

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНКБ
Направление подготовки Машиностроение
Отделение школы (НОЦ) Электронной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ

УДК 621.791.65.01-025.26

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ухвачёв Глеб Игоревич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Николаенко В.С.	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

Томск – 2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 15.03.01 Машиностроение
 Отделение электронной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ОЭИ
 _____ П.Ф. Баранов

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Ухвачёву Глебу Игоревичу

Тема работы:

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ МЕТОДОВ СВАРКИ ПЛАВЛЕНИЕМ	
Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	21.05.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эскиз сварного соединения 2. Данные по способам сварки 3. Требования к качеству сварного шва
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание сварного соединения 2. Аналитический обзор гибридных методов сварки 3. Выбор способа сварки соединения 4. Разработка технологического процесса сборки и сварки соединения 5. Контроль качества сварного соединения
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Механические свойства и химический состав свариваемого материала и сварочных/наплавочных материалов. 2. Параметры режимов сварки/наплавки 3. Карта эскизов ремонтной конструкции. 4. Маршрутная и/или операционная карты технологического процесса ремонта рамы.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	

<i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Обзор научно-технической информации по методам ремонта рам тяжелонагруженных машин	Хайдарова Анна Александровна
Разработка технологического процесса ремонта рамы	Хайдарова Анна Александровна
Контроль качества ремонтного соединения	Хайдарова Анна Александровна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	23.04.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Хайдарова А.А.	К.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ухвачев Глеб Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Ухвачёву Глебу Игоревичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Анализ информации предоставленной в российских и зарубежных источниках и публикациях, нормативно-правовых документах.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Анализ конкурентных технических решений, SWOT анализ</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Расчет бюджета научно-технического исследования: материальных затрат НИИ; основной и дополнительной заработной платы исполнителей темы; отчисления во внебюджетные фонды; накладные расходы.</i>
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> <i>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>2. Матрица SWOT</i> <i>3. Бюджет НИ</i> 	
---	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преп.	Николаенко В.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ухвачёв Глеб Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В41	Ухвачёву Глебу Игоревичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Сравнительный анализ эффективности применения гибридных методов сварки плавлением. На основе анализа подобрать наиболее подходящий метод для сварки стыкового соединения пластин.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p>1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.</p>	<p>Вредные: – Превышение уровня шума; – Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; Опасные: – Электрический ток;</p>
<p>2. Экологическая безопасность</p>	<p>– При проведении исследований были следующие отходы: от сварочных электродов оставались огарки, которые были утилизированы. Вредных выбросов в водные источники и атмосферу не производилось, радиационного заражения не</p>

	<p>произошло, чрезвычайные ситуации не наблюдались, поэтому существенных воздействий на окружающую среду и соответственно вреда природе не оказывалось.</p>
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	<p>–Наиболее вероятными и разрушительными видами ЧС при сварочных работах являются пожар или взрыв на рабочем месте;</p>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	<p>–Соблюдение законов (налоговое законодательство, трудовой и гражданский кодексы). Руководитель (ответственный) принимает обязательства выполнения и организации правил эвакуации и соблюдение требования безопасности в помещении, а также контроль за исправностью работы в помещении.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В41	Ухвачёв Глеб Игоревич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 55 с., 8 рис., 18 табл., 23 источника, 1 прил.

Ключевые слова: гибридные методы сварки плавлением, лазерно-дуговая сварка, стыковое соединение пластин, сравнительный анализ.

Объектом исследования является: Процесс лазерно-дуговой сварки сварочной проволокой СВ-08Г2С стыкового соединения пластин из стали 15ХСНД.

Цель работы – сравнительный анализ гибридных методов сварки плавлением и на основе полученных результатов подобрать наиболее подходящий режим гибридной сварки стыкового соединения пластин из стали 15ХСНД толщиной 20мм.

Сравнительный анализ проводился на основе информации из литературных источников.

В результате сравнительного анализа была выбрана лазерно-дуговая сварка, так как она предназначена для сварки сталей толщиной до 20 мм.

Основные технологические характеристики: подобраны параметры для лазерно-дуговой сварки стыкового соединения пластин.

Область применения: производство контейнеров.

Экономическая эффективность: сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

В будущем планируется: продолжать работу по данной тематике.

Определения, нормативные ссылки

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Сварка – процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, пластическом деформировании или совместным действием тот и другого.

Лазерно-дуговая гибридная сварка – вид сварки, который совмещает принципы лазерной и дуговой сварки.

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ ISO 15609-6-2016 – Технические требования и аттестация процедур сварки металлических материалов. Технические требования к процедуре сварки. Часть 6. Лазерно-дуговая гибридная сварка.

ГОСТ 2246-70 – Проволока стальная сварочная. Технические условия.

ГОСТ 19903-74 – Прокат листовой горячекатаный. Сортамент.

ГОСТ Р ИСО 14175-2010 – Материалы сварочные. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственных процессов.

ГОСТ 18442-80 – Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.

РД 03-606-03 – Инструкция по визуальному и измерительному контролю.

ГОСТ 12.1.003-2014 – Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.0.003-2015 – Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ГОСТ 12.1.005-88 – Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Оглавление	
Введение.....	10
1.Описание сварного соединения.....	11
1.1 Общая характеристика и назначение, состав и свойства стали	11
1.2 Специальные требования к сварному соединению	13
1.3 Оценка свариваемости.....	13
1.4 Аналитический обзор гибридных методов сварки	14
2. Разработка технологии сварки.....	16
2.1 Выбор способа сварки	16
2.2 Сварочное оборудование и материалы	17
2.3 Подготовка кромок	26
2.4 Расчет параметров режима сварки	27
2.5 Прогнозирование хим. состава и свойств сварного шва.....	27
2.6 Определение расхода сварочных материалов.....	28
3. Технологический процесс изготовления сварного соединения	29
3.1 Заготовительные операции.....	29
3.2 Подготовка сварочных материалов.....	29
3.3 Требования к сборке	30
3.4 Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений.....	31
4. Контроль качества сварных швов.....	31
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	33
5.1 Анализ конкурентных технических решений	33
5.2 SWOT-анализ.....	34
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	36
5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	36
5.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	37
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	38
5.3.5 Накладные расходы.....	39
5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	39
6. Социальная ответственность	41
6.1 Производственная безопасность.....	41
6.2 Экологическая безопасность.....	47
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	48
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	49
Заключение	52
Список литературы	53
Приложение А	55

Введение

В современной промышленности существует необходимость в повышении эксплуатационных свойств изделий, снижении материалоемкости и массы конструкций, повышении энергоэффективности. В особенности это касается таких отраслей промышленности, как автомобилестроение, судостроение, транспортное машиностроение, нефтегазовый комплекс, строительство.

Современный уровень развития производства требует использование технологий, гарантирующих необходимое качество продукции и повышающих производительность процесса, вызванную необходимостью уменьшения длительности производственного цикла, себестоимости и повышению конкурентоспособности. Традиционные технологии обработки не всегда могут соответствовать возрастающим требованиям к производительности, точности и качеству процесса обработки. В связи с этим усовершенствование более эффективных технологий обработки материалов нового поколения является актуальной задачей.

Повышенная степень концентрации ввода энергии в материал является самой важной задачей при развитии современных сварочных и производственных технологий. Особенно интересны с этой точки зрения гибридные технологии (лазерно-дуговые, лазерно-микроплазменные и т.п.), которые объединяют лазерное воздействие на материалы с электрофизическим (электрическая дуга, микроплазма).

Целью данной бакалаврской работы является: Сравнительный анализ гибридных методов сварки плавлением и получение неразъёмного стыкового соединения листов из стали 15ХСНД толщиной 20 мм, выполненного гибридной сваркой.

1. Описание сварного соединения

1.1 Общая характеристика и назначение, состав и свойства стали

Сварная конструкция представляет собой стыковое соединение их двух пластин из стали 15ХСНД размером 800×700×20 мм (рисунок 1).

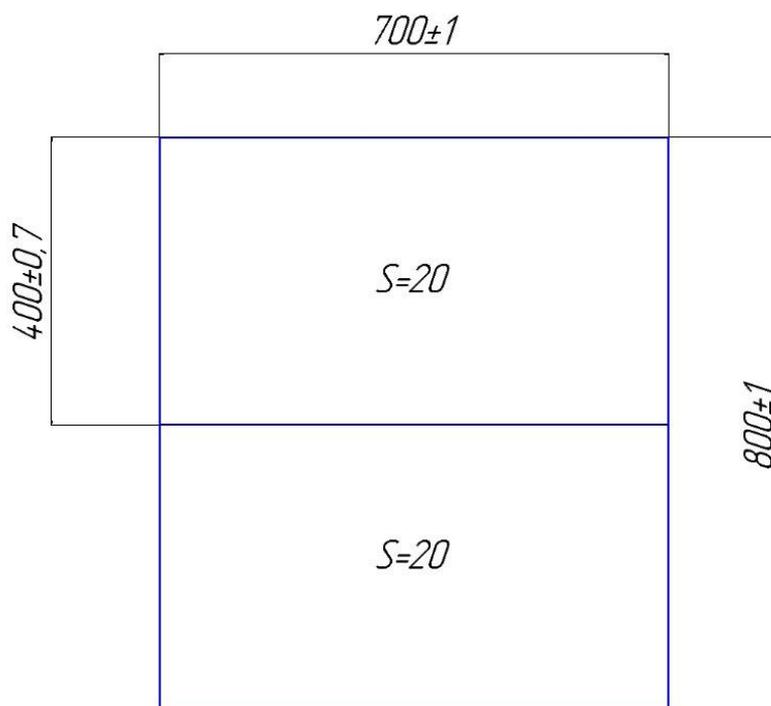


Рисунок 1 – Сварное соединение

Таблица 1 – Химический состав, % по ГОСТ 19282-73

C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	P	S	As	N
0,12- 0,18	0,4- 0,7	0,4- 0,7	0,6- 0,9	0,3- 0,6	0,2- 0,4	<0,035	<0,040	<0,08	0,008

Таблица 2– Механические свойства в состоянии поставки

KCV Дж/см ² При температуре -40°С	σ_B , МПа, не менее	σ_T , МПа, не менее	δ , %	Ψ , %
39	490	345	21	56

Общие технологические свойства

Склонность к отпускной хрупкости – малосклонна. Склонность стали и некоторых сплавов к поражению дефектами внутреннего строения стали – не чувствительна [1].

Сталь 15ХСНД используется:

- при производстве элементов сварных металлоконструкций
- при производстве деталей с ограничением массы, работающих при температуре от -70 до +450 °С, от которых требуется повышенная прочность и стойкость к коррозии.

Наиболее востребованным видом сортового проката стали 15ХСНД являются листы (тонкие – ГОСТ 19903–74, 19904–90 и 17066–94; толстые – ГОСТ 19282–73, 19903–74, 14637–89 и 6713–91). Этот материал обладает хорошей сопротивляемостью высоким ударным нагрузкам и устойчивостью к возникновению трещин.

Сталь 15ХСНД пользуется спросом и у предприятий машиностроительной отрасли. В частности, из стали данной марки возводят прочные и устойчивые к образованию коррозии строительные опоры, железнодорожные эстакады, сваренные и свайные металлоконструкции, фермы. Подсчитано, что применение стали 15ХСНД приводит к экономии материала в среднем на 20% сравнительно с металлопрокатом любой другой марки.

Применение больших толщин листов при изготовлении сварных конструкций требует разработки специальных технологий сварки, в которых учитывается форма разделки кромок, количество слоев шва, необходимость подогрева и термической обработки.

В производстве, при изготовлении конструкций из стали 15ХСНД большой толщины используются ручная дуговая сварка покрытыми электродами или механизированные и автоматизированные способы сварки в среде защитных газов. Однако, применяемые способы сварки

малопроизводительны и способствуют формированию больших остаточных напряжений в сварных соединениях. В связи с этим актуальным является применение прогрессивных способов сварки, обеспечивающих концентрированный ввод тепла в изделие, что позволит уменьшить объем сварочной ванны и, как следствие, деформации и напряжения сварных конструкций большой толщины.

К таким способам относятся гибридные методы сварки

1.2 Специальные требования к сварному соединению

Для низколегированной стали 15ХСНД повышенные скорости охлаждения металла шва способствуют увеличению ее прочности, однако при этом снижаются пластические свойства и ударная вязкость. Это объясняется изменением количества и строения перлитной фазы. В нашем случае необходимо назначить режим сварки и предварительного подогрева таким образом, чтобы скорость охлаждения стали не выходила из рекомендуемого диапазона.

Так как толщина листов 20 мм, из-за высоких остаточных напряжений возможно образование холодных трещин, поэтому для их устранения необходимо правильно разработать технологию сварки.

1.3 Оценка свариваемости

Технология сварки должна обеспечивать определенный комплекс требований, основным из которых является равнопрочность сварного соединения с основным металлом и отсутствие дефектов в сварном шве. Для этого механические свойства металла шва и околошовной зоны должны быть не ниже нижнего предела механических свойств основного металла [2].

Для определения свариваемости стали необходимо посчитать эквивалентное содержание углерода по формуле [3]:

$$C_{\text{э}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+V}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{Cu}{13} + \frac{Ni}{15} + \frac{P}{2}, \quad (1)$$

где – C, Mn, Cr, V, Mo, Ni, Cu, P – процентное содержание легирующих элементов в металле шва, тогда

$$C_3 = 0,15 + \frac{0,7}{6} + \frac{0,9+0}{5} + \frac{0}{4} + \frac{0,3}{13} + \frac{0,3}{15} + \frac{0,035}{2} = 0,487 \%$$

Согласно химическому составу стали 15ХСНД (таблица 1) химический эквивалент равен: $C_3=0,487\%$.

Стали с эквивалентом по углероду более 0,45% склонны к образованию трещин при сварке. Поэтому произведем расчет температуры подогрева по формуле [4]:

$$T = 350\sqrt{C_3 - 0,25}. \quad (3)$$

Подставляя полученные данные

$$T = 350\sqrt{0,499 - 0,25} = 174,6^\circ\text{C}$$

Принимаем температуру предварительного подогрева 200⁰С.

1.4 Аналитический обзор гибридных методов сварки

Гибридные способы сварки, подходящие для стали 15ХСНД представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Гибридные способы сварки [10]

Название способа	Достоинства	Недостатки
Лазерно-дуговая сварка	<ul style="list-style-type: none"> - стабильность сварочного процесса при высоких скоростях обработки, - управление структурой и свойствами сварного соединения, - обеспечение свариваемости специальных сталей и сплавов, - снижение сварочных деформаций, - высокое качество сварного соединения, - повышение скорости сварки в 2-3 раза по сравнению с дуговой сваркой 	<ul style="list-style-type: none"> - низкий уровень поглотительной способности обрабатываемой поверхности и ее зависимость от длины волны лазерного излучения.
Лазерно-	<ul style="list-style-type: none"> - скорость сварки увеличивается в 4 раза (Al), в 6 раз (Fe) на толщинах 0,5 мм; - повышение глубины проплавления: от 	<ul style="list-style-type: none"> - необходимость приобретения дорогостоящей установки, - высокие требования к

<p>светолучевая сварка</p>	<p>0,3 мм при лазерной сварке стали до 0,8 мм при совмещенной сварке лазером и световым источником; - качество сварных соединений повышается; - экономное потребление электроэнергии; - расширенные технологические возможности лазера; - существенное уменьшение времени на подготовительные операции к сварке тонколистовых соединений.</p>	<p>квалификации персонала, - наличие вибраций и необходимость применения вибростойких платформ, - необходимость защиты персонала от лазерного излучения аппаратуры.</p>
<p>Лазерно-индукционная сварка</p>	<p>- в сравнении с подогревом в печи полностью параллелен с машинным временем цикла лазерной сварки; - небольшие инвестиционные затраты; - низкий расход энергии; - простота в эксплуатации; - меньший нагрев свариваемого узла; - исключение отпуска уже сваренных деталей; - уменьшение длительности технологического цикла; - удобный дизайн оборудования. - уменьшает жесткость термического цикла - повышает свариваемость.</p>	<p>- склонность к формированию подрезов, эрозия неплавящегося электрода; - высокая стоимость оборудования.</p>
<p>Лазерно-плазменная сварка</p>	<p>- значительно увеличивается скорость сварки, скорость сварки становится выше, чем арифметическая сумма скорости лазерной и плазменной сварки; - процесс не зависит от оптических свойств поверхности; - при сварке алюминиевых сплавов поверхность очищается от окисной пленки Al₂O₃; - снижение температуры поверхности ванны расплава, при которой начинается переход от теплопроводного режима проплавления к режиму глубокого проплавления.</p>	<p>- недостаточная плотность мощности в зоне обработки; - образование подрезов и внутренних пор - невозможность достичь стабильного процесса при высоких скоростях сварки</p>

Выбираем способ лазерно-дуговой сварки, так как этот способ предназначен для сталей толщиной до 20 мм и обеспечивает большую скорость сварки деталей.

2. Разработка технологии сварки

2.1 Выбор способа сварки

Исходя из анализа достоинств и недостатков гибридных способов сварки, проведенных в п. 1.2 в качестве основного способа сварки была выбрана лазерно-дуговая сварка. Схема сварки показана на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема гибридной лазерно-дуговой сварки

Наличие дополнительного источника нагрева обеспечивает данную технологию низкой чувствительностью к зазорам. Благодаря дополнительному легированию сварного шва появляется возможность получения сварных соединений с заданными прочностными характеристиками. Взаимодействие лазерного излучения и электрической дуги стабилизирует горение дуги при высокоскоростной обработке, а качество швов при этом не хуже, чем при лазерной сварке.

Преимущества способа:

- стабильность сварочного процесса при высоких скоростях обработки,
- управление структурой и свойствами сварного соединения,
- обеспечение свариваемости специальных сталей и сплавов,
- снижение сварочных деформаций,

- высокое качество сварного соединения,
- повышение скорости сварки в 2-3 раза по сравнению с дуговой сваркой.

Технологические возможности:

- сварка сталей толщиной до 20мм за один проход,
- сварка легких сплавов толщиной до 10 мм,
- скорость сварки до 3м/мин,
- мощность лазерного излучения до 15кВт,
- ток дуги до 1500А.

Высокие скорости сварки и низкий уровень сварочных деформаций, а также высокий уровень автоматизации, характерные для лазерно-дуговых технологий, позволяют значительно повысить производительность сборочно-сварочного процесса и снизить затраты на изготовление судовых конструкций.

Отсутствие внутренних дефектов обеспечивается как сканированием лазерного излучения поперёк шва, так и изменением мощности дуговой составляющей. Помимо выше перечисленных преимуществ, сварные соединения, образованные при лазерно-дуговой сварке, также обладают низкими сварочными деформациями, что позволяет сократить время технологического цикла при изготовлении конечного продукта и снизить его себестоимость.

2.2 Сварочное оборудование и материалы

Установка для гибридной лазерно-дуговой сварки состоит из следующих компонентов: иттербиевый волоконный лазер, чиллер, оптическая лазерная головка, робот-манипулятор, источник питания дуговой сварки, механизм подачи электродной проволоки, сварочный стол.

На сегодняшний день самыми распространёнными в промышленности существует несколько основных типов лазеров: CO₂-лазер (газовый), Волоконные лазеры, Nd:YAG, Nd:YVO (кристаллы).

При сварке наиболее часто используются CO_2 (в дальнейшем: газовые) и Nd:YAG (ниодимовые, в дальнейшем: твердотельные) лазеры. Оба типа лазера широкоиспользуются в промышленности, хотя газовые распространены больше. Причины подобного, различия между ними, общая характеристика лазерной сварки и будут рассмотрены ниже.

Процесс лазерной сварки кратко происходит так: Мощный луч инфракрасного излучения генерируется в резонаторе. Затем луч передается и фокусируется нарезаемый материал специальной линзой. Сфокусированный луч разогревает до высокой температуры небольшой участок материала (пятно фокуса, обычно не более 0,5 мм) на всю глубину листа.

Сварочная головка перемещается, и луч с помощью подвижной системы зеркал доставляется до нее, или лист перемещается относительно головки, таким образом, и производится сварка. В твердотельных лазерах, для передачи луча используются оптоволоконные системы вместо зеркал. Однако для газового лазера, с его большей длиной волны излучения это невозможно.[11]

Достоинства и недостатки газовых и твердотельных лазеров[11]

Газовые лазеры изобретены раньше, и производители предлагают более мощные установки подобного типа. Однако сварочные головки газовых лазеров подвержены большому износу и риску повреждения в виду большого пятна фокуса.

Твердотельные лазеры более ограничены в видах свариваемых материалов, газовые при особых отражательных свойствах материала.

Газовые потребляют дополнительные материалы в виде лазерного газа, производящего излучение.

Фокусирующие линзы газовых лазеров имеют большую цену в виду невозможности использовать обычное стекло.

В установках твердотельных лазеров для передачи излучения может использоваться оптоволокно, что уменьшает общую стоимость установки и ее обслуживания.

Меньшее отражение излучения твердотельного лазера от поверхности. Прозрачность обычного стекла для излучения этого лазера. Благодаря этому, могут использоваться высокоточные стеклянные фокусирующие линзы с меньшим фокусным пятном, а использование кварцевого оптоволокна дает возможность передавать луч на большие расстояния.

Только твердотельные лазеры могут использовать оптоволокно для передачи луча к арке сварки. Это связано с тем, что, хотя оба типа лазера являются инфракрасными, длина волны излучения газового лазера больше в 10 раз, чем твердотельного (10.6 микрон 1.06 микрон соответственно).

Из проведенного анализа выбираем твердотельный иттербиевый волоконный лазер ЛС-8

Иттербиевый волоконный лазер ЛС-8



Рисунок 3 – Лазер ЛС-8

Линейка мощных и сверхмощных промышленных волоконных лазеров включает в себя модели от 100 Вт до десятков кВт.

Портативность и возможность выбора длины волны волоконных лазеров позволят реализовать новые эффективные применения недоступные для других типов ныне существующих лазеров.

Особенности:

- квазинепрерывный режим работы (до 7 кВт);
- пиковая мощность 500 Вт – 8 кВт (одномодовый до 7 кВт);
- встроенный капплер;
- кондиционер;
- выходное волокно 100, 200 или 300 мкм в диаметре (при установке волокна 100 мкм ВРР 4,5 мм*рад; 200 мкм ВРР 10 мм*рад; 300 мкм ВРР 15 мм*рад);
- возможность модернизации с увеличением мощности;
- 25U стойка Rittal, 1106x856x806, 1106x1108x806, 1400x1456x806, 1400x2100x806.

Чиллер 170

Для охлаждения компонентов волоконного лазера ЛС-8 назначаем чиллер LC 170-01.W.3.5/6 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Чиллер

Основные характеристики чиллера представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики чиллера

Тип чиллера	Мощность лазера	Электрическое подключение	Охлаждение
LC 170-01.W.3.5/6	8 кВт	два контура охлаждения 400-460 В / 3 ф 50 / 60 Гц /Защитн. Заземл. (PE)	Вода/вода

Оптическая лазерная голова

Оптическая голова предназначена для фокусировки лазерного излучения для сварки (рисунок 5). Назначаем голову для сварки FLW D50.



Рисунок 5 – Лазерная голова

Основные характеристики оптической головы представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Технические характеристики головы для сварки

FLW	D50L
Максимальная мощность лазера, кВт	10
Конфигурации	Горизонтальная RHS, горизонтальная LHS, вертикальная, базовая
Коллимирующая линза, мм	100, 120, 140, 150, 160, 180, 200
Фокусирующая линза, мм	150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000
Тип коннектора	LCA, HLC-8
Тип коллиматора	Настраиваемый или фиксированный

Робот-манипулятор

Основное назначение робота-манипулятора перемещение оптической головы и сварочной горелки. Так же в софт робота связывает все компоненты установки через выходы (OUT) в одной программе, что облегчает управление. Назначаем робот-манипулятор Fanuc.



Рисунок 6 - Робот-манипулятор Fanuc

Робот для сварки Arc Mate 100iC/12 от марки Fanuc имеет большую грузоподъемность и различные варианты монтажа, благодаря

характеристикам, данная инновационная модель отличается высокой универсальностью и подходит для выполнения обширного круга операций по высокоскоростной сварке.

Таблица 6 - Технические характеристики робота для сварки

Тип робота	Универсальный, предназначен для дуговой сварки, имеет полое запястье
Число степеней свободы	6
Достигаемость	1420 мм
Грузоподъемность	12 кг
Точность \ повторяемость	0.08 мм
Вес манипулятора	130 кг
Степень защиты IP:	IP54
Страна-производитель:	Япония

Источник питания дуговой сварки с механизмом подачи

Назначаем в качестве источника для дуговой сварки аппарат Lincoln Electric Powertec 425S со встроенным механизмом подачи электродной проволоки.



Рисунок 7 – Источник питания для сварки и механизм подачи проволоки

Lincoln Electric Powertec 425S с питанием от трехфазной сети - источник питания постоянного тока с выходным током 420А. Этот аппарат подходит для полуавтоматической, промышленной MIG/MAG сварки сталей, нержавеющей сталей и алюминия, а также для сварки порошковой проволокой в среде защитного газа. Источник оснащен встроенной тележкой на колесах, имеет ручки для перемещения. Данная установка поставляется с воздушным охлаждением.

Особенности

Стабильные свойства дуги при сварке в газовых смесях и 100% CO₂.

Аппараты разработаны для разнообразных видов работ.

Многоступенчатая регулировка напряжения сварки позволяет устанавливать параметры с максимальной точностью.

Дополнительный дроссель обеспечивает отличные свойства сварочной дуги.

Функция включения вентилятора при необходимости (F. A. N.) снижает потребляемую мощность и попадание пыли и дыма внутрь устройства.

Таблица 7 - Технические характеристики сварочного полуавтомата

Характеристика	Значение
Сеть питания	230/400/3/50-60
Свароч. ток / Напряж. / ПВ	420А/35В/40%
Сетевой предохранитель.	63А / 32А
Диапазон тока	30-420А
Габаритные размеры ВхШхД (мм)	875 x 700 x 1035
Масса, кг	151

Универсальный сварочный сборочный стол Demmeler

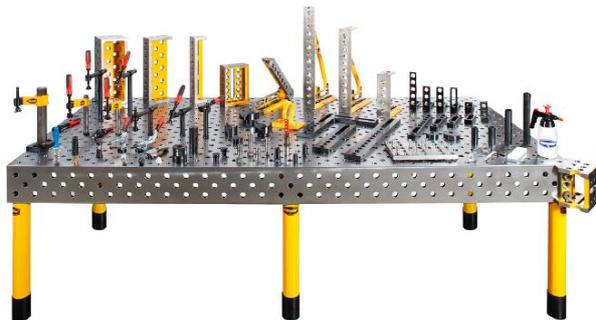


Рисунок 8 – Сварочный стол

Используется для сборки и сварки больших конструкций, таких как: машинные кузова, стеллажи, рамы станков и т.д.

Диаметр системного отверстия 28 мм

Координатная сетка с шагом 100x100мм

Системные отверстия с шагом 100мм

Толщина столешницы - 200мм

Габаритные размеры стола 2400x1200 мм со стандартными опорами и комплект оснастки E210

Сварочная проволока

Для сварки стали 15ХСНД, согласно рекомендациям [3, с.313] возможно использовать проволоку Св-08ГС или Св-08Г2С (таблица 8) в смеси защитных газов.

Таблица 8–Химический состав проволок Св-08ГС и Св-08Г2С

Марка проволоки	Химический состав, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S, не более	P, не более
Св-08ГС	Не более	0,60-	1,40-	Не более	Не более	0,025	0,030
	0,10	0,85	1,70	0,20	0,25		
Св-08Г2С	0,05-0,11	0,70-	1,80-	Не более	Не более	0,025	0,030
		0,95	2,10	0,20	0,25		

Принимаем для сварки проволоку марки Св-08Г2С.

Сварочная смесь

Использование защитных сварочных смесей в правильной пропорции зачастую делает сварку более эффективной, повышает производительность и позволяет добиться более качественных швов, благодаря следующим особенностям:

- снижение количества брызг;
- увеличение скорости наплавления металла;
- повышение пластичности и плотности шва;
- уменьшение задымленности;
- увеличение стабильности дуги.

Принимаем в качестве защитного газа смесь Ar (75 %) и CO₂ (25 %).

2.3 Подготовка кромок

Преимуществом лазерно-дуговой сварки в отличие от дуговых способов сварки, является применение узкой разделки, которая позволяет экономить сварочные материалы, а также уменьшать количество сварочных проходов.

Разделка шва выполняется таким образом, чтобы с помощью лазерного излучения производилась заварка корневого шва и заполнение разделки металлом плавящегося электрода (проволоки)

Площадь наплавки находится как сумма площадей элементарных геометрических фигур [3]:

$$F_{\text{н}} = 2 \cdot 0,5 \cdot h \cdot b + 0,75 \cdot e \cdot g, \quad (4)$$

где h , b , e , g – размеры конструктивных элементов сварного соединения.

$$F_{\text{н}} = 2 \cdot 0,5 \cdot 15 \cdot 4 + 0,75 \cdot 10 \cdot 1,5 = 71 \text{ мм}^2.$$

Общая площадь поперечного сечения наплавленного и расплавленного металлов находится по формуле [3]:

$$F = 0,73 \cdot e \cdot (S + g) = 0,73 \cdot 10 \cdot (20 + 1,5) = 157 \text{ мм}^2. \quad (5)$$

Площадь поперечного сечения проплавленного металла определяется по формуле [3]:

$$F_{\text{ПР}} = F - F_{\text{Н}} = 157 - 71 = 86 \text{ мм}^2. \quad (6)$$

2.4 Расчет параметров режима сварки

Основные параметры процесса гибридной лазерно-дуговой сварки представлены в таблице 9.

Таблица 9 - Параметры гибридной лазерно-дуговой сварки [14]

мощность лазера	от 4 до 6,75 кВт;
фокусная точка: нижняя часть листа	+0 /-2 мм;
скорость подачи проволоки	10–15 м /мин;
мощность дуги	5–7,5 кВт;
расстояние от наконечника до рабочей области (СТВД)	17–21 мм;
угол скоса кромки	12°, 18°;
притупление кромки	6 мм;
длина лазерного луча /длина дуги	2–5 мм;
угол наклона лазерного луча /горелки	19°;
диаметр электродной проволоки	1 мм;
защитный газ: аргон+углекислота	10 л /мин;

2.5 Прогнозирование хим. состава и свойств сварного шва

Степень легирования металла шва определяется сравнением химического состава основного металла и металла наплавленного валика, определяемого по формуле [9]:

$$R_{\text{ш}} = R_0 \cdot \gamma_0 + (1 - \gamma_0) \cdot R_3 \pm \Delta R, \quad (7)$$

где $R_{\text{ш}}$ – содержание рассчитываемого элемента, %;

R_0 – содержание того же элемента в основном металле, %;

$\pm \Delta R$ – переход данного элемента из покрытия или флюсов в шов или его выгорание;

$(1-\gamma)$ – доля участия электродного металла в металле шва, %;

R_3 – содержание рассчитываемого элемента в металле, наплавленным данной маркой электродов или сварочной проволоки, %;

γ – доля участия основного металла в металле шва.

Определяем долю участия основного металла в металле шва по следующей формуле [9]:

$$\gamma = F_{\text{пр}} / (F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}) = 86 / (86 + 71) = 0,55 \quad (8)$$

Определяем химический состав для сварки покрытыми электродами:

$$[\text{C}]: R_{\text{ш}} = 0,15 \cdot 0,55 + (1 - 0,55) \cdot 0,08 = 0,12 \%;$$

$$[\text{Si}]: R_{\text{ш}} = 0,55 \cdot 0,55 + (1 - 0,55) \cdot 0,8 = 0,66 \%;$$

$$[\text{Cr}]: R_{\text{ш}} = 0,75 \cdot 0,55 + (1 - 0,55) \cdot 0,2 = 0,5 \%;$$

$$[\text{Ni}]: R_{\text{ш}} = 0,45 \cdot 0,55 + (1 - 0,55) \cdot 0,25 = 0,36 \%;$$

$$[\text{Mn}]: R_{\text{ш}} = 0,55 \cdot 0,55 + (1 - 0,55) \cdot 1,95 = 1,2 \%;$$

$$[\text{S}]: R_{\text{ш}} = 0,04 \cdot 0,55 + (1 - 0,55) \cdot 0,025 = 0,033 \%;$$

$$[\text{P}]: R_{\text{ш}} = 0,035 \cdot 0,55 + (1 - 0,55) \cdot 0,03 = 0,032 \%;$$

$$[\text{Cu}]: R_{\text{ш}} = 0,30 \cdot 0,55 = 0,17 \%.$$

Экспериментальное определение механических характеристик металла швов позволило определить коэффициенты влияния каждого химического элемента и составить эмпирическое выражение для расчёта ожидаемых механических характеристик металла шва низколегированных сталей.

2.6 Определение расхода сварочных материалов

Определяем массу наплавленного металла по формуле [3]:

$$G_{\text{н}} = \gamma \cdot F_{\text{н}} \cdot l_{\text{шва}}, \quad (14)$$

где $l_{\text{шва}}$ – длина шва равная по условию 700 мм,

$F_{\text{н}}$ – площадь наплавленного металла, $F_{\text{н}}=71 \text{ мм}^2$.

$$G_{\text{н}} = 7,8 \cdot 0,71 \cdot 70 = 388 \text{ г}$$

Расход сварочной проволоки можно определить по формуле [3]:

$$G_{\text{р}} = G_{\text{н}} / (1 - \psi), \quad (15)$$

ψ – отношение количества металла, потерянного в виде брызг и угара, к полному количеству расплавленного электродного металла.

Подставляем значения в формулу (15) и получаем:

$$G_p = 388 / (1 - 0,12) = 440 \text{ г.}$$

3. Технологический процесс изготовления сварного соединения

Изготовление конструкции состоит из нескольких операций: заготовительные, сборочные, сварочные и контроль качества сварного шва.

3.1 Заготовительные операции

Выбираем горячекатный листовой прокат, который подвергается правке и зачистке, с целью устранения неровностей и загрязнений. Производится разметка для будущей детали и кернение, далее вырезаем детали при помощи плазменной дуги и обрабатываем полученные кромки абразивным кругом для удаления следов резки

3.2 Подготовка сварочных материалов

Соответствие применяемой проволоки для сварки ответственных конструкций требованиям ГОСТ 2246-70 [8].

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой. Не допускаются трещины, закаты, раковины, забоины, окалина, ржавчина, различные загрязнения.

Диаметр проволоки необходимо измерять с точностью до 0,01 мм. Сварочную проволоку сплошного сечения в зависимости от марки изготавливают из стали, химический состав стали должен соответствовать пределам, приведенным в ГОСТ 2246-70 [8].

По виду поверхности низкоуглеродистая и легированная проволока разделяются на: омедненную, неомедненную, с антикоррозионным покрытием. Специальные требования к омеднению или специальному покрытию поверхности проволоки устанавливается техническим условием.

Проволока с омедненной поверхностью или специальным покрытием должна поступать в опалубках прямоугольного сечения.

Поверхность проволоки должна быть чистой и гладкой, без повреждений, расслоений, пленок, закатов, раковин, окалины, ржавчины, масла. На поверхности проволоки допускаются риски (в том числе затянутые), царапины, местная рябизна и отдельные вмятины. Глубина дефектов не должна быть больше предельного отклонения по диаметру. Предельные отклонения по диаметру для проволоки диаметром до 4 мм - 0,09 мм, диаметром 4 мм - 0,16 мм.

Диаметр измеряется микрометром с точностью до 0,01 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях в каждом сечении в двух местах, на расстоянии 5 м друг от друга.

3.3 Требования к сборке

Сборка соединения производится на универсальном сборочно-сварочном столе с использованием прихваточных швов.

Собранное изделие должно прихватываться в нескольких местах механизированной сваркой. Назначаем 2 прихватки, которые должны быть расположены краев изделия. Длина прихваток должна быть не меньше 50 мм. Высота прихватки должна составлять не менее 3,0 мм [7].

Прихватки выполняются сварщиками, которые допущены на сварку подобных изделий и которые будут сваривать данное соединение, теми же сварочными материалами, которые будут использоваться для сварки основных швов [7].

Прихватки выполняются на режимах, рекомендованных для сварки таких швов. Качество прихваток соответствует требованиям к качеству основного сварного шва. Прихватки, имеющие недопустимые дефекты, следует удалять механическим способом.

3.4 Мероприятия по снижению сварочных деформаций и напряжений

Для используемого типа соединения необходимо применять подходящий тепловой режим. Для снижения деформаций изделий с каждой стороны шва применяется предварительный подогрев зоны сварки шириной 40-50 мм. При этом происходит снижение перепада температур между участками сварного соединения, подвергающимся сильному нагреву при наложении шва, и, следовательно, уменьшаются напряжения и конечные деформации. Температура предварительного подогрева устанавливается в зависимости от ряда факторов, таких, как: химический состав металла, его толщина и жесткость конструкции. При сварке низколегированных сталей толщиной более 20 мм предварительный нагрев составляет 150-200 °С.

Предварительный подогрев выполняется газовыми горелками, электрическими или индукционными нагревателями. Можно применять также сопутствующий подогрев.

4. Контроль качества сварных швов

Визуальный контроль и обмер производится работниками службы контроля. При осмотре сварного соединения:

- проверяется наличие на каждом стыке клейма сварщика, выполнявшего сварку. Если сварку одного стыка выполняло больше одного сварщика, то на каждом стыке должно быть проставлено клеймо каждого сварщика;
- проверяется наличие порядкового номера на одном из концов каждой плети;
- проверяется наличие наружных трещин, кратеров и выходящих на поверхность пор.

По результатам контроля сварные соединения должны соответствовать следующим требованиям:

- наружное смещение кромок не превышает допустимых значений;

- глубина подрезов не превышает допустимых значений;
- усиление внешнего и внутреннего швов должно иметь высоту не меньше 1,0 мм и не больше 3,0 мм и плавный переход к основному металлу;
- сварной шов облицовочного слоя должен перекрывать основной металл [6].

Ультразвуковой контроль сварных соединений осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ 14782-86[7].

Контроль возможно осуществлять в ручном, механизированном или автоматизированном вариантах.

Поверхность сварного соединения, подлежащая ультразвуковому контролю, должна быть с обеих сторон шва очищена от загрязнений [7].

Подготовленные для контроля поверхности непосредственно перед прозвучиванием необходимо тщательно протереть и покрыть слоем контактной смазки.

Контролируемое соединение необходимо прозвучивать прямым и однократно отраженным лучом.

По результатам ультразвукового контроля годным считают сварное соединение, в котором отсутствуют:

- непротяженные дефекты, амплитуда эхо-сигнала от которых больше амплитуды эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП, или суммарная условная протяженность которых в шве превышает $1/6$ периметра этого шва;
- протяженные дефекты в сечении шва, амплитуда эхо - сигнала от которых больше амплитуды эхо-сигнала от контрольного отражателя в СОП, или условная протяженность которых больше 50 мм, или суммарная условная протяженность которых больше 50 мм на любые 300 мм шва;
- протяженные дефекты в корне шва, амплитуда эхо-сигналов от которых больше амплитуды эхо-сигналов от контрольного отражателя в СОП или условная протяженность такого дефекта больше $1/6$ периметра шва.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение.

Объектом исследования в моей работе является «Сравнительный анализ гибридных методов сварки плавлением», выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Основная задача работы состоит в том, чтобы подобрать подходящий вид гибридной сварки для стыкового соединения стальных пластин.

Целью данного раздела является сравнение предлагаемой разработки с разработками, которые уже существуют и являются основными в этой сфере.

5.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. В настоящий момент единственным конкурентом разрабатываемой в данной работе технологии является лазерно-плазменная сварка. В таблице 1 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства катализаторов ФТ.

Таблица 10 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б _ф	Б _{к1}	К _ф	К _{к1}
Технические критерии катализатора					
1.Повышение производительности	0,3	5	4	1,5	1,2
2.Удобство в эксплуатации	0,1	4	4	0,4	0,4
3.Безопасность	0,1	4	3	0,4	0,3
4.Простота	0,1	4	3	0,4	0,3

эксплуатации					
Экономические критерии оценки эффективности					
5.Цена	0,2	4	4	0,8	0,8
6.Срок выхода на рынок	0,1	3	5	0,3	0,5
Итоги:	0,9			3,8	3,5

Б_ф-технология, разрабатываемая в ходе исследовательской работы;

Б_{к1}-технология контактной точечной сварки.

Таким образом, на основании таблицы 1 можно сделать вывод, что технология лазерно-дуговой сварки, разработанная в ходе исследовательской работы, может составить серьезную конкуренцию распространенной в настоящее время лазерно-плазменной сварке. Главными преимуществами данной технологии является повышение производительности, безопасность и простота эксплуатации.

5.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

На основе работы, проведенной в предыдущих разделах бакалаврской работы, был составлен SWOT-анализ научно-исследовательского проекта. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 2.

Таблица 11 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научноисследовательского проекта: С1. Более высокая производительность, по сравнению с другими технологиями С2. Квалифицированный	Слабые стороны научноисследовательского проекта: Сл1. Окончательный вариант технологии, который можно будет ввести в производство, далек от завершения
--	---	---

	<p>персонал</p> <p>С3. Актуальность проекта</p> <p>С4. Экологичность и безопасность технологии</p>	<p>Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой</p> <p>44</p> <p>Сл3. Большой срок поставок материалов, используемых в проводимом исследовании.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Высокая производительность технологии, а также ее экологичность и безопасность увеличивает стоимость конкурентных разработок. Актуальность работы позволит привлечь инновационную инфраструктуру ТПУ в дальнейших исследованиях</p>	<p>Отсутствие квалифицированного персонала ведет к снижению качества сварных соединений</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых технологий</p> <p>У2. Отсутствие спроса на новые технологии производства</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Появление новых технологий может привести к утрате актуальности исследования и снижению сравнительной производительности</p>	<p>Отсутствие квалификации у специалистов может повлиять на спрос потенциальных потребителей.</p> <p>Несвоевременное финансовое обеспечение исследования увеличивает срок разработки окончательного варианта технологии.</p>

5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с выполнением.

5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + K_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхи}$$

где: m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

K_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед, руб.	Затраты на материалы,
Сталь	кг	1	7400	8000
Бумага	Лист	100	2	230
Картридж для принтера	Шт.	1	1000	1150
Интернет	М/бит (пакет)	1	350	350
Итого				9730

5.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей

темы

Месячный должностной оклад работника сведем в таблицу 4:

Таблица 13 – Оклад работника

Исполнители по категориям	Оклад, руб.	Районный коэффициент (для Томска)	Месячная зарплата, руб./мес
Руководитель	20800	1,3	27040
Инженер	700	1,3	9100

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатель рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
-выходные	104	104
-праздничные	14	14
Потери рабочего времени		
-отпуск	28	28
-невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд раб.времени	219	219

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}},$$

где: $K_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$Z_{\text{доп}} = 0,13 * 27040 = 3515,2$$

$$Z_{\text{доп}} = 0,13 * 9100 = 1183$$

5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

где: $K_{\text{внеб}}$ - коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2018 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году водится пониженная ставка – 30,2%.

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 * (27040 + 3515,2) = 9227,65$$

$$Z_{\text{внеб}} = 0,302 * (9100 + 1183) = 3105,45$$

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
Руководитель проекта	27040	3515,2
Студент	9100	1183
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого	12333,10	

Суммарное отчисление во внебюджетные фонды составило 12333,10 руб.

5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = K_{\text{нр}} * (\text{сумма статей } 1 \div 5),$$

где: $K_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 * 85194,3 = 13631,1$$

5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 30.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечания
1. Материальные затраты НТИ	9730	
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	36140	
3. Затраты по дополнительной заработной плате	4598,2	

исполнителей темы		
4. Отчисления во внебюджетные фонды	12333,1	
5. Накладные расходы	13631,1	
7. Бюджет затрат НИИ	76432,4	

При планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения.

6. Социальная ответственность

Введение

Объектом исследования моей работы является сравнительный анализ гибридных методов сварки плавлением и выбор подходящего метода сварки для выполнения стыкового соединения пластин, выполняемая в рамках научно-исследовательской работы для организации. Заинтересованными лицами в полученных данных будут являться сотрудники отделения электронной инженерии ИШНКБ ТПУ. Также потенциальными потребителями результатов разработок будут предприятия, направления деятельности которых связано с использованием гибридных методов сварки.

Основная задача данного раздела состоит в том, чтобы проанализировать, какие опасные и вредные факторы будут воздействовать на человека во время сварки покрытыми электродами. А также этом разделе будут рассматриваться вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения при возникновении опасной ситуации.

6.1 Производственная безопасность

Таблица 17 - Опасные и вредные факторы при эксплуатации процесса сварки магнитоуправляемой дугой. [15]

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Проведение сварочных работ: 1) Сварка листовых заготовок; 2) Проведение ремонтных работ по заварке дефектных мест.	1. Отклонение показателей микроклимата в производственных помещениях; 2. Превышение уровня шума; 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	1. Электрический ток;	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ[5], ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ[6], ГОСТ 12.1.012–90 ССБТ[7], ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ[8], СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03[9], СанПиН 2.2.4.548–96[10], СН 2.2.4/2.1.8.562–96[11], СН 2.2.4/2.1.8.566–96[12],

			СП 52.13330.2011[13], СанПиН 2.2.2.540-96[14].
--	--	--	---

Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны должны соответствовать ГОСТ 12.1.005–88. Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Недостаточная влажность может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами. Повышенный показатель относительной влажности вызывает перегрев организма. Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения. Длительное воздействие высокой температуры при повышенной влажности может привести к гипертермии, или накоплению теплоты и перегреву организма, а пониженные показатели температуры, особенно при повышенной влажности воздуха, могут быть причиной гипотермии, или переохлаждения.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха приведены в таблице 2.

Таблица 18 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений [16]

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт.	Температура, °С				Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		
		Оптимальная	Допустимая на рабочих местах				Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
			Верхняя		Нижняя					
			Пост.	Не пост.	Пост.	Не пост.				
Холодный	Іб	22-24	24	26	21	18	40-60	75	0,1	0,2
Теплый	Іб	23-25	28	30	22	20	40-60	70	0,1	0,3

Микроклимат производственных помещений поддерживается на оптимальном уровне системой водяного центрального отопления, естественной вентиляцией, а также искусственным кондиционированием и дополнительным прогревом в холодное время года.

Превышение уровня шума

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Шум ухудшает точность выполнения рабочих операций, затрудняет прием и восприятие информации. Длительное воздействие шума большой интенсивности приводит к патологическому состоянию организма, к его утомлению. Интенсивный шум вызывает изменения сердечно-сосудистой системы, сопровождаемые нарушением тонуса и ритма сердечных сокращений, изменяется артериальное кровяное давление.

Методы установления предельно допустимых шумовых характеристик оборудования для сварки изложены в ГОСТ 12.1.003-2014. Шум на рабочих местах также может проникать извне через каналы вентиляции и проем двери из кабинета в коридор.

По характеру спектра в помещении присутствуют широкополосные шумы. Источник шумов – электродвигатели в системе охлаждения источников питания для сварки. Для рабочих помещений административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещений для измерительных и аналитических работ уровень шума не должен превышать 50 дБА [17]

Уменьшение влияния данного фактора возможно путём:

- 1) Изоляции источников шумов;
- 2) Проведение акустической обработки помещения;
- 3) Создание дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок;

Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рациональное освещение имеет большое значение для высокопроизводительной и безопасной работы. Нормирование значений освещенности рабочей поверхности при сварочных работах помещения составляет 300 лк.[18]

Недостаточная освещенность может быть вызвана ошибочным расположением ламп в помещении, отсутствием окон в помещении, не правильным выбором количества осветительных приборов и не рациональной загрузкой на них электрического тока. Данный фактор может стать причиной неадекватного восприятия человека технологического процесса, его утомления, а также вызвать пульсирующие головные боли.

Для производственных помещений, а также научно-технических лабораторий коэффициент пульсаций освещенности (Кп) должен быть не больше 10%. [18]

В целях уменьшения пульсаций ламп, их включают в разные фазы трехфазной цепи, стабилизируют постоянство прохождения в них переменного напряжения. Но самым рациональным решением данного вредного факторы является изначально правильное расположение и подключение источников света в помещении, путем замеров освещенности, при помощи люксметра, и сравнения полученных результатов с нормативными документами.

Уровень статического электричества

Все оборудование должно быть выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.019–79.

Основными причинами поражения электрическим током могут послужить следующие факторы: прикосновение к токоведущим частям или прикосновение к конструктивным частям, оказавшимся под напряжением. С целью исключения опасности поражения электрическим током необходимо соблюдать следующие правила электрической безопасности:

- перед включением установки должна быть визуально проверена ее электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей держателей электродов;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети установку;

- запрещается при включении контактной машины одновременно прикасаться к верхнему и нижнему электродам, имеющим естественное заземление.[20]

К защитным мерам от опасности прикосновения к токоведущим частям электроустановок относятся: изоляция, ограждение, блокировка, пониженные напряжения, электрозщитные средства.

Среди распространенных способов защиты от поражения электрическим током при работе с электроустановками различают:

- защитное заземление – предназначено для превращения «замыкания на корпус» в «замыкание на землю», с тем, чтобы уменьшить напряжение прикосновения и напряжение шага до безопасных величин (выравнивание самый распространенный способ защиты от поражения электрическим током;

- зануление – замыкание на корпус электроустановок;

- системы защитного отключения – отключение электроустановок в случае проявления опасности пробоя на корпус;

- защитное разделение сетей;

- предохранительные устройства. [20]

К работам на электроустановках допускаются лица, достигшие 18 лет, прошедшие инструктаж и обученные безопасным методам труда. К тому же электробезопасность зависит и от профессиональной подготовки работников, сознательной производственной и трудовой дисциплины. Целесообразно

каждому работнику знать меры первой медицинской помощи при поражении электрическим током. [19]

6.2 Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды – это комплексная проблема и наиболее активная форма её решения – это сокращение вредных выбросов промышленных предприятий через полный переход к безотходным или малоотходным технологиям производства. Охрану природы можно представить, как комплекс государственных, международных и общественных мероприятий, направленных на рациональное использование природы, восстановление, улучшение и охрану природных ресурсов.

Многие предприятия сейчас внедряют новейшие технологии в процесс эксплуатации, очистки и утилизации отходов производства. Так, внедрение различных установок для гибридной сварки значительно упрощают процесс изготовления и ремонта деталей кузовов машин. Также гибридную сварку используют в судостроении, авиастроении. Применение гибридной сварки значительно сокращает время изготовления деталей, но приводит к увеличению затрат электроэнергии, количества электростанций и их мощностей. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность аварий в ядерных 60 реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии. Применение конденсаторов позволяет снизить потребляемую мощность в 2-3 раза.

При проведении исследований были следующие отходы: от сварочных электродов оставались огарки, которые были утилизированы.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайные ситуации относятся к совокупности опасных событий или явлений, приводящих к нарушению безопасности жизнедеятельности. К ним относятся: высокие и низкие температуры, физическая нагрузка, поражающие токсичные дозы сильнодействующих ядовитых веществ, высокие дозы облучения, производственные шумы и вибрации и многое другое могут приводить к нарушению жизнедеятельности человека.

Основными причинами возникновения чрезвычайных ситуаций являются, во-первых, внутренние, к которым относятся: сложность технологий, недостаточная квалификация персонала, проектно-конструкторские недоработки, физический и моральный износ оборудования, низкая трудовая и технологическая дисциплина. Во-вторых, внешние чрезвычайные ситуации, – это стихийные бедствия, неожиданное прекращение подачи электроэнергии, воды, технологических продуктов, терроризм, войны.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. Во всех служебных помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

С целью предотвращения пожаров необходимо:

1. Уходя из помещения проверить отключения всех электронагревательных приборов, электроустановок, а также силовой и осветительной сети.
2. Курить только в отведенных для курения местах.
3. В случае возникновения пожара приступить к его тушению имеющимися средствами, эвакуироваться и вызвать по телефону «01» пожарную службу.

4. Сотрудники должны быть ознакомлены с планом эвакуации людей и материальных ценностей при пожаре. План эвакуации должен находиться в каждом помещении и на каждом этаже лестничной площадке.

В производственных помещениях проходит большое количество проводов и большое количество электроприборов. Не правильная изоляция данных проводов, или отсутствие заземления может привести к поражению человека или к возникновению возгораний.

В целях безопасности в помещениях имеются рубильники для полного обесточивания помещения, а также изоляция проводов, защитное состояние сети и применение спец. Защитных устройств (сетевые фильтры, автоматические выключатели).

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Предполагается, что человек будет работать оператором автоматических сварочных аппаратов, поэтому он практически не будет подвержен опасным факторам. Но в крайнем случае возможно отравление аргоном, углекислым газом, поэтому при повреждении здоровья или в случае смерти работника вследствие несчастного случая на производстве либо профессионального заболевания работнику (его семье) возмещаются его утраченный заработок (доход), а также связанные с повреждением здоровья дополнительные расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию либо соответствующие расходы в связи со смертью работника.

Виды, объемы и условия предоставления работникам гарантий и компенсаций в указанных случаях определяются федеральными законами [23].

К основным техническим и организационным правовым нормам охраны труда относятся:

–Введение соответствующего режима в организации.

–Назначение ответственных лиц. За пожарную безопасность отдельных сооружений, зданий, участков, помещений, инженерного и технологического оборудования, эксплуатацию и содержание технических средств ПБ эти сотрудники отчитываются перед непосредственными начальниками.

–Составление планов (схем) эвакуации людей в случае возникновения возгорания. Определение обязанностей, которые будет выполнять каждое ответственное за пожарную безопасность лицо.

–Утверждение системы (порядка) оповещения, ознакомление с ней всего персонала.

–Определение категорий помещений и зданий по пожару и взрывоопасности, согласно требованиям действующих нормативных актов, и классов зон в соответствии с правилами устройства электроустановок.

–Установка на участках соответствующих знаков ПБ, табличек с указанием телефонов и описанием порядка вызова ПО.

Требования к размещению машин для сварки, организации рабочих мест и к производственным помещениям – в соответствии с ГОСТ 12.3.003-86.

Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из несгораемого материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.[22]

Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

Ширина проходов между контактными машинами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.

Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть негорючие, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.[22]

- Рабочие места электросварщиков должны ограждаться переносными или стационарными светонепроницаемыми ограждениями (щитами, ширмами и экранами) из негорючего материала, высота которых должна обеспечивать надежность защиты.

- Ширина проходов с каждой стороны рабочего стола и стеллажа должна быть не менее 1 м.

- Ширина проходов между контактными машинами должна быть: при расположении рабочих мест друг против друга для точечных и шовных машин - не менее 3 м, при расположении машин тыльными сторонами друг к другу - не менее 1 м, при расположении машин передними и тыльным и сторонам и друг к другу - не менее 1,5 м.

- Полы производственных помещений для выполнения сварки должны быть негорючие, обладать малой теплопроводностью, иметь ровную нескользкую поверхность, удобную для очистки, а также удовлетворять санитарно-гигиеническим требованиям в соответствии с действующими строительными нормами и правилами.

Заключение

В результате выполнения бакалаврской работы был проведен сварнительный анализ гибридных методов сварки плавлением и на его основе были назначены режимы сварки стыкового соединения из низколегированной конструкционной стали 15ХСНД, для гибридной лазерно-дуговой сварки. Для этого были подобраны соответствующие материалы, а также оборудование для сварки.

Однако до начала производства по данным режимам обязательна их проверка на практике и соответствующая корректировка, особенно вследствие того, что часть данных является приближёнными и взяты согласно рекомендациям литературы.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение на основе SWOT-анализа было проведено выявление сильных сторон и возможностей проекта, а также слабых сторон и угроз. Для извлечения дополнительных преимуществ необходимо дальнейшее развитие технологии; при планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения, сумма бюджета составляет 76432,4 рублей.

В разделе социальная ответственность было проанализировано, какие опасные и вредные факторы будут воздействовать на человека во время лазерно-дуговой сварки. А также в этом разделе были рассмотрены вопросы, связанные с техникой безопасности и охраной труда в лаборатории, правила эксплуатации помещения при возникновении опасной ситуации.

Список литературы

1. Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Под. Ред. Г. А. Николаев и др.-М.: Машиностроение,1978.
2. Марочник сталей и сплавов/ М.М.Колосков, У.Т Долбенко, Ю.В. Каширский и др.; Под общей редакцией А.С. Зубченко – М.: Машиностроение,2001.-672с.: илл.
3. Технология и оборудование сварки плавлением /Под. Ред. А.И. Акулов- М.: Машиностроение,1977.– 432с.
4. Методические указания к курсовому и дипломному проектированию для студентов направления 150400 «Технологические машины и оборудование» и специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства». Томск, изд. ТПУ, 2007– 41с.
5. Фарахутдинов Р. А., Мосюков Д. Б., Николаев С. О. Разработка инновационной технологии гибридной лазерно-дуговой сварки неповоротных стыков труб диаметром 1020 мм // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. – Т. 11. – С. 1941–1945. – URL: <http://e-koncept.ru/2016/86415.htm>.
6. РД 34.15.132 – 96 Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов
7. ГОСТ 14782 – 86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые
8. ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная
9. Лебедев Б.Д., Перемитько В.В. Расчетные методы в сваркеплавлением: Учебн. Пособие. – Днепропдзержинск: Изд-воДГТУ,1998. – 285 с.
10. Jan Frostevarg. Comparison of three different arc modes for laser-arc hybrid welding steel – Journal of laser applications 28, 022407,2016

11. Богданов А. В., Голубенко Ю.В. Волоконные технологические лазеры и их применение: Учебн. Пособие.–Изд-во «Лань», 2016 – 208 с.
12. Болотов С.И. , Лупачев В.А. Источники питания сварочной дуги : Учеб. Пособ. – Изд-во«Высшаяшкола» 2016 – 201с.
13. Lincoln welding. Welding and cutting equipment catalog –2017 – 193 с.
14. Varra Acherjee. Hybrid laser arc welding: State of art review – Department of Production Engineering, Birla Institute of Technology, India. 2017 11 с.
15. ГОСТ 12.3.003 – 86 Система стандартов безопасности труда. Требования к безопасности .
16. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны
18. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности
19. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95
20. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
21. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
22. ГОСТ 12.3.003-86 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Работы электросварочные. Требования безопасности.
23. Трудовой кодекс, № 197-ФЗ/ Ст. 184 ТК РФ. Гарантии и компенсации при несчастном случае на производстве и профессиональные заболевания.

Приложение А

Технологический процесс стыкового соединения из стали 15ХСНД толщиной 20 мм при помощи лазерно-дуговой гибридной сварки.