

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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Восстановление сваркой дефектных деталей в фармацевтической
промышленности

Студент

А.Н. Овчинников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.т.н., доцент Н.В. Зубкова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – уменьшение расходов при восстановлении дефектных корпусов технологического оборудования предприятия «Московский эндокринный завод».

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи: выбраны вспомогательные материалы; определены режимы сварки; разработан типовой технологический процесс ремонта; выполнен анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала; выполнена экономическая оценка варианта сварки дефектных корпусов.

Пояснительная записка содержит 58 страниц при 6ти рисунках и 10 таблицах. Графическая часть содержит 6 листов формата А1.

Выполненный анализ ситуации на предприятии «Московский эндокринный завод» показал, что ремонт дефектных корпусов технологического оборудования станет актуальным. Разработан технологический процесс ремонтной сварки с учетом требований стандартов GMP (ГОСТ Р 52249-2009).

Содержание

Введение.....	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	8
1.1 Условия эксплуатации корпусов технологического оборудования	8
1.2 Оценка свариваемости.....	11
1.3 Анализ передовых технических решений при сварке нержавеющей сталей.....	14
1.4 Задачи работы.....	21
2 Разработка технологического процесса ремонтной сварки.....	22
2.1 Выбор режимов сварки и вспомогательных материалов.....	22
2.2 Технология ремонта варкой заплат	24
3 Безопасность и экологичность разработанных технических решений	29
3.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта	29
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	30
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	30
3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	31
3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	34

3.6 Заключение по разделу	35
4 Экономическая эффективность проекта.....	36
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов	36
4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса.....	39
4.3 Расчет затрат на новое оборудование	41
4.4 Расчет технологической себестоимости	45
4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений.....	51
4.6 Выводы по разделу.....	53
Заключение	54
Список используемых источников.....	55

Введение

Предприятие «Московский эндокринный завод» имеет многолетнюю историю. Завод был создан в 1943 году. В условиях войны на заводе был налажен выпуск инсулина и других препаратов, производимых из сырья крупного рогатого скота. В 1968 году, одним из первых в СССР предприятие наладило выпуск препаратов в шприц-тюбиках.

К сожалению, в 90е по предприятию был нанесен сильный удар. Практически прекратился выпуск препаратов – продуктов переработки животного сырья. Однако предприятие выстояло, и после реконструкции включает в свой состав 4 цеха по выпуску препаратов в ампулах и флаконах и цеха по выпуску препаратов в пластмассовых флаконах и шприц-тюбиках. Производятся десятки препаратов от «А» - адреналин, до «Э» - эфедрин.

Понятное дело, что производство лекарств требует специализированного оборудования. Поскольку в настоящее время предприятие внедрило стандарты GMP (ГОСТ Р 52249-2009), то конструкция оборудования должна минимизировать ошибки при эксплуатации и обеспечивать эффективность в обслуживании и очистке. Вообще, на фармацевтических предприятиях применяют следующие группы оборудования: технологическое; емкостное; вспомогательное; аналитическое; измерительное; прочее.

Основное оборудование предназначено непосредственно для получения продукции. В нем реализуется синтез действующего вещества лекарства. Особенность такого оборудования – наличие рабочего пространства. Емкостное оборудование предназначено для хранения и перемещения сырья. К вспомогательному оборудованию относят, например, средства для перемещения емкостей, оборудование для производства стеклянных ампул и пластмассовых флаконов, оборудование для оформления и упаковки. К аналитическому оборудованию относят различные приборы для контроля качества продукции.

Отличительная особенность оборудования для фармацевтических заводов – оно должно обеспечивать очень высокую степень чистоты конечного продукта. Примеси в лекарственные средства могут попадать из некачественного сырья, в процессе синтеза и в процессе фасовки. Исключить попадание примесей из некачественного сырья возможно при проведении тщательного входного контроля. На стадии фасовки проблема также легко решается за счет контроля состояния инструмента машин для таблетирования. Проблема исключения попадания примесей в процессе синтеза решается правильным подбором конструкционных материалов для основного оборудования [2].

Конструкционные материалы помимо традиционных требований – прочности, износостойкости должны обладать особыми свойствами, в зависимости от протекающего технологического процесса. Стойкостью к воздействию кислот, щелочей. Наиболее полно указанным требованиям удовлетворяет сталь 12X18H10T. Поэтому она получила широкое распространение при производстве оборудования для фармацевтической промышленности. Для примера – общее количество цветных металлов в оборудовании фармацевтической промышленности около 5%. Хотя цветные металлы обладают хорошей коррозионной стойкостью в различных средах их применяют для теплообменной аппаратуры и дражировочных котлов. Нашли также применение различные керамики, пластмассы, стекло. Однако ремонтным службам предприятия «Московский эндокринный завод» приходится иметь дело преимущественно с устранением дефектов оборудования из нержавеющей стали.

На предприятии трудятся более 700 человек, причем, 9 человек с ученой степенью кандидата наук. В составе ремонтных служб (ремонтно-механический участок) трудятся 20 человек. На их плечи возложены работы по обслуживанию контрольно-измерительной аппаратуры, различных машин и по ремонту технологического оборудования. Причем, в некоторых случаях применяется сварка. Например, на поверхность изношенных

деталей наплавляется слой и после механической обработки деталь устанавливается в технологическую установку. Однако длительный срок службы оборудования после реконструкции привел к тому, что все чаще приходится заниматься устранением дефектов корпусов различных емкостей. В настоящее время подобного рода дефекты устраняют специалисты со стороны, однако расходы при этом значительны. Возложить на ремонтные службы предприятия обязанности ремонта дефектов корпусов является альтернативным вариантом, который может уменьшить расходы на восстановление.

Следовательно, можно сформулировать цель настоящей работы – уменьшение расходов при восстановлении дефектных корпусов технологического оборудования предприятия «Московский эндокринный завод».

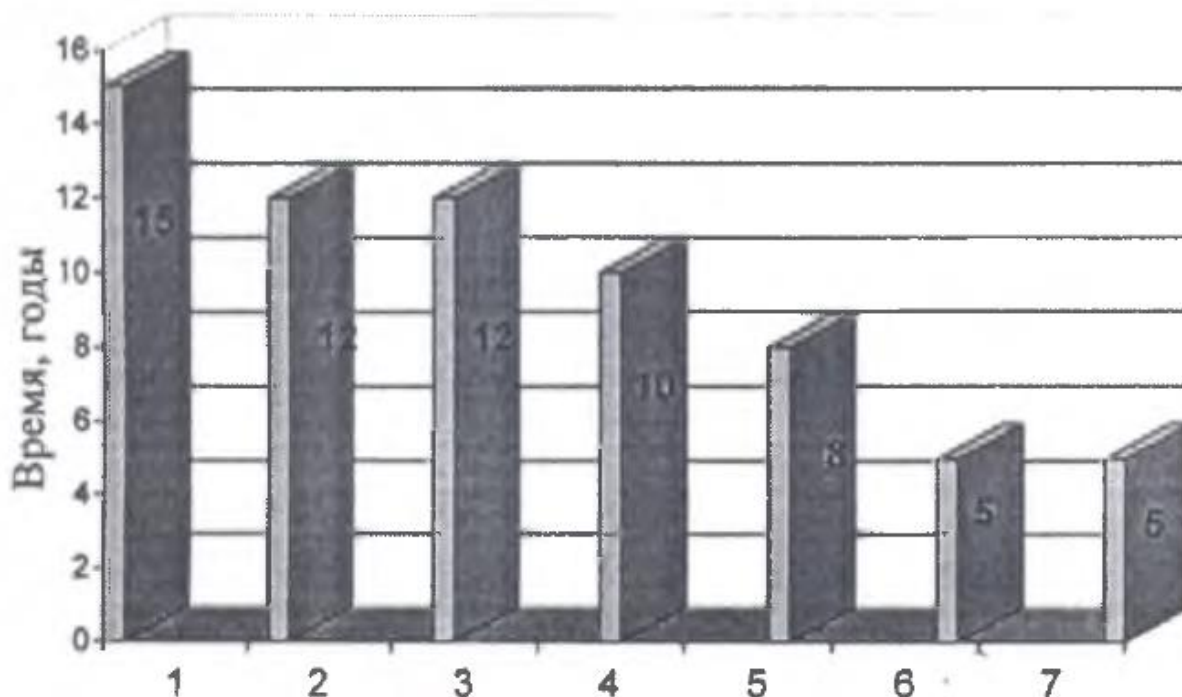
1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Условия эксплуатации корпусов технологического оборудования

На предприятии «Московский эндокринный завод» выпускается обширная номенклатура лекарственных средств, однако, как было указано выше, технологических технологических линий не так уж и много. Причина этого в том, что незначительное количество лекарственных препаратов позволяют успешно бороться с различными недугами, например анальгетики, антибиотики. Эти лекарственные средства выпускают в больших количествах. Программа выпуска большинства лекарственных средств невелика. Поэтому применяют совмещенные схемы производства. Особенность заключается в том, что на одном и том же оборудовании выпускают разные лекарственные средства, при этом химический состав сред в технологических емкостях может существенно различаться. Это является дополнительным фактором, ускоряющим процессы коррозии. Причем, традиционные методы защиты от коррозии в данном случае не могут применяться.

Срок службы корпусов различного технологического оборудования до выхода из строя по причине коррозионных повреждений показан на рисунке 1.1 [2]. Анализ графика показывает, что ближайшие годы начнется массовый выход из строя установок для ферментации, отстоя и экстракции. Хотя уже в настоящее время доля затрат на устранение коррозионных повреждений к общим затратам на капитальный ремонт предприятия «Московский эндокринный завод» составляет 10%.

Проведенный анализ показывает, что наиболее часто повреждения корпусов оборудования на предприятии «Московский эндокринный завод» идет по механизму питтинговой коррозии. Реже встречаются повреждения по механизму щелевой коррозии и межкристаллитной.



1 – ферментационное; 2 – отстойное; 3 – экстракционное; 4 – фильтрационное; 5 – дистилляционное; 6 – осадители; 7 – кристаллизаторы.

Рисунок 1.1 – Срок службы технологического оборудования

Хотя стали с высоким содержанием хрома, из которых, как сказано было выше, выполняют большинство технологических установок химико-фармацевтической промышленности, имеют на своей поверхности защитную пленку из оксидов хрома, зачастую пленка локально повреждается. Этому способствует наличие в среде внутри емкости галогенид-ионов. Повреждения происходят в слабых местах – неметаллические включения, границы зерен. Питинговая коррозия начинается с появления углублений на поверхности металла. Затем поражение разрастается по механизму электрохимических реакций. В некоторых случаях питинги захватывают значительную площадь поверхности металла. На рисунке 1.2 показан фрагмент внутренней поверхности емкости гидратации, пораженной множественными питингами. На рисунке 1.3 показан фрагмент дна мешалки пораженного питингами. Для питинговых повреждений характерным является быстрый рост, а

поскольку в фармацевтической промышленности толщина стенок емкостей не является значительной, давления не столь высоки как в реакторах и прочих емкостях химических предприятий, то возможен достаточно быстрый выход емкости из строя.



Рисунок 1.2 – Питинговая коррозия корпуса емкости гидратации

Другим негативным моментом питинговой коррозии является загрязнение продукта металлическими примесями [3].

Щелевая и межкристаллитная коррозия хотя встречается реже, но

данный вариант разрушения металла является более опасным, так как визуально подобного рода коррозионные разрушения определить сложнее. Но при наличии таких повреждений несущая способность металлической конструкции значительно снижается. Кроме того, данные коррозионные повреждения характеризуются высокой скоростью распространения. Механизм данных повреждений заключается в том, что происходит избирательное растворение границ зерен металла. Хотя металл в целом обладает высокой стойкостью к коррозии.



Рисунок 1.3 – Питинговая коррозия днища мешалки

Новые исследования показывают, что усиление коррозии происходит в обедненных хромом пограничных областях [5].

Если коррозионному воздействию подвергается сварная емкость из нержавеющей стали, то коррозия у линии сплавления со швом называется ножевой. Следует отметить, что сталь 12X18Н10Т относится к хромо-никелевым и стабилизирована титаном, следовательно, она восприимчива к таким коррозионным повреждениям.

1.2 Оценка свариваемости

Как было указано выше, технологическое оборудование фармацевтической промышленности изготавливают, в большинстве случаев, из стали марки 12X18Н10Т. Химический состав данного материала отражен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Химический состав стали 12X18H10T

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Ti, %	S, %	P, %
0,09	≤ 0,71	≤ 1,52	18,4	10,2	0,76	≤ 0,008	≤ 0,018

Наиболее подходящим вариантом устранения коррозионных повреждений является сварка плавлением. Поэтому выполним анализ стали 12X18H10T на свариваемость.

Сопротивление коррозионному действию внешней среды в стали 12X18H10T обеспечивает прочная и плотная пленка оксида хрома, препятствующая контакту стали со средой. Но хром затрудняет сварку сталей. Кроме того, образующиеся при сварке карбиды хрома ухудшают сопротивление стали действию агрессивных сред.

Анализ свариваемости стали 12X18H10T позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

Следовательно, меняя способ или конструкцию, можно получить вполне работоспособный при данных условиях сварной узел.

Однако при этом следует помнить, что все указанные в документации эксплуатационные требования на конкретный сварной узел должны выполняться. Если анализируемый способ сварки не позволяет обеспечить выполнение хотя бы одного показателя, из предъявляемых к сварному узлу, то анализируемый способ не обеспечивает свариваемость. Но если другой способ обеспечивает выполнение всех эксплуатационных требований к сварному узлу, то данный способ обеспечивает свариваемость.

Подытоживая можно сделать вывод, что материал, соединенный одним способом сварки при одних условиях эксплуатации может быть признан

обладающим свариваемостью, а при других может быть признан не обладающим свариваемостью. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в соединяемом материале. Например, определить вероятность образования при сварке сталей горячих трещин можно используя формулу определения показателя Уилкинсона [6]:

$$HCC = \frac{C \left(S + P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100} \right) 10^3}{3Mn + Cr + Mo + V},$$

После выполненных расчетов по данной формуле проводят оценку появления горячих трещин по величине показателя HCC и по величине предела прочности.

Однако расчетные формулы не могут учесть все факторы эксплуатации сварного изделия. Поэтому разработаны различные методы испытания на свариваемость. Различают механические, неразрушающие, эксплуатационные и специальные методы. Механические, эксплуатационные и специальные методы предусматривают разрезку или разрушение сварных соединений и применяются, в основном, в лабораторных условиях.

При оценке склонности к горячим трещинам при сварке возможны такие варианты сварки образцов, как с жестким заземлением, с приложением нагрузок, и с определением прочности и пластичности при высоких температурах.

Исследование образцов с жестким защемлением не позволяет получить количественную оценку склонности к образованию трещин. Исследуемый образец или разрушился, или нет.

Исследование образцов с приложением нагрузок требует контроля деформаций, напряжений в исследуемых образцах. Достоинством является возможность определения количественных параметров трещин, что позволяет сравнивать.

Исследование пластичности в горячем состоянии основано на том, что недостаточные пластические характеристики по отношению к деформациям являются причинами возникновения горячих трещин.

Учитывая, что оборудование, вышедшее из строя по причине коррозионных разрушений, задействовано в технологическом цикле и является крупногабаритным, при отработке ремонтных технологий придется иметь дело с образцами.

1.3 Анализ передовых технических решений при сварке нержавеющей стали

На предприятии «Московский эндокринный завод» большинство технологического оборудования, задействованного в выпуске лекарственных средств, выполнено из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Проблемам сварки нержавеющей стали посвящено много научных работ, и к настоящему времени выработаны технологические рекомендации, соблюдение которых позволяет получать сварные швы без горячих трещин, и обладающих стойкостью к коррозионному разрушению.

Сталь 12Х18Н10Т относится к аустенитным. Однако лучшими свойствами в процессе эксплуатации обладают стали с аустенитно-ферритной структурой. Что является важным для нашего случая, такие стали обладают лучшей коррозионной стойкостью. Особенно при питинговой коррозии. Для феррита характерно растворение карбидов внутри зерна. В

случае аустенитной структуры стали карбиды располагаются по границе зерен и являются местами образования питтингов.

Для случая межкристаллитной коррозии если повреждение и возникло на границе аустенитных зерен, то граничащие с ними ферритные зерна, у которых межзеренная граница не содержит карбидов, предотвратят сквозное разрушение.

Чаще применяют сталь, в которой от 2 до 8% феррита. Другим положительным моментом двухфазных сталей является повышенная стойкость к образованию горячих трещин в металле шва при сварке.

Отрицательное проявление феррита – старение стали и потеря пластичности. Однако это наблюдается при высоких рабочих температурах. Но оборудование применительно к условиям фармацевтической промышленности эксплуатируется в условиях невысоких температур нагрева.

Также может быть повышена коррозионная стойкость при введении молибдена в количестве 2-3% [4]. Например, при сварке хромомолибденовых сталей перлитными электродами ЦЛ17 с последующей термообработкой взамен сварки аустенитными электродами отмечено снижение коррозионного растрескивания. В этой же работе показано, что промывка оборудования нефтехимических предприятий водно-аммиачным раствором, щелочная среда, уменьшает склонность к питтингообразованию.

К межкристаллитной коррозии может привести перегрев. Причиной перегрева могут быть такие отклонения от параметров технологического режима сварки как высокая сила сварочного тока, низкая скорость сварки. Также необходимо при многопроходной сварке дожидаться остывания наложенного валика и затем выполнять следующий валик. Высокая температура ускоряет процессы диффузии, атомы углерода диффундируют из глубины кристалла в приповерхностную область, там соединяются с атомами хрома в карбиды и поверхностный слой обедняется хромом.

Также уменьшается количество хрома при большой длине дуги. При увеличении длины дуги ухудшается защита сварочной ванны, выгорают такие элементы как хром, титан.

При длительном действии высокой температуры атомы углерода вследствие интенсивных диффузионных процессов перемещаются к поверхности, соединяясь с атомами хрома, образуют карбиды, в результате поверхностный слой зерна аустенита обедняется хромом. Некоторые исследователи считают, что данный механизм также является инициатором межкристаллитной коррозии [5].

С учетом изложенного выработаны технологические рекомендации по сварке нержавеющей сталей – вести сварку на минимальной длине дуги и тонкими валиками, при многопроходной сварке, обеспечивая охлаждение каждого валика.

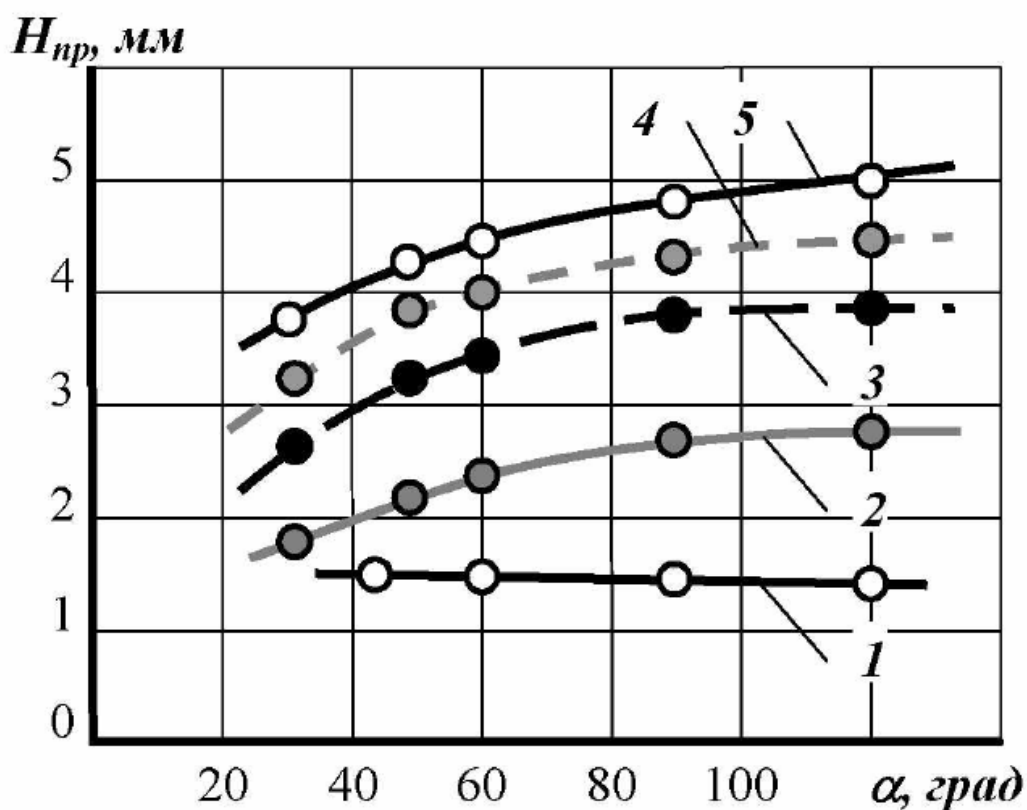
Научные работы в области аргодуговой сварки неплавящимся электродом (TIG) за последние 20 лет были направлены, в первую очередь, на повышение производительности способа. Дело в том, что концентрация тепловой энергии у такой дуги невелика и уступает некоторым другим способам дуговой сварки.

Традиционные методы повышения производительности путем увеличения погонной энергии – больше тока и выше скорость – для нашего случая неприемлемы из-за снижения качества сварного соединения. Возможно появление таких дефектов как подрезы, раковины, пористость. В данном случае возможно воздействие на дугу направленным потоком защитного газа. Газодинамическое воздействие на дугу улучшает формирование швов [6].

Для повышения производительности за счет увеличения мощности дуги возможно применение активирующих флюсов [7]. Но пространственное положение шва при ремонтной сварке на емкостях в нижнем положении достаточно редкое.

Применение продольного магнитного поля обеспечивает сжатие столба дуги и увеличение концентрации энергии и проплавляющего действия дуги [8]. Главный недостаток указанного метода для создания магнитного поля требуется дополнительное устройство, размещенное на горелке. При этом уменьшается маневренность сварщика, что важно при ремонтной сварке применительно к нашим условиям и увеличивается вес горелки.

Много работ посвящено влиянию заточки неплавящегося электрода на формирование сварного шва. Значительное влияние на распределение давления дуги оказывает угол заточки [9]. Увеличение угла заточки с 10 до 90° увеличивает коэффициент сосредоточенности. На рисунке 1.4 приведен график влияния угла заточки электрода на глубину проплавления [10]. Данный график построен для скорости сварки 4,6 м/час и диаметра электрода 2,5 мм.



Сила тока: 1 – 100А; 2 – 150 А; 3 – 200 А; 4 – 250 А; 5 – 300А.

Рисунок 1.4 – Зависимость глубины проплавления от угла заточки электрода

В некоторых исследованиях показано, что применяя ультразвуковые колебания можно увеличить концентрацию энергии сварочной дуги и, соответственно, увеличить глубину проплавления [11]. Ультразвуковые излучатели, применяемые в данном случае, выглядят так, рисунок 1.5. К недостаткам такого варианта увеличения производительности можно отнести значительные размеры преобразователя и сложность охлаждения пьезоэлементов.



Рисунок 1.5 – Излучатели различного диаметра

Анализ процесса сварки неплавящимся электродом в среде инертных газов (TIG) показывает, что сварка выполняется с присутствием высокой степени ручного труда. Сварщик и присадкой выполняет манипуляции, и горелкой. Кроме того, длина присадочного прутка ограничена, приходится прерываться, брать новый присадочный пруток и зажигать по новой дугу. При этом, учитывая все нюансы сварки нержавеющей стали, кратер приходится

зачищать. Таким образом, трудоемкость выполнения сварного шва получается достаточно высокая.

Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы требует специальных технологических приемов. Отсюда получаются разные способы механизированной сварки, так как проволока из бухты подается в зону горения сварочной дуги с помощью специальных механизмов. Сварка нержавеющей сталей возможна и при использовании плавящегося электрода, традиционными способами механизированной сварки. Но ранее было указано, что использование вольфрамового электрода для нашей номенклатуры изделий является предпочтительным в плане обеспечения высокого качества. Конечно, при сварке неплавящимся электродом его необходимо часто затачивать. Также определенные неудобства доставляется необходимость применения осцилляторов для возбуждения дуги. Кроме того, традиционно сварщик одновременно выполняет манипуляции присадочным прутком и сварочной горелкой. В целом это снижает производительность способа.

Однако у сварки неплавящимся (вольфрамовым) электродом есть ряд достоинств, таких как малое разбрызгивание при сварке, высокая коррозионная стойкость сварного шва. Наплавленный металл характеризуется высокими механическими характеристиками. Кроме того, при сварке практически не происходит выгорание легирующих элементов, они переходят из присадочной проволоки в наплавляемый металл без потерь.

Ранее было указано на необходимость поддержания малой длины дуги при сварке нержавеющей сталей. При сварке неплавящимся электродом легче поддерживать нужную длину дуги.

Поэтому возможный вариант механизации – применение специализированных горелок, рисунок 1.6. Данные устройства обеспечивают механизированную подачу присадки в зону горения сварочной дуги. Главный недостаток здесь, ухудшается маневренность сварщика.

Дефектные корпуса технологического оборудования, которые будет нужно ремонтировать, преимущественно цилиндрической формы, и диаметр не превышает 2000 мм. При этом, внутри корпуса могут находиться различные приспособления, мешалки, например. Данные приспособления или ограничивают маневренность сварщика, или их необходимо демонтировать, что добавляет затраты к общей стоимости ремонта.

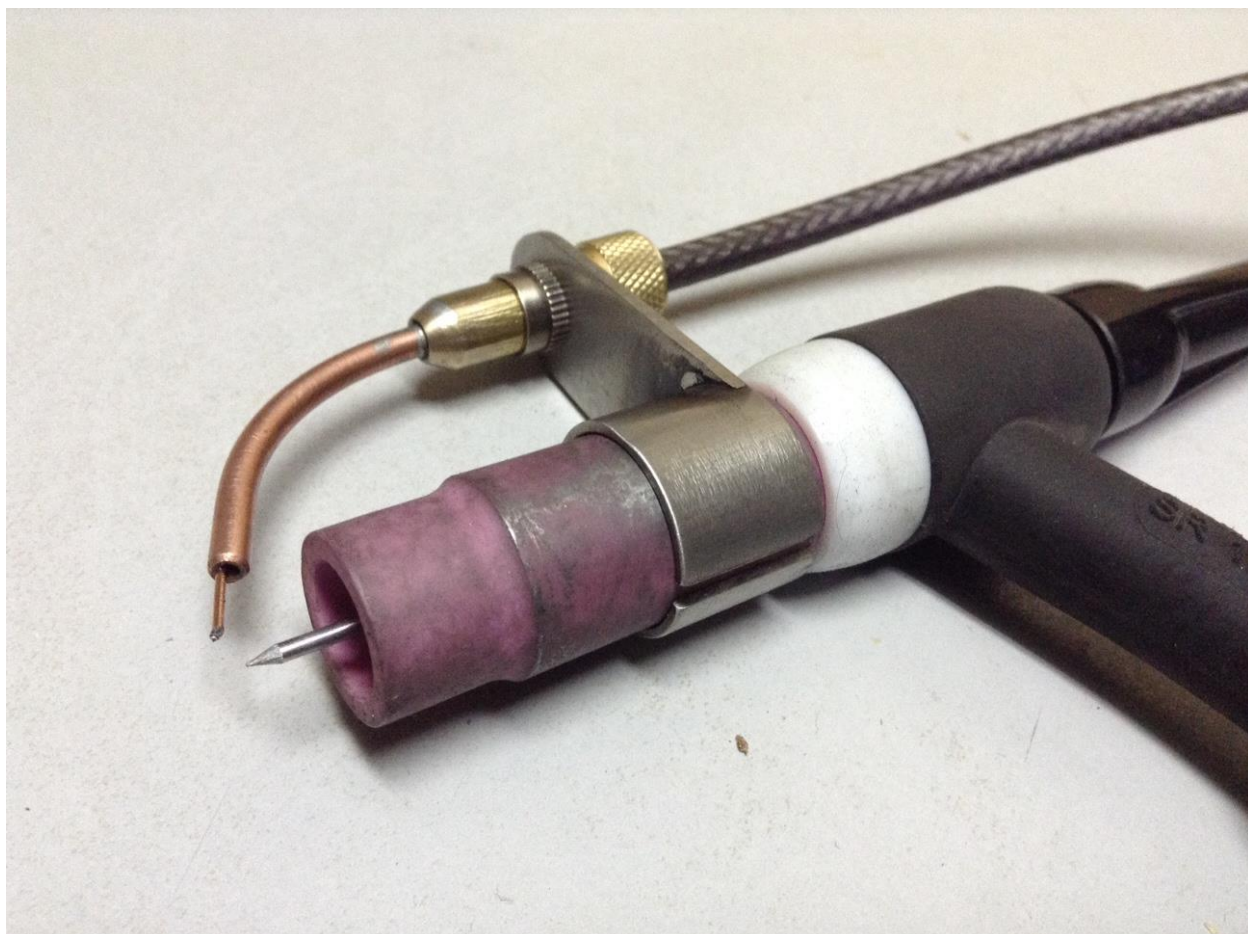


Рисунок 1.6 – Горелка для механизированной сварки неплавящимся электродом

В целом, можно сделать вывод, что наиболее распространенная технология сварки нержавеющей стали – неплавящимся электродом в защитном газе (TIG) для нашего случая является наиболее подходящей. Ремонт оборудования придется производить по мере выбраковки. При питинговой коррозии ремонту подлежат отдельные фрагменты, которые вырезаются и

заменяются вваркой заплатки. Протяженность сварного соединения при этом невелика. Также невелика протяженность сварного соединения при ножевой и межкристаллитной коррозии. Там удаляют вырезкой дефект и заправляют его. Ширина получаемой разделки при этом получается сравнительно небольшая.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – уменьшение расходов при восстановлении дефектных корпусов технологического оборудования предприятия «Московский эндокринный завод». Результатом анализа установлено, что наиболее благоприятный вариант – устранение дефекта сваркой неплавящимся электродом.

Таким образом, для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор вспомогательных материалов;
2. Выбор режимов сварки;
3. Разработка типового технологического процесса ремонта;
4. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка варианта сварки с механизированной подачей присадочной проволоки.

2 Разработка технологического процесса ремонтной сварки

2.1 Выбор режимов сварки и вспомогательных материалов

Выбранный в первом разделе работы способ сварки нержавеющей стали – неплавящимся электродом в защитном газе (TIG) предусматривает, что сварочная дуга горит между изделием и неплавящимся электродом. Одно из требований к неплавящемуся электроду – исключение попадания материала электрода в сварной шов. Поэтому материал, из которого изготовлен неплавящийся электрод, должен обладать высокой температурой кипения. Температура плавления вольфрама составляет 3422°C. По температуре плавления уступает лишь углероду, с той поправкой, что углерод не плавится, а возгоняется. Температура кипения 5555°C самая высокая среди исследованных элементов таблицы Менделеева. Попытки замены вольфрама другим, более дешевым материалом пока не увенчались успехом.

Поэтому, в основном, неплавящиеся электроды изготавливают из вольфрама. Реже применяют графит.

Неплавящиеся вольфрамовые электроды предпочтительно применять с добавками тория, оксида иттрия, лантана. Важным преимуществом для нашего случая является легкость зажигания дуги и стабильность ее горения. Неплавящиеся электроды применим WL диаметром 2 мм. Лантанированные электроды хорошо работают на низких, средних и больших токах, а также требуют на 10–15% меньшую силу тока для обеспечения поджига дуги. Кроме того, по сравнению с торированными они не радиоактивны. Стойкость лантанированного вольфрамового электрода превосходит торированные и церированные. Лантанированные электроды обозначают ЭВЛ.

Диаметр неплавящегося электрода для толщины соединяемого металла 3 мм принимаем 2,0-3,0 мм.

Как было сказано ранее [9] от заточки вольфрамового электрода во многом зависит качество сварного соединения. Согласно требований, заточку будем производить мелкозернистыми твердыми дисками.

Подача присадочной проволоки при сварке методом TIG осуществляется сварщиком вручную. Присадочная проволока при сварке методом TIG применяется диаметром от 1 до 3 мм. Однако увеличение диаметра присадки до 3 мм нежелательно, так как для плавления такой проволоки следует увеличивать силу сварочного тока, как следствие происходит увеличение сварочной ванны и перегрев металла. Кроме того, защита сварочной ванны большого размера от действия окружающего воздуха также ухудшается. Таким образом, выбираем диаметр присадочной проволоки 1,6 мм. Проволока должна соответствовать требованиям ГОСТ 2246-70. Поскольку не предусмотрена механизированная подача проволоки в зону горения сварочной дуги проволоку применим в виде прутков.

Подход к выбору химического состава присадочной проволоки должен, в первую очередь, учитывать, что предотвращение появления горячих трещин наиболее эффективно достигается при нужном легировании металла шва. [12]. Данное мероприятие относится к металлургическим способам предотвращения появления горячих трещин. Если из жидкой фазы одновременно кристаллизуется первичный δ -феррит и аустенит, структура получаемого сварного шва измельчается, сечение столбчатых кристаллов уменьшается. Межкристаллитные прослойки разделены зернами δ -феррита. Для получения такой структуры выполняют легирование присадочной проволоки ферритообразующими элементами - хромом, алюминием, молибденом и др. Но при высоком содержании феррита шов охрупчивается. Поэтому содержание первичного δ -феррита должно находиться в пределах 2-3%.

Также к металлургическим способам относится снижение содержания таких примесей как фосфор и сера. Кроме того, для исключения образования легкоплавких эвтектик уменьшают в присадочной проволоке содержание кремния, титана, алюминия.

С учетом изложенного, предпочтительным вариантом присадочной проволоки (пруток) является присадочная проволока Св-04Х19Н11МЗ. Проволока содержит минимальное количество кремния, по сравнению с другими проволоками для данной марки стали. Титан в данной проволоке отсутствует. Кроме того, проволока содержит молибден в количестве 2-3%. Помимо снижения вероятности образования горячих трещин молибден повышает коррозионную стойкость сварного соединения.

При выборе параметров режима сварки будем ориентироваться на результаты работы [15] в которой показано, что опасность возникновения горячих трещин при сварке тонколистовых конструкций из аустенитных сталей зависит от величины максимальной кривизны контура хвостовой части сварочной ванны. Выполненные в работе расчеты по разработанным математическим моделям показали, что для нашего диапазона свариваемых толщин критическое значение максимальной кривизны контура составляет 1,68 1/мм. Указанной величине максимальной кривизны контура соответствует режим сварки – сила тока 180 А, напряжение дуги 13 В, скорость сварки 80 см/мин [15].

Уменьшив величину скорости до 60 см/мин. Требуемая величина силы тока составит 140 А при том же напряжении на дуге. Максимальная кривизна контура составит 1,38 1/мм. Уменьшение скорости до 50 см/мин позволяет при силе тока 115 А получить максимальную кривизну контура 1,24.

Таким образом, выбор останавливаем на режиме: сила тока 140 А, напряжение 13 В, скорость сварки 60 см/мин, диаметр электрода 2 мм, диаметр присадочного прутка 1,6 мм. Подача защитного газа, аргона, 7-9 л/мин.

2.2 Технология ремонта варкой заплат

Поскольку для варки заплат необходимо их изготовить из листовой коррозионной стали, придется предприятию закупить некоторое количество

листовой нержавеющей стали. При этом должны выдерживаться достаточно жесткие условия хранения. Листы из нержавеющей стали должны храниться в помещении или на улице под навесами на настилах. При хранении следует исключить загрязнение, механические повреждения листов. Кроме того, должен быть исключен контакт со сталями других марок и цветными металлами.

При запуске в работу листов из нержавеющей стали выполняются контрольные операции, в ходе которых проверяются сертификаты и другие документы от поставщика.

При изготовлении заплат следует обратить внимание на следующее. Рабочие поверхности оснастки и оборудования, на которых выполняются заготовительные операции, должны быть очищены от ржавчины. Ручную правку следует производить медными или свинцовыми кувалдами, или пользоваться подкладками из этих материалов при ударе стальными кувалдами. Забоины и царапины после правки не допускаются.

Разметку и маркировку заготовок рекомендуется выполнять на столах (площадках) с деревянным или алюминиевым настилом. Укладывать на настил заготовки (детали) следует только после очистки их поверхности от загрязнений.

Форма вырезки дефектного участка должна по возможности приближаться к кругу, овалу или прямоугольнику с радиусом закругления в углах не менее 50 мм. Кромка реза должна отстоять от дефекта на расстоянии не менее 30 мм.

Лист, из которого будет изготавливаться заплата, должен быть проконтролирован на сплошность, изогнут на вальцах или другим способом радиусом, равным радиусу дефектного корпуса.

Прямолинейные кромки на листовых заготовках для бескосных соединений обрабатывают механическим способом – на гильотинных ножницах. Криволинейные кромки – на фрезерных станках. Если кромки были обработаны газозлектрическим способом, то для ответственных

конструкций после такой обработки кромки необходимо обработать дополнительно механическим способом.

Сложные контуры заготовок обрабатывают зубилом и наждачным кругом. Точность обработки и кривизну контура, а также форму кромки проверяют специальными шаблонами – лекалами. Наибольшую точность обрабатываемых кромок можно получить фрезерованием.

Также высокие требования предъявляются к хранению присадочных прутков, применяемых при сварке нержавеющей сталей. Прутки должны храниться в чистом помещении в условиях, исключающих загрязнение их поверхности маслом и наждачной пылью. Прутки применять производства АО "НПО Союзнихром". Компания расположена в Москве. Предприятие изготовитель поставляет прутки в картонных тубусах. Общий вес прутков в тубусе составляет 5 кг. Перед запуском в работу производится входной контроль прутков. Выполняется проверка сертификатов и визуальный осмотр поверхности прутка. При необходимости поверхность прутков очищают от грязи и смазки и обезжиривают ацетоном или уайт-спиритом.

Выполняется входной контроль защитного газа. Проверяется наличие сертификатов от поставщика и наличие ярлыков на баллонах. Перед запуском в производство каждого нового баллона на пластину из коррозионно-стойкой стали наплавляется валик длиной 100 - 200 мм с последующим визуальным контролем. Если в процессе визуального контроля выявлена пористость наплавленного валика – данный баллон в производство запускать нельзя.

При сборке следует обращать внимание на зазоры между свариваемыми кромками и на смещение кромок. Эти величины обычно оговариваются в технологической документации. Уменьшение зазора может привести к непровару. Смещение одной кромки относительно другой не должно превышать 10% от толщины соединяемых деталей.

Предпочтительным вариантом сборки является использование специальных фиксирующих устройств. Прихватки допустимо использовать,

если применение устройств невозможно или неэффективно. Размер, количество, места расположения прихваток и способ сварки, используемый для прихватки, указывают в технологической карте на сварку узла.

Выполнение прихватки является ответственной операцией, влияющей на качество шва. При сборке корпуса деталей под сварку визуально необходимо контролировать: правильность установки временных технологических креплений; правильность сборки и крепления деталей в сборочных приспособлениях; правильность (расположение и количество) установки прихваток и их качество; правильность установки приспособлений для поддува защитного газа; чистоту кромок и прилегающих к ним поверхностей деталей.

Соединение элементов в процессе сборки под сварку осуществляется на прихватках. Проверка качества сварных швов производится: в процессе изготовления, наблюдением ОТК за правильным выполнением сварочных работ; по наружному осмотру.

Измерение швов приварки временных технологических креплений и расстояния от приварного элемента крепления до кромки разделки выполняют в одном месте. Контролю принадлежит каждое крепление и каждый шов крепления. Прихватки распределяются равномерно по периметру заплатки. Длина прихватки и расстояние между прихватками зависят от толщины корпуса. Длина должна находиться в пределах 2-5 толщин корпуса, расстояние между прихватками 10-15 толщин корпуса. После выполнения прихватки зачищаются и выполняется их визуальный контроль на наличие дефектов. При наличии дефектов прихватку удаляют механическим способом. При выполнении прихваток сила тока берется меньшей на 10% относительно значений, указанных в разделе 2.1 – 125 А.

Начинать сварку следует непосредственно после выполнения прихваток. Поскольку выполняется двустороннее соединение типа С7, рисунок то сварку первого прохода начинаем со стороны, противоположной прихватке.

При выполнении сварного шва сварочную горелку перемещать справа налево. Подачу присадочной проволоки в сварочную ванну выполнять навстречу движению горелки. Конец присадочной проволоки должен находиться под защитой аргона. Режимы сварки указаны в разделе 2.1.

Кратер после окончания выполнения шва следует заварить. Если в применяемом источнике питания нет специальной функции «заварка кратера» то для заварки кратера в него перемещают каплю расплавленной присадочной проволоки при одновременном удалении горелки до момента погашения дуги.

Нельзя сразу после погашения дуги выключать защитный газ, так как разогретый вольфрам мгновенно окислится, и на его поверхности могут образоваться раковины.

По окончании сварки выполняется 100% визуально-измерительный контроль шва. При необходимости возможно применение лупы 4-7-кратного увеличения и переносного источника света.

С учетом ответственности выполняемых сварных соединений и необходимости герметичности получаемого сварного шва применяется еще и капиллярный контроль согласно ГОСТ 18442-80, 100%.

3 Безопасность и экологичность разработанных технических решений

3.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Восстановление сваркой дефектных деталей в фармацевтической промышленности».

В процессе выполнения ВКР разработаны технические мероприятия, обеспечивающие повышение производительности труда при ремонтной сварке дефектных деталей оборудования фармацевтической промышленности.

Для реализации разработанных технических мероприятий требуется оборудование, источник питания сварочной дуги Форсаж 302, механизм подачи проволоки Форсаж МП5, таблица 3.1.

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1	Сварка дефектного кузова автомобиля	Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
		Сборка	Слесарь-сборщик,	Приспособление сборочное	
		Сварка	сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Аппарат сварочный РІСОТІG 200 MV	Присадочная проволока Св-04Х19Н11М3, аргон, круг абразивный.
		Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке дефектных емкостей фармацевтической промышленности предложена к внедрению сварка с присадочной проволоки. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Заготовки
Сборка	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Приспособление сборочное
Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Источник питания Форсаж 302, механизм подачи проволоки Форсаж МП5. присадочная проволока Св-08ГС, газ углекислый, круг абразивный.
Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Сварной узел

3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 4.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 4.3.

К перечню мероприятий относится вводный; первичный и т.д. инструктажи. Но, поскольку они являются обязательными для проведения на любом предприятии народного хозяйства, акцентировать на них внимание в таблице 3.3 нет нужды.

Таблица 3.3 – Коллективные и индивидуальные средства защиты от негативных факторов производственного участка.

№ п/п	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Коллективные средства защиты от действия негативных факторов	Индивидуальные средства защиты от действия негативных факторов
1	Острые кромки	Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда.
2	Движущиеся детали оборудования и заготовки.	Ограждения от проникновения в опасную зону работников. Информирующие об опасности плакаты и надписи.	Спецодежда
3	Мелкодисперсные частицы и вредные газы на участке сварки	Устройства, обеспечивающие удаление загрязненного воздуха и поступление чистого воздуха извне	Средства защиты дыхательных путей
4	повышенная температура оборудования и воздуха участка	Устройства, обеспечивающие удаление нагретого воздуха и поступление воздуха извне	Спецодежда
5	Повышенное напряжение.	Заземление оборудования находящегося под напряжением. Периодический контроль состояния изоляции.	Спецодежда
6	световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Экранирование места сварки щитами,	Спецодежда.

3.4 Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением

электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок ремонтной сварки дефектных кузовов автомобилей	Источник питания Форсаж 302, механизм подачи проволоки Форсаж МП5.	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; в) высокая температура окружающей среды; г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; препятствует нормальной видимости. дым	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. В перечень средств для комплектования участка сварочного на предмет пожарной безопасности определим огнетушители, емкость с песком, багры, ведра, рисунок 3.1.



Рисунок 3.1 – Средства пожаротушения участка

Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Технические средства

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и немеханизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Емкость с песком, переносные углекислотные огнетушители.	Специализированные расчеты (вызываются)	Нет необходимости	Нет необходимости	Пожарный кран на колонне 2-2.	План эвакуации на колонне 2-2	Ведро конусное, лом, лопата штыковая	Кнопка оповещения на колоннах 1-2 и 2-2.

Также для полноценной защиты работников и имущества предприятия необходимы организационные мероприятия. Перечень мероприятий для обеспечения защиты производственного участка отразим в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

Наименование участка	Перечень мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка ремонтная дефектного кузова автомобиля	Инструктаж сотрудников производственного участка правилам предупреждения возгораний и действиям в случае возгорания, деловые игры с сотрудниками по тематике борьбы с пожарами, организация на участке сварки добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

3.5 Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

Внедряемый технологический процесс	Операции внедряемого технологического процесса	Негативное действие на окружающую воздушную среду	Негативное действие на окружающую водную среду	Негативное действие на земную поверхность (литосферу)
Сварка	Входной контроль	-	-	-
	Сборка			
	Сварка	Загрязнение продуктами, выделяемыми при горении сварочной дуги		Загрязнение упаковкой от вспомогательных материалов
	Выходной контроль	-	-	-

Таблица 3.8 – Мероприятия по исключению негативного действия на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Монтаж фильтров в систему вентиляции участка для нейтрализации выделяемых при горении сварочной дуги продуктов
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов как бытовых так и производственных.

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса сборки и сварки дефектного кузова легкового автомобиля. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сборке и сварке трубопровода. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги,

Для защиты задействованных в операции сборки и сварки стыков трубопровода работников от опасных и вредных факторов предложены широко применяемые в промышленности средства, такие как спецодежда, маска, вентиляционные системы, заземление оборудования.

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и их в пожар.

Для минимизации воздействия выявленных негативных факторов внедряемого технологического процесса предложено использовать стандартные средства обеспечения безопасности и санитарии производства.

4 Экономическая эффективность проекта

Тема бакалаврской работы: «Восстановление сваркой дефектных деталей в фармацевтической промышленности».

По базовому варианту ремонт корпусов оборудования фармацевтической промышленности, имеющих коррозионные повреждения осуществляется методом наплавки дефекта (коррозионных раковин). В проектном варианте предложено дефектный участок вырезать, и его заменять на заплату. Внедрение проектного варианта снизит трудоемкость, облегчит труд рабочего и даст условно-годовую экономию за счет снижения себестоимости восстановления дефектного оборудования. Годовой экономический эффект получаем за счет внедрения в проектную технологию более производительного метода ремонта и за счет этого повышения производительности труда. Для реализации нового метода ремонта потребуется сварочный аппарат, выбор остановлен на оборудовании PICOTIG 200 MV.

Расчет производим по изменяющимся операциям (сварка) технологического процесса на один вид дефекта (коррозионные повреждения) корпуса аппаратов фармацевтической промышленности.

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчетов

Исходные данные необходимые для проведения расчетов стоимости ремонта сваркой корпусов фармацевтического оборудования согласно применяемому технологическому процессу и предлагаемому варианту занесены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные для оценки экономической эффективности предлагаемых изменений операций технологического процесса

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчётов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	1	1
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		V	V
Утверждённая часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	158,90	158,90
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Цпл$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	31000	54120
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчет нормы штучного времени на изменяющиеся операции технологического процесса

Оценку штучного времени для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам выполним с использованием формулы:

$$t_{шт} = t_{n-з} + t_0 + t_в + t_{отл} + t_{обсл} + t_{н.п} \quad (4.1)$$

где $t_{n-з}$ – подготовительно-заключительное время, $t_{n-з} = 0,05\%$ от t_0

$t_0 = t_M$ – машинное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_в$ – вспомогательное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками выполнение подготовительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_в = 10\%$ от t_0 ;

$t_{отл}$ – время личного отдыха – объём времени в часах, которое будет затрачено на работником на обеспечение личных потребностей в отдыхе при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{отл} = 5\%$ от t_0 ;

$t_{обсл}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{обсл} = 8\%$ от t_0 ;

$t_{н.п}$ – время неустраняемых перерывов, предусмотренных технологическим процессом, в картах технологического процесса заложено 1% от t_0 .

Расчетное определение машинного времени на наплавку одного дефекта определим по зависимости:

$$t_0 = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{ш}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (4.2)$$

где: $M_{напл.мет}$ – масса наплавленного металла, кг/м;

$L_{ш}$ – длина швов в изделии, м;

$I_{св.}$ – сила сварочного тока, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки при электродуговой сварке = 9 Г/А*час.

При сварке массу наплавленного металла рассчитывают по формуле, кг/м:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (4.3)$$

где ρ – плотность наплавленного металла, г/см³ (для нашей стали $\rho = 7,8$ г/см³);

F_H – площадь поперечного сечения шва (наплавляемого валика), мм².

Для многопроходных швов.

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7 + F_8 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 = 129 \text{ мм}^2.$$

$$F_H = (8 \div 12) \cdot d_{эл.} \quad (4.4)$$

$$F_{Hб} = 10 \cdot 2 = 20 \text{ мм}^2.$$

$$F_{Hпр} = 10 \cdot 1,2 = 12 \text{ мм}^2.$$

$$M_{напл.мет.б} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м.}$$

$$M_{напл.мет.пр} = 7,8 \cdot 129 \cdot 10^{-3} = 1,006 \text{ кг/м}$$

Длину швов примем исходя из размера коррозионного повреждения, длина составит для базового варианта 787 мм.

После подстановки в формулу (4.2) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$t_{об} = \frac{60 * 1,006 * 0,787}{120 * 9} = 0,104 \text{ час} = 6,24 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{пр}} = \frac{60 * 1,009 * 0,787}{250 * 9} = 0,042 \text{ час} = 2,52 \text{ мин.}$$

После подстановки в формулу (4.1) численных значений соответствующих переменных, получим значения, которые разместим в таблице 4.2.

Таблица 4.2.

Вариант	$t_{\text{маш}}$	$t_{\text{всп}}$ 10%	$t_{\text{обсл}}$ 10%	$t_{\text{отл}}$ 5%	$t_{\text{п-з}}$ 1%	$t_{\text{шт}}$
Базовый:	0,1046	0,0104	0,0104	0,0052	0,001	0,1316
Проектный	0,0424	0,0042	0,0042	0,0021	0,0004	0,0533

4.3 Расчет затрат на новое оборудование

Значение $K_{\text{общ}}$ капитальных затрат, которые потребуются для выполнения операций технологии по базовому и проектному вариантам, определим расчётным путём с использованием формулы:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (4.3)$$

где $K_{\text{пр}}$ – затраты непосредственно на закупку оборудования, прямые, руб.;

$K_{\text{соп}}$ – финансовые затраты на демонтаж старого, установку нового оборудования, сопутствующие, руб.

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

$$K_{\text{пр}} = \sum \Pi_{\text{об}} \cdot k_3 \quad (4.4)$$

где $\sum \Pi_{\text{об}}$ – суммарные финансовые затраты на закупку оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Для определения коэффициента загрузки вначале определим требуемое количество сварочного оборудования, которое будет задействовано при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам согласно формулы:

$$n_{РАСЧ} = \frac{t_{шт} \cdot ПГ}{F_{\text{Э}} \cdot K_{ВН}}, \quad (4.5)$$

где ПГ – годовая программа – принятое ранее количество стыков трубопровода, которые необходимо сварить за один календарный год при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$t_{шт}$ – штучное время – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$F_{\text{Э}}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$K_{ВН}$ – принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы.

Объём фонда времени, в течение которого происходит работа сварочного оборудования, задействованного в технологическом процессе по базовому и проектному вариантам, может быть определён с использованием формулы:

$$F_{\text{Э}} = (D_{\text{к}} - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{\text{р.н}}) \quad (4.6)$$

где $T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены в часах;

$D_{\text{к}}$ – общее число дней в календарном году;

$D_{\text{пр}}$ – планируемое количество предпраздничных дней в календарном году;

$T_{\text{п}}$ – планируемое сокращение длительности рабочей смены в часах в предпраздничный день;

S – количество рабочих смен.

$k_{\text{р.н}}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

$$F_{\text{Э}} = (365 - 110 - 14) \cdot 8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

$$n_{\text{РАСЧ.б}} = \frac{0,1316 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,6 \text{ед.}$$

$$n_{\text{РАСЧ.пр}} = \frac{0,0533 \cdot 1000}{2054 \cdot 1,1} = 0,24 \text{ед.}$$

Необходимое количество оборудования, определенное по (4.5) может быть дробным числом, поэтому округляем до целого ($n_{\text{об.прин}}$).

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_z = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (4.7)$$

На основании выполненных расчётов по определению эффективного фонда времени работы оборудования штучного времени, которое будет затрачено работниками на выполнение всех операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, можно сделать вывод о необходимом количестве сварочного оборудования. Для реализации базовой технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования. Для реализации проектной технологии необходимо применить одну единицу технологического оборудования.

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

$$k_z = n_{\text{расч}}/n_{\text{пр}} \quad (4.8)$$

где $n_{\text{расч}}$ – полученное согласно (4.5) количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$n_{\text{пр}}$ – принятое количество технологического оборудования, задействованного для выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

После подстановки в формулу (4.8) численных значений соответствующих переменных, получим:

$$k_{зб} = 0,6/1 = 0,6$$

$$k_{зп} = 0,24/1 = 0,24$$

$$K_{\text{общ}} = 31000 \cdot 0,6 = 18600 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общпр}} = 54120 \cdot 1,05 \cdot 0,24 = 13638,24 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (4.9)$$

$K_{\text{монт}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения монтажа оборудования для проектного варианта технологии;

$K_{\text{дем}}$ – финансовые расходы, необходимые для выполнения демонтажа оборудования применяемого в базовом варианте технологии;

$K_{\text{площ}}$ – финансовые расходы на дополнительные площади, необходимые для установки оборудования для проектного варианта технологии.

$$K_{\text{монт}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{монт}} \quad (4.10)$$

где $k_{\text{монт}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям
 $k_{\text{монт}} = 0,2$.

$$K_{\text{монт}} = 54120 \cdot 0,05 = 2706 \text{ руб}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (4.11)$$

где $k_{\text{дем}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям,
 $k_{\text{дем}} = 0,2$

$$K_{\text{дем}} = 9800 \cdot 0,03 = 294 \text{ руб}$$

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} \cdot \Pi_{\text{площ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (4.12)$$

где g – коэффициент, учитывающий проходы и проезды = 3.

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = 3000 \cdot (7 - 5) \cdot 3 = 18000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{ПР}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 13638,24 + 18000 + 294 + 2706 = 34638,24 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.13)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 18600/1000 = 18,60 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 34638,24/1000 = 34,63 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости

Общий размер финансовых расходов на материалы определяется как сумма расходов на основные материалы и вспомогательные:

$$ЗМ = ЗМ_{\text{ОСН}} + ЗМ_{\text{ВСП}}$$

По проектному варианту производят замену участка корпуса, затраты считаем на основной и вспомогательный материал, а по базовому – только на вспомогательный.

Для применяемой в настоящее время технологии сварки в качестве вспомогательных материалов используют присадочные прутки, расходы на закупку которых определим по формуле

$$ЗМ_{\text{ЭЛ.}} = N_{\text{ЭЛ.}} \cdot Ц_{\text{ЭЛ.}} \quad (4.16)$$

где $Ц_{\text{ЭЛ.}}$ – стоимость присадочных прутков, руб/кг;

$N_{\text{ЭЛ.}}$ - расход присадочных прутков согласно нормативам, кг.

Норму расхода присадочных прутков определяют по формуле:

$$N_{\text{ЭЛ.}} = У \cdot L_{\text{ш.}} \quad (4.17)$$

где $У$ - расход штучных электродов на единицу длины шва, согласно принятым нормативам, кг/м;

$L_{ш.}$ – общая протяженность сварного соединения 0,5 м в базовом варианте и 0,2 м в проектном., м.

$$N_{р_{эл.б.}} = 0,33 \cdot 0,5 = 0,165$$

$$N_{р_{эл.пр.}} = 0,33 \cdot 0,2 = 0,066 \text{ кг.}$$

$$M_{эл.б.} = 96 \cdot 0,165 = 15,84 \text{ руб.}$$

$$M_{эл.пр.} = 96 \cdot 0,066 = 6,336 \text{ руб.}$$

$$Mб = 59,27 + 15,84 = 75,11 \text{ руб}$$

$$M_{пр} = 6,336 \text{ руб}$$

Затраты на электрическую энергию при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} C_{э-э} \quad (4.20)$$

где $P_{об}$ – установленная мощность оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$C_{э-э}$ – принятое значение стоимости электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса;

КПД – принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса

$$P_{э-эб} = \frac{5,2 * 0,1316 * 2,2}{0,8} = 1,88 \text{ руб}$$

$$P_{э-эп} = \frac{5,2 * 0,0533 * 2,2}{0,8} = 0,76 \text{ руб}$$

На следующем этапе выполняем расчет затрат на содержание и эксплуатацию технологического оборудования как суммы затрат на амортизацию и ремонт.

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (4.21)$$

где $A_{об}$ – отчисления на амортизацию, руб.;

$P_{т.р}$ – отчисления на ремонт, руб.;

Финансовые потери на амортизацию оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам:

$$A_{об.} = \frac{C_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.22)$$

где $C_{об}$ – цена оборудования, задействованного при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, определённая по каталогам предприятий в сети ИНТЕРНЕТ;

$N_{об}$ – принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию;

$t_{шт}$ – объём времени в часах, которое будет затрачено работниками на выполнение основной операции технологического процесса по базовому и проектному вариантам;

$\Phi_{эф}$ – объём в часах эффективного фонда времени работы оборудования, задействованного выполнения операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам.

$$A_{обб} = \frac{31000 \cdot 21,1 \cdot 0,1046}{2054 \cdot 100} = 0,33 \text{руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{31000 \cdot 21,1 \cdot 0,0424}{2054 \cdot 100} = 0,13 \text{руб}$$

Отчисления на ремонт рассчитаем по зависимости:

$$P_{т.р} = \frac{C_{об} \cdot N_{т.р} \cdot k_3}{\Phi_{эф} \cdot 100} \quad (4.32)$$

где $N_{т.р}$ – норма отчислений на текущий ремонт оборудования, $\approx 35\%$;

$$P_{т.р}^б = \frac{40000 \cdot 35 \cdot 0,027}{1812 \cdot 100} = 0,20 \text{руб.}$$

$$P_{т.р}^{пр} = \frac{70000 \cdot 35 \cdot 0,012}{1812 \cdot 100} = 0,16 \text{руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$З_{\text{ОБ}}^{\text{Б}} = 0,24 + 0,20 = 0,44 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ОБ}}^{\text{ПР}} = 0,21 + 0,16 = 0,37 \text{ руб.}$$

Для определения размера отчислений на площади, на которых установлено оборудование и оснастка базового и проектного вариантов технологии воспользуемся зависимостью:

$$З_{\text{ПЛОЩ}} = \frac{Ц_{\text{ПЛОЩ}} \cdot S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot На_{\text{ПЛОЩ}} \cdot t_{\text{ШТ}}}{\Phi_{\text{ЭФ}} \cdot 100 \cdot 60} \quad (4.33)$$

где $Ц_{\text{ПЛОЩ}}$ – цена 1 м^2 производственной площади, руб.;

$На_{\text{ПЛОЩ}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{\text{ПЛОЩ}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м^2 ;

$$З_{\text{ПЛОЩ}}^{\text{Б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 3,72}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{ПЛОЩ}}^{\text{ПР}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1,83}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,02 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы $ЗПЛ_{\text{ОСН}}$ и дополнительной заработной платы $ЗПЛ_{\text{ДОП}}$.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}} + \text{ЗПЛ}_{\text{ДОП}} \quad (4.34)$$

где $ЗПЛ_{\text{ОСН}}$ – основная зарплата;

$ЗПЛ_{\text{ДОП}}$ – дополнительная зарплата.

Объем $ЗПЛ_{\text{ОСН}}$ основной заработной платы определим расчетным путем с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}} = t_{\text{ШТ}} \cdot C_{\text{Ч}} \cdot k_{\text{ЗПЛ}} \quad (4.35)$$

где $C_{\text{Ч}}$ – значение тарифной ставки, руб/час;

$t_{\text{ШТ}}$ – штучное время, час;

$k_{\text{ЗПЛ}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату.

$$k_{\text{ЗПЛ}} = k_{\text{НП}} \cdot k_{\text{ВН}} \cdot k_{\text{У}} \cdot k_{\text{НФ}} \cdot k_{\text{Н}} \quad (4.36)$$

где $k_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 1,12$ – коэффициент премирования;

$k_{\text{вн}} = 1,1 \cdot 1,2$ – коэффициент выполнения норм;

$k_{\text{у}} = 1,1 - 1,087$ коэффициент доплат за условия труда;

$k_{\text{пф}} = 1,057 - 1,14$ коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_{\text{н}} = 1,133 - 1,076$ коэффициент доплат за работу в вечерние и ночные смены.

$$k_{\text{ЗПЛ}} = 1,12 \cdot 1,2 \cdot 1,087 \cdot 1,14 \cdot 1,076 = 1,79$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{Б}} = 0,131 \cdot 158,90 \cdot 1,79 = 37,26 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{ПР}} = 0,0513 \cdot 158,90 \cdot 1,79 = 14,59 \text{ руб.}$$

Объём $\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}$ дополнительной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}} \quad (4.37)$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент - 10%.

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{Б}} = 37,26 \cdot 10/100 = 3,72 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{ПР}} = 14,59 \cdot 10/100 = 1,45 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{Б}} = 37,26 + 3,72 = 40,98 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{ПР}} = 14,59 + 1,45 = 16,04 \text{ руб.}$$

Объём $O_{\text{сн}}$ отчислений на социальные нужды определим расчётным путём с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \Phi\text{ЗП} \cdot N_{\text{соц}} / 100 \quad (4.38)$$

где $N_{\text{соц}}$ – принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды, 30 %.

После подстановки в формулу (4.38) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$O_{\text{сн}}^{\text{Б}} = 40,98 \cdot 30/100 = 12,29 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{сн}}^{\text{ПР}} = 16,04 \cdot 30/100 = 4,81 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{тех}}$ показателя технологической себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ТЕХ}} = 3\text{М} + 3_{\text{Э-Э}} + 3_{\text{ОБ}} + 3_{\text{ПЛ}} + \text{ФЗП} + \text{О}_{\text{СН}} \quad (4.39)$$

После подстановки в формулу (4.39) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{Б}} = 75,11 + 0,77 + 0,33 + 0,02 + 40,98 + 12,29 = 129,41 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ТЕХ}}^{\text{ПП}} = 16,33 + 0,63 + 0,13 + 0,02 + 16,04 + 1,50 = 34,65 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{цех}}$ показателя цеховой себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + P_{\text{ЦЕХ}} \quad P_{\text{ЦЕХ}} \quad (4.40)$$

где $P_{\text{ЦЕХ}}$ – финансовые затраты на цеховые расходы, руб.

$$P_{\text{ЦЕХ}} = C_{\text{ТЕХ}} + k_{\text{ЦЕХ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad 3_{\text{ОСН}} \quad (4.41)$$

где $k_{\text{цех}}$ – коэффициент цеховых расходов, 1,72;

$3_{\text{ОСН}}$ – основная зарплата, руб.

После подстановки в формулу (4.41) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 129,41 + 37,26 \cdot 1,72 = 129,41 + 64,08 = 193,49 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПП}} = 34,65 + 14,59 \cdot 1,72 = 34,65 + 25,09 = 59,74 \text{ руб.}$$

Значение $C_{\text{зав}}$ показателя заводской себестоимости определим расчётным путём с использованием формулы:

$$C_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{ЗАВ}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{ЗАВ}} \cdot 3_{\text{ОСН}} \quad (4.42)$$

где $P_{\text{ЗАВ}}$ – финансовые затраты на заводские расходы, руб.

$k_{\text{ЗАВ}}$ – коэффициент заводских расходов, 1,97

После подстановки в формулу (4.42) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$C_{ЗАВ}^Б = 193,49 + 37,26 \cdot 1,97 = 193,49 + 73,40 = 266,89 \text{ руб.}$$

$$C_{ЗАВ}^{ПР} = 59,74 + 14,59 \cdot 1,97 = 59,74 + 28,74 = 88,48 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении ремонтных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

Показатели	Услов. обозн	Калькуляция, руб	
		базовый	Проект
2	3	4	5
1. Затраты на материалы	ЗМ	75,11	16,33
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	40,98	16,04
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	12,29	4,81
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	З _{ОБ}	0,33	0,13
5. Затраты на площади	Зпл	0,02	0,02
6. Затраты на электроэнергию	З _{Э-Э}	0,77	0,63
7. Величина технологической себестоимости	С _{ТЕХ}	129,41	34,65
8. Объём цеховых расходов		64,08	25,09
9. Величина цеховой себестоимости	С _{ЦЕХ}	193,49	59,74
10. Объём заводских расходов		73,40	28,74
11. Величина заводской себестоимости	С _{ЗАВ}	266,89	88,48

4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

Условно-годовую экономию $Пр_{ож}$ (ожидаемую прибыль) при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$Пр_{ож.} = Э_{у.г.} = \left(C_{ЗАВ}^Б - C_{ЗАВ}^{ПР} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

После подстановки в формулу (4.43) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{y.z.} = (266,89 - 88,48) \cdot 1000 = 266801 \text{ руб.}$$

Величину годового экономического эффекта, ожидаемого от внедрения технических решений, обеспечивающих увеличение производительности, определим по формуле:

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{ЗАВ}^Б + E_H \cdot K_{УД}^Б) - (C_{ЗАВ}^{ПР} + E_H \cdot K_{УД}^{ПР})] \cdot N_{ПР} \quad (4.44)$$

После подстановки в формулу (4.44) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\mathcal{E}_Г = [(266,89 + 0,33 \cdot 18,60) - (88,48 + 0,33 \cdot 34,63)] \cdot 1000 = 262315 \text{ руб.}$$

Снижение Δt трудоемкости при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (4.45)$$

После подстановки в формулу (4.45) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{0,1316 - 0,0533}{0,1316} \cdot 100\% = 59,36\%$$

Повышение Π_T производительности труда при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (4.46)$$

После подстановки в формулу (4.46) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 59,36}{100 - 59,36} = 146,06\%$$

Срок $T_{ок}$ окупаемости дополнительных капитальных вложений при внедрении в производство предлагаемых решений определим расчётным путём с использованием формулы:

$$T_{OK} = \frac{K_{общпр}}{\Delta_{\text{VT}}} \quad (4.47)$$

После подстановки в формулу (4.47) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$T_{OK} = \frac{34638}{266801} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{cp} = 1/T_{OK} = 1/0,5 = 2,0. \quad (4.48)$$

4.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 59% трудоемкость сварки одного дефекта, при увеличении производительности труда на 146%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 34638 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 262315 руб.

Результаты выполненных расчетов позволяют сделать вывод о необходимости внедрения результатов бакалаврской работы в производственные условия.

Заключение

Анализ ситуации с технологическим оборудованием показал, что ближайшее время начнется массовый выход из строя корпусного оборудования предприятия. Наиболее частыми повреждениями корпусов оборудования на предприятии «Московский эндокринный завод» является питтинговая коррозия. Реже встречаются повреждения по механизму щелевой коррозии и межкристаллитной.

Возможные варианты – сотрудничество со специализированными фирмами и устранение дефектов силами самого предприятия. Второй вариант, как показал анализ производственной ситуации является более предпочтительным. В составе ремонтных служб (ремонтно-механический участок) предприятия «Московский эндокринный завод» трудятся 20 человек.

Согласно результатам анализа принято решение в ремонтном участке предприятия внедрить технологию восстановления корпусов оборудования, получивших различного рода эксплуатационные повреждения.

Выполненный анализ возможных вариантов сварки позволил рекомендовать сварку методом TIG. Выбран вспомогательный материал. Выбран вариант неплавящегося электрода – показано что предпочтительным является применение электродом ЭВЛ. Разработан технологический процесс ремонтной сварки различных дефектов: трещин, коррозионных раковин.

Выполненный анализ предлагаемой к внедрению технологии показал, что нейтрализация опасных и вредных производственных факторов возможна применяемыми в промышленности методами.

Применение ремонтной сварки по разработанной в бакалаврской работе технологии устранения разнообразных дефектов позволяет получить для предприятия экономический эффект 262000 руб.

Поставленные задачи выполнены, можно сделать вывод о достижении цели бакалаврской работы.

Список используемых источников

1. Никитюк, В.Г. Оборудование на фармацевтическом предприятии. Проектирование и приемка – основные аспекты / В.Г. Никитюк, Т.Н. Шакина // Фармацевтическая отрасль. – 2012. - №2. – С. 30-38.
2. Таранцева, К.Р. Анализ коррозионных потерь в химико-фармацевтической промышленности / К.Р. Таранцева, В.С. Пахомов // Коррозия: материалы, защита. – 2008. - №5. – С. 19-23.
3. Листов, С.А. Примеси тяжелых металлов и доброкачественность лекарственных средств / С.А. Листов, А.П. Арзамасцев // Химико-фармацевтический журнал. – 1989. - №6. – С. 739-745.
4. Бурлов, В.В. Коррозионное растрескивание сварных швов нефтеперерабатывающего оборудования, выполненного с плакирующим слоем из стали 08Х13 / В.В. Бурлов, И.В. Парпуц, Т.П. Парпуц // Коррозия: материалы, защита. - 2004. - № 7. - С. 22-35.
5. Каспарова, О.В. Новые представления о механизме межкристаллитной коррозии нержавеющей стали / О.В. Каспарова, Ю.В. Балдохин // Защита металлов. – 2007. – том 43. - №3. – С. 256-261.
6. Ковалев И.М. Некоторые особенности формирования сварных соединений при сварке с неплавящимся катодом // Сварочное производство. - 1972.- № 10. - С. 12 - 14.
7. Паршин С.Г. Влияние активирующих флюсов на формирование сварных швов при ручной аргонодуговой сварке // Сварочное производство. - 2000. - № 10. - С. 23 - 27.
8. Размышляев А.Д., Миронова М.В., Влияние продольного магнитного поля на характеристики дуги при сварке неплавящимся электродом в аргоне // Автоматическая сварка. - 2008. - № 3. - С. 21 - 25.
9. Селяненок В.Н., Степанов В.В., Сайфиев Р.З. Зависимость давления сварочной дуги от параметров вольфрамового электрода // Сварочное производство. - 1980. - № 5. - С. 5 - 7.

10. Руссо В.Л., Суздаев И.В., Явно Э.И. Влияние напряжения дуги и геометрии неплавящегося электрода на силовое воздействие дуги // Сварочное производство. - 1977. - № 7. - С. 6 - 8.
11. Fan, Y.Y., Yang, C.L., Lin, S.B., Fan, C.L., Liu, W.G., 2012b. Ultrasonic wave assisted GMAW. Weld. J. 91 (3), 91-99.
12. Медовар, Б.И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей. Изд. 2 / Б.И. Медовар – Киев: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1958. – 337 с.
13. Щекин, В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
14. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
15. Труханов, К. Ю., Царьков А. В. Кривизна поверхности сварочной ванны как критерий опасности возникновения кристаллизационных трещин. Ч. 1 / К.Ю. Труханов, А.В. Царьков // Сварка и Диагностика. 2011. № 6. С. 20-25.
16. Косинцев, В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
17. Масаков, В.В. Сварка нержавеющей сталей : учеб. Пособие / В.В. Масаков, Н.И. Масакова, А.В. Мельзитдинова. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 184 с.
18. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
19. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
20. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.

21. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // *Journal of Friction and Wear*. – 2015. – №3. – P. 237–240.
22. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // *Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski*. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.
23. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
24. Райцес, В.Б. Износостойкие плазменные покрытия на основе двойного карбида титана–хрома / В.Б. Райцес, В.М. Литвин, В.П. Рутберг. [и др.] // *Порошковая металлургия*. – 1986. – № 10. – С. 46–47.
25. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
26. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // *Welding and Metal Fabrication*. – 1992. – № 6. – P. 269–276.
27. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // *Schweissen und Schneiden*. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.
28. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication*. – 1999. – № 5. – P. 8–13.
29. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // *Metal Constr. and Brit. Weld. J.* – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.
30. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // *Welding and Metal Fabrication*. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.
31. Бабинец, А.А. Влияние способов дуговой наплавки порошковой проволокой на проплавление основного металла и формирование

- наплавленного металла / А.А. Бабинец, И.А. Рябцев, А.И. Панфилов [и др.] // Автоматическая сварка. – 2016. – № 11. – С. 20–25.
32. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.
33. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
34. Zhang, Y.M., Liguо E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
35. Фивейский, А.М. Новые процессы MIG/MAG сварки // Техсовет, 2010. № 4. С. 38.
36. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.
37. Бранд, М. Высокая производительность и отличное качество MIG/MAG сварки // Марко Бранд, А.М. Фивейский. Состояние и перспективы развития сборочно-сварочного производства: сборник докладов международной научно-технической конференции. Нижний Тагил, 2011. С. 71–78.