пропускают через канал и создают дуговой разряд, тепловое влияние которого ионизирует газ, а электрическое поле создает направленную плазменную струю. Плазменная струя образуется в специальных горелках - плазмотронах [19]. Катодом является неплавящийся вольфрамовый электрод.

Плазменную наплавку можно реализовать двумя способами.

- подавать под срез сопла присадочную проволоку.
- осуществлять наплавку порошковыми сплавами. Порошок подается порционно при помощи порошкового питателя и захватывается потоком транспортирующего газа.

Наплавка выполняется в два слоя, первый слой плакирующий- сплав на основе никеля, второй слой- твердосплав.

Твердость наплавленного материала составляет порядка 52-55 HRC. Схематически плазменно порошковая наплавка и плазменная наплавка с присадочной проволокой представлены на рисунке 11.

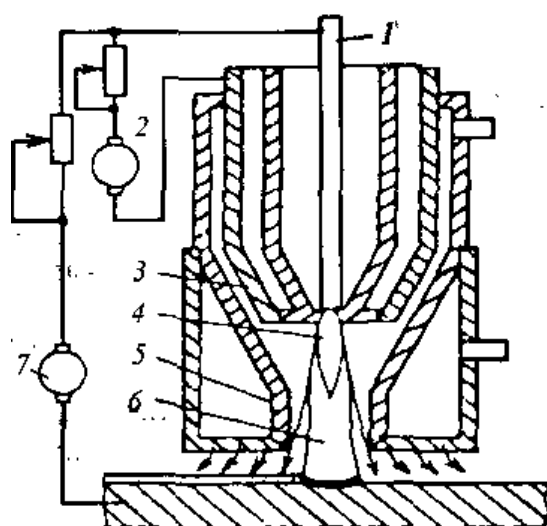


Рис. 12.9. Плазменная наплавка с вдуванием порошка в дугу:
 1 – вольфрамовый электрод;
 2 – ИП сжатой дуги косвенного действия (плазменной струи);
 3 – плазмообразующее сопло; 4 – плазменная струя;
 5 – защитное сопло; 6 – сжатая дуга прямого действия;
 7 – ИП сжатой дуги прямого действия.

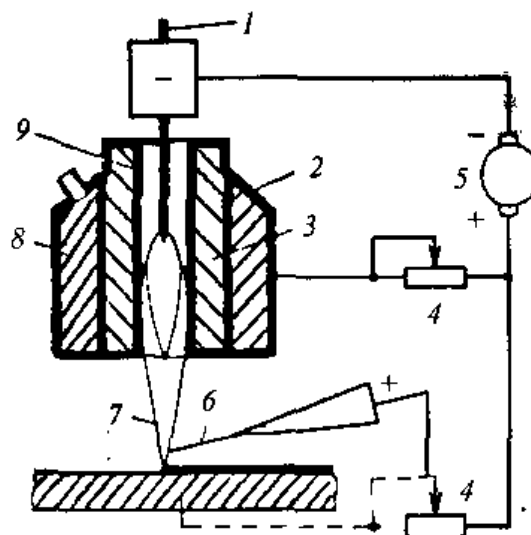


Рис. 12.10. Плазменная наплавка с присадочной проволокой:
 1 – вольфрамовый электрод;
 2 – плазмообразующее сопло;
 3 – вода;
 4 – балластные резисторы;
 5 – ИП; 6 – токоведущая проволока (пруток);
 7 – плазменная струя; 8 – защитный газ;
 9 – плазмообразующий газ

Рисунок 11 - Схема процесса плазменной порошковой наплавки и с присадочной проволокой [1]

Газотермическое напыление – это процесс нагрева, диспергирования и переноса конденсированных частиц распыляемого материала газовым или плазменным потоком для формирования на подложке слоя нужного материала [19]. Под общим названием газотермическое напыление объединяют следующие методы: газопламенное напыление, высокоскоростное газопламенное напыление, детонационное напыление, плазменное напыление, напыление с оплавлением, электродуговая металлизация и активированная электродуговая металлизация [32]. По своей сути газотермическое напыление очень похоже на сварку, отличие

заключается в функциональном назначении переносимого материала [31]. Цель сварки – соединение конструктивных элементов сооружений, цель газотермического напыления – защита поверхности от коррозии, износа и т.д.

Примеры газотермического напыления на шиберы задвижек показывают более долгую эксплуатацию, практически вдвое более продолжительную, чем без напыления.

Стоит отметить, что данные виды восстановительного ремонта так же являются не всегда доступными, в условиях, где необходимо произвести ремонт, имеют высокое время на транспортировку и ожидание ремонта, и при высокой стоимости данных вариантов ремонта так же не вполне являются рациональными.

Метод нанесения покрытий: высокоскоростное напыление.

Материал: WCCoCr (порошок кобальт-хром для напыления).

Тип покрытия: износостойкие покрытия, антикоррозионные покрытия

Современная запорная арматура производится по стандартам, предусматривающим обеспечение износостойкости и коррозионной стойкости запирающих элементов с помощью напыления и наплавки защитных покрытий.

Почти половина неисправностей задвижек связана и нарушением герметичности в связи с износом уплотнительных элементов. Для того, чтобы ремонт в итоге не оказался дороже стоимости половины задвижки, необходимо разрабатывать технологии диагностики и ремонта, позволяющих восстановить 100% функциональности затвора с минимальными затратами.

Газотермическое напыление металлических и металлокерамических покрытий много лет применяется ведущими зарубежными производителями запорной арматуры для решения вышеуказанных задач. Как правило, на шибер и на седло наносятся покрытия различной твёрдости – с тем, чтобы обеспечить прирабатываемость покрытий в процессе эксплуатации, хотя распространена и практика нанесения твердосплавных покрытий одинаковой

твёрдости. Фрагмент проведения процесса газотермического напыления на шибер задвижки представлен на рисунке 12.



Рисунок 12 - Схема процесса плазменной порошковой наплавки и с присадочной проволокой [20]

Пара покрытий, подбираемая на шибер и седло в зависимости от размера и назначения задвижек, обеспечивает наилучшую работу задвижки в ходе эксплуатации. Для наиболее сложных условий возможно применение наплавляемых лазером покрытий — при немного меньших твердости и износостойкости они обладают металлургической связью с основой [30]. Перечисленные качества сделали покрытия стандартом де-факто для производства шиберных задвижек большинства брендов Европы и США. Но возможность реализации этого вида, скорее рациональна не как ремонтная наплавка, а как подготовка детали к изначальной установке в узел. В том числе стоит учесть, что из за узкой специализации, такой метод возможно реализовать в специализированной лаборатории и на заказ. В дополнении, сложности реализации аналогичные плазменно-порошковой наплавки, так же имеют место и в данном варианте.

Электроискровое легирование. Сущность процесса электроискрового легирования основана на использовании плазменных импульсных искровых разрядов в воздушной среде при периодическом контактировании электрода с изделием, вследствие чего осуществляется перенос и осаждение расходуемого материала электрода на поверхность изделия [19]

Такие методы как хромирование и железнение, крайне мало подходят для выполнения данной задачи, так как не позволят восстановить исходные значения повреждённой детали. Вибродуговая и электроконтактная наплавка, наряду с полуавтоматической наплавкой под слоем флюса, являются механизированными видами наплавки, для которых нужно специализированное оборудование, что, как указано ранее, может являться препятствием для проведения такого ремонта, в связи с отсутствием этого оборудования в ближайшем доступе.

Исходя из потребностей быстрого и качественного ремонта, не превышающего по стоимости новой детали, при условии доступности оборудования для его проведения, из вариантов ручной дуговой наплавки, и наплавки в среде защитных газов, наиболее рациональным и экономичным может являться метод ручной дуговой наплавки покрытыми электродами, где при условии верного подбора материала для наплавки, возможно не только восстановить геометрию детали, но так же повысить механические свойства изделия. Особенно важно, что данный метод применим в условиях ближайшего расположения магистрали, так как является самым распространенным, может проводиться на оборудовании для РДС применяемых при других работах с магистралью, нет необходимости для конкретной квалификации сварщика по проведению наплавочных работ рассмотренных в данном разделе выше. Временные затраты на проведение такой наплавки минимальны, необходимо только проведение токарно-фрезеровочных работ по приведению детали к необходимым размерам.

Подводя итог краткого рассмотрения основных вариантов ремонта шибера при помощи наплавки или напыления, наиболее применимым в

полевых условиях, срочности проведения ремонта и возврата магистрали к работоспособному состоянию, представляется вариант ручной дуговой наплавки. Этот вариант представляется как наиболее оперативный, экономичный и доступный, как по оборудованию, как по используемому материалу для наплавки, так и по квалификации наплавщика, как указано ранее, в условиях срочной необходимости возврата магистрали трубопровода в рабочее состояние. В связи с этим было принято решение провести исследование по наплавке, методом ручной дуговой сварки (наплавки), тремя видами покрытых электродов равного диаметра (3 мм.), специально подобранных для выполнения исследования с целью повышения механических свойств изделия, на материал изготовления шибера – Сталь 45Х.

2 Методика проведения исследования

Ручная дуговая наплавка, как правило, производится в стационарных условиях. В комплект оборудования для ручной электродуговой наплавки входит: источник питания, стол или манипулятор изделия, электрододержатель, сварочные провода, защитные приспособления, вспомогательный инструмент (зубило, молоток.) Для оснащения поста используется обычное оборудование для ручной электродуговой сварки. Рабочее место наплавщика оборудуется приточно-вытяжной вентиляцией [3].

Процесс проведения исследования по наплавке состоит из основных этапов:

1. Подготовка оборудования, материалов и рабочего места;
2. Подготовки поверхности детали к наплавке;
3. Подготовки материалов к наплавке;
4. Сборка и закрепление и подготовка детали;
5. Процесс наплавки;
6. Контроль качества и исследование характеристик наплавленной детали;

2.1 Подготовка оборудования, материалов и рабочего места

Организация рабочего места должна обеспечивать безопасное выполнение работ. Рабочие места должны быть оборудованы различного рода ограждениями, защитными и предохранительными устройствами и приспособлениями, обеспечена защита зрения и кожи лица при дуговой сварке с помощью щитков, масок или шлемов. Для защиты окружающих от излучения дуги в стационарных условиях устанавливают закрытые кабины [3].

Проведение процесса наплавки будет производиться на базе ООО ССДЦ «Дельта», где соблюдены все данные условия. На базе испытательного центра, где оборудованы отдельные кабины для сварочных работ,

обеспеченные оборудованием, вентиляцией и безопасными условиями труда.

В качестве источника питания, используется источник постоянного тока - сварочный выпрямитель Форсаж-301. Трехфазный сварочный инвертор ФОРСАЖ-301 – это промышленный аппарат для профессиональной ручной электродуговой сварки плавкими штучными электродами диаметром до 5 мм. Аттестуется по РД 03-614-03 (НАКС) [12].

Внешний вид сварочного аппарата представлен ниже (рис. 13), а технические характеристики в таблице 7 [12].

Таблица 7 – Технические характеристики Форсаж-301 [12]

Наименование параметрами	Значение
Тип аппарата	Сварочный инвертор
Аргонодуговая сварка TIG	Есть
Ручная дуговая сварка MMA	Есть
Сварочный ток (MMA)	20-315 А
Сварочный ток (TIG)	10-315 А
Напряжение на входе	323-428 В
Количество фаз питания	3
Напряжение холостого хода	80 В
Тип выходного тока	постоянный
Мощность	17 кВт·А



Рисунок 13 – Внешний вид Форсаж-301 [12]

2.2 Подготовки поверхности детали к наплавке

Для проведения исследования, необходимо подготовить 3 образца пластин из стали 45Х толщиной 10 мм, так как аналогичные параметры имеет шибер, в задвижке модели «ПТ19005», рассмотренной в предыдущем разделе.

Размер заготовок 10x100 мм, внешний вид которой представлен на рисунке 14 и рисунке 15.



Рисунок 14 – Образец подготовленной заготовки для наплавки

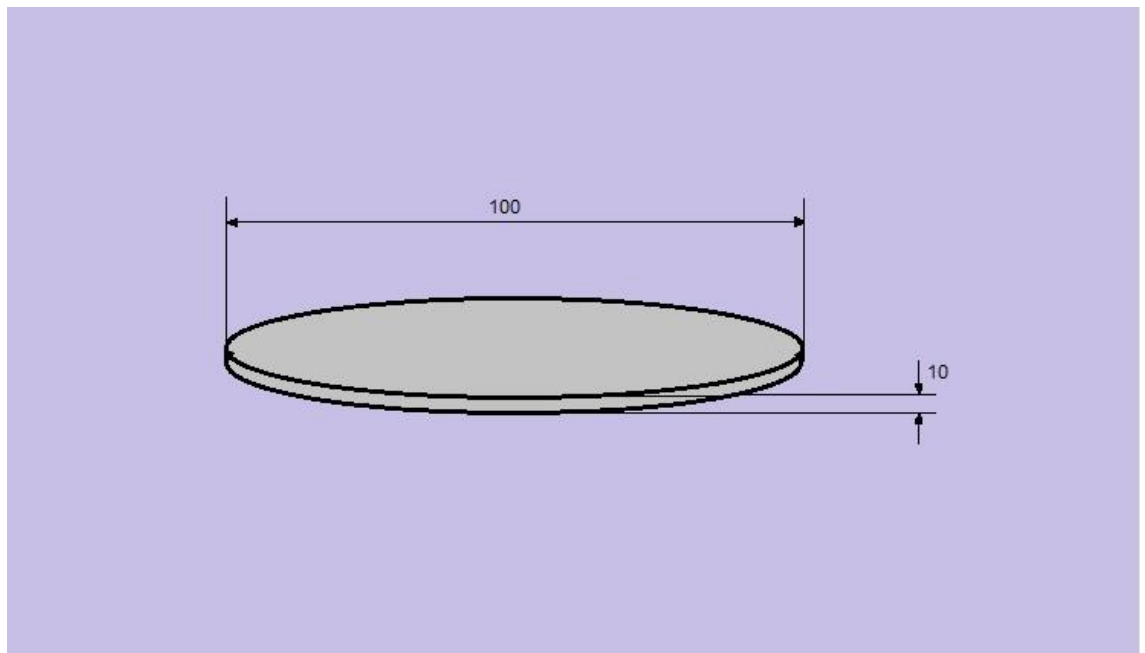


Рисунок 15 – Схема и размеры заготовки

Перед проведением исследования, металлической щеткой и произвести зачистку поверхности образца до металлического блеска.

При подготовке необходимо полностью исключить остатки следов коррозии, загрязнений и остатки коррозионной среды или других веществ, для чего заготовки промываются растворителем – ацетоном или керосином.

2.3 Подготовки материалов к наплавке

Общие принципы выбора электродов для восстановительной наплавки детали характеризуются рядом основных требований:

1. Необходимо обеспечить требуемую эксплуатационную прочность наплавленного металла;
2. Необходима сплошность наплавленного металла (без пор, шлаковых включений);
3. Необходимо обеспечить технологичность электродов, в данном случае приемлемым коэффициентом наплавки.

Эти показатели определяются для каждой марки электродов опытным путём, и легко могут быть установлены по справочным материалам, в данном случае опытным путём.

Для проведения трёх вариантов исследования, выбраны соответствующие, как для восстановления исходной геометрии детали, так и улучшения коррозионной и абразивной стойкости, с механическими и химическими свойствами, удовлетворяющими эксплуатационным требованиям, 3 варианта покрытых электродов:

1. Электроды УОНИ 13/85 Спецэлектрод (Э85) ГОСТ 9467 диаметром 3 мм. Марка образца –(А-1).

УОНИ 13/85 Спецэлектрод электроды с основной обмазкой, обладающей повышенной влагостойкостью, для проведения сварочных работ с особо ответственными конструкциями из легированных сталей с высокой или повышенной прочностью. Временное сопротивление составляет до 830

МПа, сварка может проводиться по всех пространственных положениях шва, с постоянным током обратной полярности. Электроды УОНИ-13/85 разработаны в НИИ-13. Предел прочности σ_t 780 МПа. В наплавленном металле гарантируются высокие показатели ударной вязкости при температурах до -40° . Прокаливать необходимо при: $250-300^\circ\text{C}$, в течении 2 часов [14].

Химический состав наплавленного металла %:

C - 0,12; Mn - 1,90; Si - 0,75; Mo - 0,65; P - 0,027; S - 0,017 [14].

2. Электроды Т-620 Спецэлектрод (Э-320Х23С2ГТР) ГОСТ 9467 диаметром 3 мм. Марка образца - (А-2).

Электроды Т-620 Спецэлектрод, выполненные со специальной обмазкой, и предназначенные для наплавки деталей работающих в условиях абразивного и коррозионного изнашивания, с небольшими ударными нагрузками. Наплавку возможно производить данным материалом в наклонном и нижнем положениях, переменным и постоянным током обратной полярности. Данный материал обеспечивает получение наплавленного слоя с высокими показателями износостойкости в работе с абразивными материалами, однако наплавленный слой имеет склонность к появлению мелких трещин, которые в свою очередь как правило не снижают эксплуатационные свойства отремонтированного изделия [15].

Химический состав наплавленного металла %:

C – 3,2; Mn - 1,20; Si – 2,2; Cr - 23; Ti – 1,3; В – 1,4 [15].

Температура прокали перед сваркой: $180 - 200^\circ\text{C}$. 2-3 часа [15].

3. Электроды ОК 75.75 ESAB (Э70) ГОСТ 9467 диаметром 3 мм. Марка образца (А-3).

Сварочные электроды ОК 75.75 ESAB для проведения сварочных работ ответственных конструкций из высокопрочных сталей и легированных сталей с нормативным пределом текучести до 700 МПа. Пространственные положения при сварке: 1, 2, 3, 4, 6. Электроды обеспечивают получение шва

с высокой стойкостью к образованию кристаллизационных трещин и низким содержанием водорода. Предел прочности σ_t 830 МПа. [16].

Химический состав наплавленного металла %:

C - 0,05; Mn - 1,61; Cr - 0,4; Mo - 0,4; Ni – 2,4; Si - 0,36 [16].

Температура прокали перед сваркой: 330 - 370 °С. 2 часа [16].

2.4 Сборка и закрепление и подготовка детали

Для удобного ведения наплавки детали, необходимо жестко закрепить заготовку в кондукторе или в специальном приспособлении (прижимах).

Так как материалом задвижки, и соответственно заготовок для исследования, является сталь 45Х, которая относится к трудносвариваемым, подверженным к повышенному трещинообразованию, необходим предварительный нагрев изделия до температуры 200—250° С с помощью газовой горелки с контролем температуры инфракрасным термометром модели RGK PL-12.

2.5 Процесс наплавки

После проведения подготовительных мероприятий, необходимо произвести по очереди наплавку всех трёх образцов пластин, соответствующей маркой электродов, с предварительным подогревом образца перед наплавкой.

Установить образец 1-ый (А-1) на рабочий стол сварщика и закрепить. Установить в электрододержатель электрод марки УОНИ 13/85 Спецэлектрод диаметром 3 мм, и произвести наплавку короткой дугой в нижнем положении в середине пластины валиком на проход (длиной не менее 100мм) с углом наклона электрода к поверхности 70-75° и силой сварочного тока 85-90А.

После проведения наплавки образец подвергают термической обработке – отпуску с нагревом до 650° С, со скоростью охлаждения не более 150 град/час под асбестовым одеялом.

Затем установить образец 2-ой (А-2) на рабочий стол, установить электрод марки Т-620 Спецэлектрод диаметром 3мм, и произвести наплавку короткой дугой в нижнем положении в середине пластины валиком на проход (длиной не менее 100мм) с углом наклона электрода к поверхности 70-75° и силой сварочного тока 85-90А.

Аналогично после проведения наплавки образец подвергают термической обработке – отпуску с нагревом до 650°С, со скоростью охлаждения не более 150 град/час.

Установить образец 3-ий (А-3) на рабочий стол и установить электрод марки ОК 75.75 ESAB диаметром 3мм, и произвести аналогичную наплавку данным образце с силой сварочного тока 85-90А. После чего так же термическую обработку образца – отпуск, с аналогичными ранее описанными условиями.

Производится наплавка подготовленных образцов на постоянном токе обратной полярности и короткой дугой. Расстояние между сварочным электродом и изделием составляет приблизительно 50% от диаметра электрода, то есть в нашем случае при диаметрах выбранных электродов – 3 мм., длина дуги будет составлять 1.5 мм. В процессе проведения наплавки необходимо соблюдать режим и технику процесса, при которых будет обеспечено минимальное проплавление базового материала (основного металла Сталь 45Х), и минимальное его перемешивание с наплавленным слоем. Так же важно соблюдение техники по не допущению трещин в наплавленном слое, шлаковых включений, пор, несплавлений и иных дефектов наплавленного металла. Важно при проведении наплавки соблюдать равномерный рельеф и высоту нанесённого металла, и минимизировать возможные коробления основного металла и возникновение

остаточных напряжений, за счёт контроля температуры образца в процессе наплавки.

На рисунке 16 схематически изображен наплавленный первый валик на подготовленный образец.

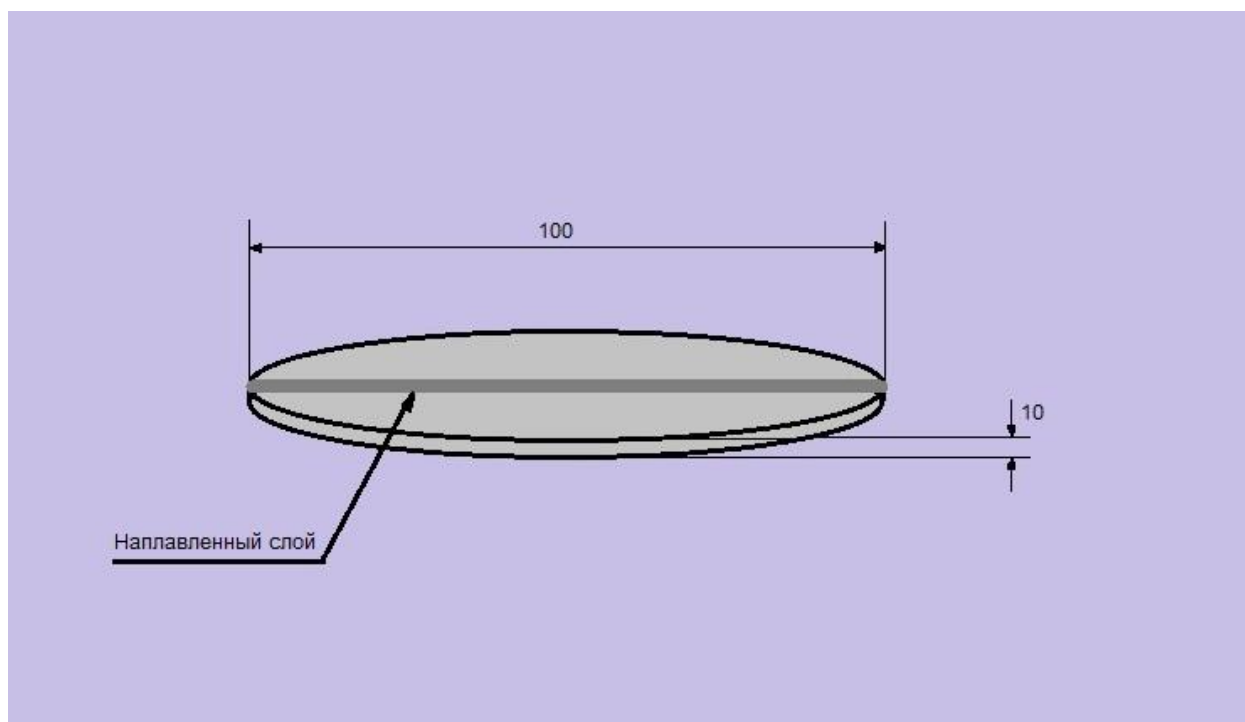


Рисунок 16 – Схематическое изображение наплавки

После процедуры отпуска произвести очистку образцов отбив шлак молотком, а затем зачистить металлической щеткой.

Техника полной наплавки и восстановления детали подразумевает наложение наплавленного слоя на всю площадь изделия, при помощи последовательного наложения валиков с перекрытием предыдущего на треть его ширины.

2.6 Контроль качества и исследование характеристик наплавленной детали

После остывания и очистки образцов необходимо провести визуальный контроль качества наплавки с поверхностных пор, трещин, подрезов, неравномерности геометрических размеров (ширина и высота наплавленного слоя) с помощью увеличительных измерительных приборов (лупа, линейка, штангенциркуль).

При отсутствии видимых дефектов при визуальном контроле образцы необходимо разделить режущим инструментом пополам поперёк наплавленному слою. Данные образцы отметить перманентным маркером с нумерацией:

- образец 1-ый: А-1;
- образец 2-ой: А-2;
- образец 3-ий: А-3.

Половины образцов отправить в лабораторию ООО ССДЦ «Дельта» для неразрушающего контроля, предварительно подготовив поверхность при помощи угловой шлифовальной машины. В лаборатории провести ультразвуковой контроль по ГОСТ 14782 для выявления дефектов в наплавленном слое и на границе сплавления. В том числе необходимо провести капиллярный контроль, чтобы выявить дефекты, выходящие за поверхность наплавленного слоя.

Другие половины образцов отправить в лабораторию ООО ССДЦ «Дельта» для проведения механических испытаний и контроля твердости наплавленного металла (предел прочности, ударная вязкость, твёрдость).

После получения результатов лабораторных испытаний, систематизировать и провести сравнительный анализ результатов наплавки различными электродами.

3 Проведение исследования по наплавке

3.1 Подготовка к проведению исследования

Перед началом проведения исследования, а именно наплавкой на образцы из стали 45Х электродами, выбранными для восстановительной наплавки, необходимо произвести подготовительные мероприятия, описанные ранее. А именно, подготовить сварочный пост, источник питания, сварочные материалы предварительно прокалить в соответствии с требованиями производителя, наплавщику подготовиться к проведению процесса.

Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями по безопасному проведению работ. Должно быть оборудовано ограждениями для исключения попадания сварочного излучения вне кабины, должны присутствовать защитные и предохранительные приспособления и устройства, должна быть обеспечена защита органов зрения, лица, при помощи сварочной маски, щитка или шлема [3].

Проведение процесса наплавки производится на базе ООО ССДЦ «Дельта», где соблюдены все данные условия. На базе испытательного центра, где оборудованы отдельные кабины для сварочных работ, обеспеченные оборудованием, вентиляцией и безопасными условиями труда.

Оборудование, а именно источник питания, с помощью которого проводилась наплавка, был источник постоянного тока - сварочный выпрямитель Форсаж-301, описанный в предыдущем разделе (рис. 13).

Внешний вид сварочного поста для проведения наплавки представлен на рисунке 17 ниже.



Рисунок 17 – Сварочный пост для проведения исследования

Прокалка электродов проводилась в электропечи для прокалки ЭПЭ-50/400 (рис. 18). Электропечь ЭПЭ-50/400 - нагревательное устройство, используемое для прокалки и сушки электродов с автоматическим поддержанием установленной температуры от 100 до 400 °С. Общий вес электродов в печи не должен превышать 50 кг. Для проведения данного эксперимента по наплавке задвижек необходимо около пяти электродов каждого вида. Следовательно, количество электродов не превышает допустимое значение. Для настройки параметров сушки используется блок

управления с терморегулятором. Электродуховка ЭПЭ-50/400 оснащена двумя трубчатыми электронагревателями, которые обеспечивают быстрый нагрев, равномерное распределение и поддержание необходимой температуры.



Рисунок 18 – Электродуховка ЭПЭ-50/400

Необходимые для исследования образцы-пластины из стали 45Х (рис. 19), которая применяется в шибберных задвижках для нефтепроводов, круглой формы, диаметром 100мм и толщиной 10мм, перед проведением наплавки образцы зачищены металлической щеткой до металлического блеска на месте прохождения наплавленного слоя, исключены остатки следов коррозии, загрязнений и остатки коррозионной среды или других веществ, заготовки промыты растворителем – ацетоном и просушены. Перед проведением исследования была произведена маркировка образцов согласно электроду, которым будет производиться наплавка, а так же условным

номерным обозначением (А-1, А-2 и А-3). Так ниже представлен образец А-1, для наплавки электродом УОНИ 13/85, Спецэлектрод диаметром 3мм.



Рисунок 19 – Образец А-1

Образец для наплавки электродом Т-620 Спецэлектрод диаметр 3мм, далее образец А-2, представлен на рисунке 20.



Рисунок 20 – Образец А-2

Третий образец для наплавки, далее образец А-3, для наплавки электродом ОК 75.75 ESAB диаметр 3мм.



Рисунок 21 – Образец А-3

3.2 Проведение процесса наплавки

После проведения предварительных мероприятий, был включен источник питания - сварочный выпрямитель Форсаж-301, установлена сила сварочного тока 90А, применяемая в дальнейшем для всех трёх вариантов наплавки.

Для проведения наплавки образцы по очереди были установлены на рабочем столе сварщика, закреплены в кондукторе, затем предварительно нагреты газовой горелкой до температуры 200—250° С, для предотвращения риска трещинообразования.

Далее по очереди была проведена наплавка всех образцов соответствующим электродом, на постоянном токе обратной полярности короткой дугой, валиками внахлест, с наложением на 1/3 от ширины предыдущего валика.

По завершению наплавки, проведена термическая обработка – отпуск образца, с медленным охлаждением под асбестовым покрывалом.

После процедуры отпуска образцы очищены, отбит шлак молотком, поверхность зачищена металлической щеткой. Нанесена повторно маркировка. Образцы после проведения наплавки показаны на рисунке 22.



Рисунок 22 – Образцы после наплавки

3.3 Контроль качества и исследование наплавленных деталей

На первом этапе проведён визуальный контроль качества наплавки, для исключения поверхностных пор, трещин, неравномерности наплавленного слоя, чешуйчатости наплавленного слоя, при помощи линейки и лупы.

Так как видимые дефекты на образцах отсутствовали, образцы были разделены режущим инструментом пополам поперёк наплавленному слою. Так как при зачистке маркировка стерлась, то данные образцы промаркированы вновь аналогично первичной маркировке (А-1, А-2 и А-3).



Рисунок 23 – Образец А-1 после распила



Рисунок 24 – Образец А-2 после распила



Рисунок 25 – Образец А-3 после распила

В лаборатории ООО ССДЦ «Дельта» был проведён неразрушающий контроль (ультразвуковой контроль и капиллярный контроль). После данного контроля, проведены механические испытания и контроль твердости наплавленного металла (предел текучести, временное сопротивление, относительное удлинение, ударная вязкость, твёрдость).

По результатам неразрушающего контроля, проведённого в лаборатории, дефектов обнаружено не было. Визуально-измерительный контроль производился после зачистки образцов от шлака с помощью лупы увеличительной, штангенциркуля. Капиллярный метод проводился с помощью цветной индикаторной жидкости - пенетранта, после чего она удалялась очистителем и проводилась проверка проявителем. Ультразвуковой контроль был проведён при помощи цифрового дефектоскопа А1214 EXPERT, который относится к ручным ультразвуковым приборам общего назначения портативного исполнения, и предназначен для

поиска, определения координат и оценки размеров различных нарушений сплошности и однородности материала в изделиях из металлов и пластмасс.

Результаты контроля (табл. 8) показали, что дефектов в наплавленном слое не обнаружено.

Таблица 8 – Результаты неразрушающего контроля

Виды испытаний/Вид электрода	УОНИ 13/85 (А-1)	T620 (А-2)	ОК 75/75 (А-3)
Визуально и измерительный контроль	Без дефектов	Без дефектов	Без дефектов
Капиллярный метод контроля	Без дефектов	Без дефектов	Без дефектов
Ультразвуковой контроль	Без дефектов	Без дефектов	Без дефектов

После проведённого неразрушающего контроля, и полученных при нём положительных результатах, были проведены механические испытания на оборудовании лаборатории:

- разрывная машина WAW-1000D - сервогидравлическая испытательная машина производства Time Group Inc., предназначенная для проведения испытаний образцов на растяжения, сжатие и изгиб в диапазоне нагрузок до 1000 кН (100000 кг), проводились испытания на Предел текучести, Временное сопротивление и Относительное удлинение согласно ГОСТ 6996-66, внешний вид машины представлен на рисунке 26;



Рисунок 26 – разрывная машина WAW-1000D

- маятниковый копер JB-300B с аналоговым циферблатом для испытания металлических образцов на двухопорный ударный изгиб по методу Шарпи с энергией удара 150/300 Дж., на котором проводились испытания на Ударную вязкость согласно ГОСТ 6996-66, внешний вид машины представлен на рисунке 27;



Рисунок 27 – маятниковый копер JB-300B

- микроскоп металлографический ЕС МЕТАМ РВ-21, для визуального наблюдения микроструктуры металлов и сплавов;
- микротвердомер ПМТ -3М, который предназначен для оценки микротвердости структуры непрозрачных объектов.

Результаты проведённых испытаний по каждому образцу собраны и внесены в сводную таблицу ниже, в соответствии с образцом и видом испытаний, который проводился.

Первое ознакомление с результатами даёт понять общую картину механических свойств, полученных после наплавки тремя видами электродов. Образец, наплавленный электродом Т-620 (А-2), по многим параметрам (таким как Предел текучести, Твёрдость, Ударная вязкость) превосходит образцы наплавленные электродами ОК 75/75 (А-3) и УОНИ 13/85 (А-1). Однако полный анализ, в сравнении с характеристиками самой стали 45Х, будет проведён ниже.

Таблица 9 – Результаты разрушающего контроля и механических испытаний

Виды испытаний/Вид электрода	УОНИ 13/85 (А-1)	Т620 (А-2)	ОК 75/75 (А-3)
Предел текучести, МПа	771	781	756
Временное сопротивление, МПа	935	915	819
Относительное удлинение, %	14	13	21
Ударная вязкость, Дж/см ²	112	115	111
Твердость НРС _Э	52	59	50
Металлографические исследования	Без дефектов	Без дефектов	Без дефектов

3.4 Анализ полученных результатов испытаний

Для сравнительного анализа полученных результатов между собой, необходимо сравнение с базовыми свойствами стали 45Х, используемой в качестве материала в шибере задвижки. Данные взяты из справочных материалов по машиностроению, указанных в списке используемых источников.

Из разных вариантов поставки данного вида стали, был выбран подходящий по параметрам, относительно специфики заданного изделия - толщина сечения поковки менее 100мм, с наибольшей КП (категорией прочности). Сканированный вариант таблицы представлен в рисунке 28 ниже.

Термообработка, состояние поставки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	KCU, Дж/м ²	НВ
Пруток. Закалка 840 °С, масло. Отпуск 520 °С, вода или масло	25	830	1030	9	49	
Поковки. Нормализация. КП 315	<100	315	570	17	39	167-207
Поковки. Закалка, отпуск. КП 315	500-800	315	570	11	29	167-207
Поковки. Нормализация. КП 345	<100	345	590	18	59	174-217
Поковки. Нормализация. КП 345	100-300	345	590	17	54	174-217
Поковки. Закалка, отпуск. КП 490	<100	490	655	16	59	212-248
Поковки. Закалка, отпуск. КП 590	<100	590	735	14	59	235-277
Поковки. Закалка, отпуск. КП 640	<100	640	785	13	59	248-293

Рисунок 28 – Варианты поставки стали 45Х и их основные механические свойства

Таким образом, за базовый вариант были взяты поковки сечением менее 100мм, после закалки и отпуска, с категорией прочности и пределом текучести $\sigma_{0,2}$ - 640 МПа. Временное сопротивление разрыву (предел прочности при растяжении) σ_B у данного вида поставки равен 785 МПа, относительное удлинение δ_5 составляет 13%, ударная вязкость KCU – 59 Дж/м², а твёрдость по Бринеллю НВ в диапазоне от 248 до 293 единиц.

Так как данные наплавленных образцов по твёрдости получены в системе HRC (по Роквеллу), а справочные данные по твёрдости получены по НВ (по Бринеллю), необходимо произвести перевод НВ в HRC. Это было сделано с помощью таблицы «Сравнения чисел твёрдости металлов и сплавов по различным шкалам», из Справочника конструктора –

машиностроителя под редакцией В.И. Анурьева [2]. Сканированный вариант таблицы приведён на рисунке 29 ниже.

26. Сравнение чисел твердости металлов и сплавов по различным шкалам							
Виккерс HV	Бринелль HB	Роквелл HRB	σ_b , МПа	Виккерс HV	Бринелль HB	Роквелл HRC	σ_b , МПа
100	100	52,4	333	245	245	21,2	815
105	105	57,5	350	250	250	22,1	835
110	110	60,9	362	255	255	23,0	855
115	115	64,1	382	260	260	23,9	865
120	120	67,0	402	265	265	24,8	880
125	125	69,8	410	270	270	25,6	900
130	130	72,4	430	275	275	26,4	910
135	135	74,7	450	280	280	27,2	930
140	140	76,6	470	285	285	28,0	950
145	145	78,3	480	290	290	28,8	970
150	150	79,9	500	295	295	29,5	980
155	155	81,4	520	300	300	30,2	1000
160	160	82,8	530	310	310	31,6	1030
165	165	84,2	550	320	319	33,0	1060
170	170	85,6	565	330	328	34,2	1090
175	175	87,0	580	340	336	35,3	1120
180	180	88,3	600	350	344	36,3	1150
185	185	89,5	620	360	352	37,2	1180
190	190	90,6	640	370	360	38,1	1200
195	195	91,7	650	380	368	38,9	1230
200	200	92,8	665	390	376	39,7	1260
205	205	93,8	685	400	384	40,5	1290
210	210	94,8	695	410	392	41,3	1305
215	215	95,7	715	420	400	42,1	1335
220	220	96,6	735	430	408	42,9	1365
225	225	97,5	745	440	416	43,7	1385
230	230	98,4	765	450	425	44,5	1410
235	235	99,2	785	460	434	45,3	1440
240	240	100,0	795	470	443	46,1	1480

Рисунок 29 – Сравнения чисел твёрдости металлов и сплавов по различным шкалам [2]

Из таблицы мы можем взять, что максимальное значение НВ в выбранном виде поставки материала, которое составляет 293 единицы, приблизительно эквивалентно 29 единицам по HRC.

Для упрощения проведения сравнительного анализа, данные по механическим свойствам исходного материала и наплавленных образцов консолидированы в общую таблицу.

Таблица 10 – Механические свойства наплавленных образцов и базового материала

Механические свойства	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость, Дж/м ²	Твердость HRC
45X	640	785	13	59	29
УОНИ 13/85 (А-1)	771	935	14	112	52
T620 (А-2)	781	915	13	115	59
ОК 75/75 (А-3)	756	819	21	111	50

Проводя сравнение механических свойств, как отдельно по показателям, так и в целом, выделяется образец наплавленный электродами T620 (А-2), который практически по всем пунктам (Предел текучести, Ударная вязкость, Твёрдость, Относительное удлинение) превосходит остальные образцы и сталь 45X. Так, например предел текучести T620 выше, чем у базового варианта на 20.5%, и выше в абсолютном значении, чем у остальных образцов. Временное сопротивление T620 выше базового варианта на 16.5%, но при этом ниже, чем у УОНИИ 13/85 на 2.2%. Относительное удлинение базового варианта и T620 идентичны, но меньше чем у других образцов, а ударная вязкость T620 превосходит остальные варианты, в том числе базовый 95%. В том числе показатель твёрдости HRC по образцу наплавленному электродами T620, имеет наибольшее значение, и

выше базового на 103.5%, выше чем УОНИ 13/85 на 13.5%, и чем ОК 75/75 на 18%.

Подводя итоги, можно отметить, что варианты ремонтной наплавки в целом имеют механические свойства выше, чем сталь 45Х в базовом варианте изготовления шибера задвижки, и это уже указывает на целесообразность проведения данного вида ремонтной наплавки в целом. Из трёх вариантов (выбранный материал для наплавки) проведения эксперимента, можно выделить наплавку электродами Т620 (А-2), где большая часть основных показателей механических свойств выше, чем у других образцов исследования.

Следовательно, для ремонта задвижек, изготовленных из Стали 45Х целесообразно использовать электроды марки Т-620 Спецэлектрод диаметром 3мм.

Заключение

Ремонтная наплавка, один из наиболее современных и эффективных способов восстановления деталей машин и механизмов. В данной работе по исследованию технологии ремонта задвижек на нефтепроводах, рассмотрен ремонт шиберных задвижек, как отдельного вида запорной арматуры, и самого запорного элемента – шибера. Приведено ознакомление с общим представлением о шиберной задвижке, её устройстве, условиях эксплуатации и возможные неисправности. Проведён анализ материала шибера запорной арматуры, стали из которой он изготовлен и её свойства, а именно Стали 45Х, применяемой в конкретной выбранной для рассмотрения модели задвижки. Рассмотрены основные способы ремонтной наплавки, применимые к материалу изделия, проведено их сравнение и выбор наиболее рационального варианта наплавки, а именно ручная дуговая наплавка, методом которой в дальнейшем проведен эксперимент в рамках данного исследования.

Решены задачи исследования, а именно:

- на основе выбранного метода ремонтной наплавки, проведены испытания по нанесению наплавленного слоя на базовый материал;
- проведены лабораторные испытания наплавленных образцов, а именно неразрушающий и разрушающий контроль качества;
- проведён анализ полученных результатов эксперимента на основе данных лабораторных исследований наплавленных образцов;
- подведены итоги проведённого анализа и сделан вывод о результатах в целом и наиболее подходящем материале для наплавки.

Достигнута цель исследования, а именно определён выбор способа ремонтной наплавки, и выбор материала для её проведения.

Подводя итоги данного исследования, ремонтная наплавка снова показала высокую степень возможности не только восстановления геометрических размеров детали, но и повышение механических свойств, что

напрямую влияет на длительность службы узла какого либо агрегата. Так высокая ответственность узла – шибера в запорной арматуре на нефтепроводах, вынуждает использовать только надёжный метод ремонта. А в условиях необходимости максимально быстрого восстановления работоспособности, и доступность для проведения данного метода ремонта. Результаты ремонтной наплавки показали повышение характеристик и механических свойств по всем исследованным показателям, и в некоторых элементах более чем на 100%. В целом, можно сделать заключение о высокой целесообразности ремонтной наплавки шибера задвижки, как более прогрессивными методами, при условии их доступности без потерь временных и экономических ресурсов, так и ручной дуговой наплавкой, как наиболее экономичной и доступной, с корректно подобранными материалами для наплавки.

Список используемых источников

1. Антонов В.А., Кондратьев И.А. Восстановительная наплавка мелких прецизионных вырубных штампов II Теоретические и технологические основы наплавки. Современные способы наплавки и их применение. Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1982. – 120 с.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. М.: Машиностроение, 2006. – 574 с.
3. Безопасность производственных процессов. Справочник. Под ред. Белова С.В. М.: Машиностроение, 1985. – 448 с.
4. Валвегатор: система поиска поставщиков. [Электронный ресурс] – URL: <https://valvegator.ru/catalog/zadvizhki/shibernaya/2005-jafar-dn700-pn0-4/> (дата обращения: 12.04.2020).
5. Гитлевич А.Д., Этингф Л.А. Механизация и автоматизация сварочного производства. М.: Машиностроение, 1979. – 280 с.
6. ГОСТ 2246–70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. – Введ. 1973–01–01. – М.: Издательство стандартов, 1970. – 19 с.
7. ГОСТ 33852–2016. Арматура трубопроводная. Задвижки шиберные для магистральных нефтепроводов. Общие технические условия. – Введ. 2017–08–01. – М.: Стандартинформ, 2016. – 37 с.
8. ГОСТ 9087–81. Флюсы сварочные плавные. Технические условия. – Введ. 1982–01–01. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 25 с.
9. ГОСТ 9467-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей. – Введ. 1977–01–01. – М.: Издательство стандартов, 1975. – 27 с.
10. Григорьянц А. Г., Шиганов И. Н., Мисюров А. И. Технологические процессы лазерной обработки. Учеб. пособ.: Под ред. А. Г. Григорьянца. – М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 664 с.
11. Казаков. Ю.В. Магистерская диссертация: учебно – методическое пособие / Ю.В. Казаков. – Тольятти: ТГУ, 2017. – 61 с.

12. Каталог продукции АО «Государственный Рязанский Приборный Завод». [Электронный ресурс] – URL: <http://grpz.ru/production/civil/welding/item/svarochnyj-invertor-forsag301/> (дата обращения: 16.10.2020).

13. Каталог продукции АО «ПензТяжПромАрматура». [Электронный ресурс] – URL: http://www.ptpa.ru/upload/katalog-2019/%D0%9A%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%20%D0%9F%D0%A2%D0%9F%D0%90_%D0%97%D0%B0%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D0%BA%D0%B8.pdf (дата обращения: 12.04.2020).

14. Каталог продукции АО «СпецЭлектрод». [Электронный ресурс] – URL: <https://www.spetsselectrode.ru/electrod/1385.htm> (дата обращения: 17.10.2020).

15. Каталог продукции АО «СпецЭлектрод». [Электронный ресурс] – URL: <https://www.spetsselectrode.ru/electrod/t620.htm> (дата обращения: 17.10.2020).

16. Каталог продукции АО «ЭСАБ». [Электронный ресурс] – URL: <https://www.esab.ru/ru/ru/products/filler-metals/covered-stick-electrodes-smaw/low-alloy-electrodes/ok-75-75.cfm> (дата обращения: 17.10.2020).

17. Маньковский С.А., Балдаев С.Л., Мухаметова С.С. Трубопроводная арматура и оборудование. – 2013. – № 2 (65). – С. 36–38

18. Марочник сталей и сплавов: справочник / под ред. В.Г. Сорокина. М.: Машиностроение, 1989. – 632 с.

19. Метлин Ю.К., Новиков И.В., Акильев С.А. Восстановление изношенных деталей дорожных машин. – М.: Транспорт, 1977. – 185 с.

20. Официальный сайт АО «Плакарт». [Электронный ресурс] – URL: <https://www.plakart.pro/services/neft-i-gaz/zashchita-ot-iznosa-i-korrozii-rabochikh-detaley-zapornoj-armatury-shibernaya-zadvizhka-sedlo-sharov/> (дата обращения: 12.11.2020).

21. Петров Г.Л., Тумарев А.С. Теория сварочных процессов. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1977. – 392 с.

22. Правила оформления выпускных квалификационных работ. Учебно-методическое пособие. Под ред. Амирджанова И.Ю., Варенцова Т.А., Виткалов В.Г., Егоров А.Г., Петрова В.В. Тольятти: Издательство ТГУ, 2019. – 145 с.
23. Сварка разнородных сталей. Справочное пособие. Под ред. Закс И.А. М.: Машиностроение, 1973. – 208 с.
24. Справочник молодого электросварщика. Под ред. Сергеева Н.П. М.: Высшая школа, 1980. – 192 с.
25. Справочник по сварке, пайке, склейке и резке металлов и пластмасс. Под ред. Ноймана А., Рихтера Е., перевод с немецкого АА. Шарапова. М.: Металлургия, 1980. – 464 с.
26. Справочник по сварочным работам. Под ред. Хромченко Ф.А. М.: НПО ОБТ, 2000. – 427 с.
27. Шиберные задвижки: характеристики и сферы применения. [Электронный ресурс] – URL: https://armstroy-nn.ru/useful_info/article/shibernye-zadvizhki-kharakteristiki-i-sfery-primeneniya (дата обращения: 10.04.2020).
28. Davies A.C. The Science and Practice of Welding: Volume 1 / A.C. Davies // CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS – 2003. – P. 364.
29. ISO 14313-2007. Petroleum and natural gas industries — Pipeline transportation systems — Pipeline valves. — URL: <https://www.iso.org/standard/41110.html> (дата обращения: 20.11.2020).
30. Julian P. Arc Welding Control / Pan Julian // ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY – 2003. – P. 624.
31. Phillips David H. Welding Engineering: An Introduction / David H. Phillips // John Wiley & Sons Inc – 2016. – P. 290.
32. WebofScience. — URL: <http://apps.webofknowledge.com/> (дата обращения: 15.11.2020).