

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

05.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технология сварки топливных баков ракеты-носителя Союз»

Студент

А.А. Урядов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.И. Ковтунов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

В.Г. Виткалов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Н. Москалюк

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор, В.В. Ельцов

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

(личная подпись)

« » 20 г.

Тольятти 2018

АННОТАЦИЯ

Цель настоящей работы – повышение производительности и качества при изготовлении корпуса топливного бака из сплава АМгЗ.

Для достижения цели в работе решены следующие задачи: выбран способ сварки; разработан технологический процесс автоматической сварки подобрано оборудование для реализации разработанного технологического процесса; предусмотрены мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала, принимающего участие при изготовлении изделия; произведен расчет экономической эффективности предложенных технических мероприятий.

В составе пояснительной записки __51_ стр., __14__ рисунков, __6_ таблиц.

В данной работе проведен анализ технологии сварки топливных баков. По результатам анализа сделан вывод, о предпочтительности автоматизации процесса сварки. Для осуществления техпроцесса сварки подобрано оборудование ЕСАБ.

Также разработаны мероприятия по безопасному производству работ и определена экономическая эффективность бакалаврской работы.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Анализ исходных данных и известных решений.....	7
1.1 Описание топливных баков.....	7
1.2 Анализ свойств материала топливного бака	7
1.3 Базовый технологический процесс изготовления бака.....	9
1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления	12
1.5 Задачи бакалаврской работы.....	12
2 Разработка технологического процесса сварки	14
2.1 Выбор варианта сварки.....	14
2.2 Разработка технологии автоматической сварки	20
3 Выбор оборудования для автоматической сварки бака	24
4 Безопасность и экологичность проекта.	26
4.1 Характеристика участка сварки.....	26
4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной.....	27
технологии в производство	27
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных	28
рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии.....	28
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной	29
безопасности разрабатываемого технологического объекта.....	29
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого	31
технологического объекта.....	31
4.6 Заключение по разделу	32
5 Экономическая эффективность проекта.....	33
5.1. Исходные данные для экономического обоснования	33
сравниваемых вариантов	33
5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки	34
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	36
5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов	39

5.4 Определение показателей экономической эффективности разработанной технологии	45
Выводы по экономическому разделу	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	48
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	49

ВВЕДЕНИЕ

Осенью 1941 года Государственный авиационный завод № 1 был эвакуирован из Москвы в Куйбышев, где в невероятно трудных условиях наладили выпуск штурмовиков Ил-2.

В послевоенные годы Авиационный завод №1 освоил производство реактивных истребителей МиГ-9, МиГ-15, МиГ-17 и реактивных бомбардировщиков Ил-28 и Ту-16.

В январе 1958 года было принято Постановление Совета Министров СССР об организации серийного производства межконтинентальных баллистических ракет Р-7 на базе Государственного авиационного завода № 1 в г. Куйбышеве. С этой целью главный конструктор ОКБ-1 С.П. Королев направил в Куйбышев своего заместителя Д.И. Козлова, который организовал сначала конструкторский отдел, а позднее филиал №3 ОКБ-1 и стал его руководителем. Авиационный завод №1 под руководством В.Я. Литвинова, не прекращая выпуска самолетов Ту-16, реконструировал производство и освоил выпуск МБР Р-7 в четвертом квартале 1958 года.

Триумфом ракетно-космической промышленности страны явился первый в мире пилотируемый космический полет Ю.А. Гагарина. Первая и вторая ступени «гагаринской» ракеты были изготовлены на куйбышевском заводе «Прогресс». С 1961 года по настоящее время все запуски отечественных пилотируемых космических кораблей осуществляются ракетами-носителями самарского производства.

На начало 2018 года АО «РКЦ «Прогресс» осуществлено более 1880 пусков ракет-носителей, выведено на орбиту около 1000 космических аппаратов собственного производства.

Важным качеством материала для топливного бака является способность обрабатываться давлением и свариваться. Кроме того, важной характеристикой применяемого для топливного бака ракеты является стойкость к взаимодействию с компонентами, входящими в состав ракетного топлива. С учетом перечисленного, широкое распространение получили

алюминиево-магниевые сплавы, коррозионно-стойкие стали и сплавы титана.

Изготавливают топливные баки космических ракет соединяя сваркой вальцованный листовой материал – алюминий. Толщина свариваемого металла 4 мм. Применяемые технологии сварки не позволяют избежать усиления сварного шва. Производительность труда при сварке бака низкая.

Цель настоящей работы – повышение производительности и качества при изготовлении корпуса топливного бака из сплава АМгЗ.

1 Анализ исходных данных и известных решений

1.1 Описание топливных баков

Собственно, большая часть веса ракеты – это вес топлива. Так полная масса ракеты-носителя "Союз" в снаряженном состоянии (стартовая) – 308 т, а максимальная масса топлива – 274 т. Поэтому основу ракеты составляют топливные баки. Топливные баки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- 1) прочность и жесткость;
- 2) обладать устойчивостью против коррозии при работе ЖРД на агрессивных (вызывающих коррозию) компонентах и при длительном хранении компонентов баков;
- 3) малый вес;
- 4) технологичность при изготовлении;
- 5) недефицитность применяемых материалов.

Баки классифицируются на несущие и подвесные. Применяют и промежуточный вариант топливных баков. У них только часть конструкции включена в силовую схему корпуса ракеты носителя.

Обечайка несущего бака имеет цилиндрическую или коническую форму. В подвесных баках может использоваться сферическая форма. ,.

1.2 Анализ свойств материала топливного бака

Наибольшее распространение в аэрокосмической промышленности получили сплавы алюминия. Сплав АМгЗ, из которого выполнено изделие, относится к деформируемым сплавам и термообработкой не упрочняется.

Химический состав сплава АМгЗ приведен в таблице 1.1.

Механические свойства приведены в таблице 1.2.

Физические свойства сплава приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.1 - Химический состав в % материала АМгЗ, Al основа

Fe	Si	Mn	Ti	Cu	Mg	Zn	Примесей
до 0,5	0,5-0,8	0,3-0,6	до 0,1	до 0,1	3,2-3,8	до 0,2	Каждая 0,05, всего 0,1

Таблица 1.2 - Механические свойства при T=20°C материала АМГЗ

Сортамент	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	КСУ	НВ 10^{-1}
-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	МПа
Лист отожжен.	230	120	25		400	45

Таблица 1.3 - Физические свойства материала АМГЗ

T	E 10^{-5}	α 10^6	λ	ρ	C	R 10^9
Град.	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	0,71			2670		49,6
100		23,5	151		880	

Примечания:

T – Температура испытаний, [Град];

E - Модуль упругости первого рода, [МПа];

α - Коэффициент температурного (линейного) расширения
(диапазон 20° - T), [1/Град];

ρ - Плотность материала, [кг/м³];

C - Удельная теплоемкость материала (диапазон 20° - T), [Дж/(кг·град)];

R - Удельное электросопротивление, [Ом·м/мм²].

1.3 Базовый технологический процесс изготовления бака

Первая операция базового технологического процесса входной контроль:

- 1) проверка сопроводительной документации (сертификаты, паспорта) на листовую алюминий;
- 2) проверка качества сварочных материалов, правильности хранения сварочных материалов; проверка правильности сварочных материалов по их маркировке;
- 3) проверка состояния сварочного оборудования, сварочного инструмента, контрольно-измерительных приборов, измерительного инструмента, сборочной оснастки; проверка возможности сборки стыка с необходимыми геометрическими параметрами; проверка возможности обеспечения режимов сварки и остывания стыков; проверка наличия средств индивидуальной защиты, необходимых для выполнения операций технологического процесса;
- 4) проверка квалификации работников и ей соответствия выполняемым работам, проверка проведения необходимых инструктажей, наличие у работников соответствующих удостоверений и других разрешающих документов;

Следующая операция – заготовительная. Производится наметка листов алюминия согласно чертежам. После чего производится вырезка отверстий под патрубки, вырезка листов в требуемый размер. Вырезка отверстий производится с использованием установки ПУРМ-140 струей воздушной плазмы. Сила тока 120 А, расход воздуха 300 л/мин.

Для подготовки сопрягаемых под сварку поверхностей используется механическая обработка на кромкострогальном станке.

В качестве следующей операции базовой технологии выступает гибка заготовок на четырехвалковом стане, данный технологический прием обеспечивает уменьшение прямого участка кромок листа в месте соединения кромок обечайки. На четырехвалковом стане гнут как кольцевые обечайки

так и конус.

Затем места сварки необходимо очистить от загрязнений и от окисной пленки алюминия. Пленку окислов алюминия до сварки полностью удалить невозможно, так как алюминий на воздухе снова мгновенно окисляется, но толщина образующейся при этом пленки меньше.

Четвертая операция базовой технологии – обезжиривание. Рекомендуется проводить используя технический ацетон и ветошь. После обезжиривания производим травление шва и околошовной зоны на расстоянии 20 мм. Травление проводить в следующей последовательности. Нанести 7-10% раствор едкого натра, выдержать 5-10 минут, промыть холодной водой, обработать 20% раствором азотной кислоты, тщательно промыть в проточной горячей, затем холодной воде, сушить горячим воздухом.

Следующая операция – прихватка. Обечайку или конус устанавливают на плиту. Проводят контроль величины зазора. Проверяют несоответствие стыковки кромок, оно должно быть не более 1 мм на сторону. Затем производят прихватку ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом в аргоне.

В качестве технологического оборудования на операции прихватки применяют выпрямитель ВД-306 М. При сборке стыка нельзя выполнять сборку с «натягом».

При выполнении прихваток их следует равномерно распределять по всему периметру стыка, обеспечивая при этом расстояние от продольных швов топливных баков до края прихватки не менее 0,1 метра.

При сварке прихваток необходимо использовать те же режимы сварки, что и при сварки корневого слоя. Применяют проволоку АМг-3 диаметром 3 мм. Ток постоянный, полярность обратная, сила тока $I_{св}=90-150$ А. $U_d=30-37$ В.

После операционного контроля качества прихваток выполняют приварку технологических планок для начала и окончания сварного шва. .

Используется выпрямитель ВД-306 М. Ток постоянный, полярность обратная, $I_{св}=90-150$ А. $U_{д}=30-37$ В.

Перемещение кольцевой обечайки на участок сварки осуществляют с применением грузоподъемных средств, крана-балки. На участке сварки изделие закрепляют в оснастке порталной установки, свариваемые кромки устанавливают в положение «зенит». Проверяют наличие аргона, количество присадочной проволоки в бухте. Следует предусмотреть такое количество вспомогательных материалов, чтобы исключить перерывы в сварке шва из-за того, что то закончилось. Зажигание сварочной дуги выполняется на технологической планке, после чего производят сварку. Сварку выполняют с применением установки порталной и эстакады, на которую взбирается сварщик для удобства выполнения шва при сварке в верхнем положении. Используется выпрямитель ВД-306 М. Ток постоянный, полярность обратная, $I_{св}=90-150$ А. $U_{д}=30-37$ В.

Обрыв дуги производят на технологической планке. Кантуют обечайку на 180° , проверяют наличие аргона, количество присадочной проволоки в бухте. Зажигание сварочной дуги выполняется на технологической планке, после чего производят сварку. По окончании сварки дугу выводят на технологические планки и там обрывают. После зачистки сварного шва и удаления механическим способом технологических планок, осуществляется визуальный контроль.

Следующий этап – объединение нескольких обечаек. Для перемещения обечаек на роликовый вращатель, используется кран-балка. На роликовом вращателе осуществляется стыковка, стяжка обечаек и их прихватка ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом в аргоне в 3-х...4-х местах. Используется выпрямитель ВД-306 М, применяют проволоку АМг-3 диаметром 3 мм. Ток постоянный, полярность обратная, сила тока $I_{св}=90-150$ А. $U_{д}=30-37$. При сборке обечаек необходимо обеспечить расстояние между продольными швами свыше 0,4 метра. Дальнейшие действия – как и при сварке продольного шва.

Собранный и сваренный корпус после удачных результатов контроля отправляют на следующие операции технологической цепочки.

1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления

К недостаткам базового технологического процесса можно отнести следующие. Сварщик вручную производит манипуляции горелкой, следовательно, положение сварочной горелки относительно кромок свариваемого изделия, скорость сварки целиком определяются сварщиком. Получается что качество соединения зависит от субъективных характеристик сварщика. Манипуляции сварочной горелкой в течение смены – 8 часов – утомляют сварщика. Производительность труда снижается. Кроме того, аргоно-дуговая сварка данного соединения и данных толщин, как показывает практика, сопровождается большим количеством дефектов.

Традиционные способы сварки дают более низкие значения механических свойств металла, чем у основного материала в пределах 20...35 %.

Следовательно, технологический процесс аргонодуговой сварки в ручную нуждается в замене.

1.5 Задачи бакалаврской работы

Цель настоящей работы – повышение производительности и качества при изготовлении корпуса топливного бака из сплава АМгЗ.

Металлургические проблемы, вызванные влиянием тепловложения при сварке, характерны для всех способов сварки плавлением и уменьшаются при использовании процессов с концентрированной энергией, где тепловложение носит локальный характер, и ЗТВ намного меньше.

Выполненный в первом разделе анализ базовой технологии, и анализ возможных путей устранения ее недостатков позволяет рекомендовать автоматизацию процесса сварки.

Таким образом, можно следующим образом сформулировать следующие задачи, после последовательного выполнения которых цель бакалаврской работы будет достигнута:

1. разработать техпроцесс автоматической сварки;
2. подобрать необходимое оборудование;
3. обеспечить безопасность производственных рабочих на операции сварки;
4. выполнить экономическую оценку разработок..

2 Разработка технологического процесса сварки

2.1 Выбор варианта сварки

С учетом того, что механические, и что особенно важно, физические характеристики алюминия и его сплавов существенно отличаются от характеристик железоуглеродистых сплавов, поэтому сварка алюминия имеет множество нюансов. Отличие ручной дуговой сварки алюминия и его сплавов от ручной дуговой сварки стальных изделий заключается в том, что алюминий имеет значительно более высокую теплопроводность, чем сталь. Следствием этого является быстрая кристаллизация сварочной ванны. В некоторых случаях из-за этого шлак при ручной дуговой сварке не успевает удаляться из расплавленного металла сварного и приводит к появлению дефектов.

Сварка алюминия с применением покрытых электродов выполняется с применением постоянного тока обратной полярности. Источник питания включает выпрямитель с падающей характеристикой. Сварку выполняют на короткой дуге, при наклоне электрода $60...90^\circ$, это улучшает визуальный контроль за ванной расплава. Перед операцией сварки восстанавливаемые детали подогревают газовым пламенем до температур примерно $150...200^\circ\text{C}$.

Сварку алюминия рекомендуется выполнять в пределах одного электрода без перерывов, так как при перерывах (дуга погасла) кратер покрывается пленкой шлака, препятствующей повторному зажиганию дуги. Такой же коркой покрывается конец электрода.

Ручную дуговую сварку алюминия с применением покрытых электродов рекомендуют исключительно в нижнем положении и, обычно, без колебаний конца электрода. Сварку угловых швов для таврового соединения выполняют на тех же сварочных режимах, что и для стыковых соединений. При многослойной сварке корневые швы выполняются электродами меньшего диаметра. После операции сварки с поверхности шва необходимо

удалить шлак. Лишнее усиление шва и брызги металла электрода удаляются с применением скребков, пневматических фрез или зубил.

К преимуществам способа можно отнести высокую мобильность способа, дешевизну и простоту используемого оборудования. В настоящее время предлагаются различные покрытые электроды, которые позволяют получить хорошее качество сварки для алюминиевых сплавов.

Для ручной дуговой сварки алюминия необходим подогрев (для металла средних толщин - до 250-300°C, для больших толщин - до 400°C), который позволяет получать требуемое проплавление при умеренных сварочных токах.

Обязательно прокаливание электродов перед сваркой. Например, для наиболее распространенных электродов, выпускаемых ОАО «Спецэлектрод» типов ОЗА-1, ОЗА-2 рекомендуется проковка при температуре 150-200°C в течение не менее 0,5 часа.

Сварку алюминия покрытыми электродами выполняют постоянным током обратной полярности. В качестве источников питания применяют достаточно специальные сварочные выпрямители с полого падающей внешней характеристикой и повышенным (более 80В) напряжением холостого хода. Указанные особенности выпрямителей, как следует из вышесказанного, соответствуют режимам сварки электродами с целлюлозным покрытием. Хорошо себя зарекомендовали выпрямители типа ВД-306ДК, ВД-506ДК и другие, имеющие режимы «ЦЕЛЛЮЛОЗА» и регулировку «ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ».

Сварка алюминия на постоянном токе вызывает значительный интерес, однако в настоящее время находится в стадии исследований и лабораторных образцов.

В качестве аргонодуговых горелок используют широкий спектр оборудования. Среди российских горелок наиболее распространены горелки северодвинской фирмы «Агни», горелки завода «Электрик». Среди западных горелок наиболее распространены горелки фирмы «Abicor Binzel»

(Германия). Как правило, до токов 250А выпускаются горелки с газовым охлаждением, а свыше 250 А — с водяным.

Выше отмечалось, что возможна сварка на постоянном токе на прямой полярности, но в этом случае требуется использование дорогостоящего высокоэнтальпийного защитного газа - гелия. Это резко удорожает стоимость сварного соединения, но обеспечивает высокое качество. По этому пути пошла немецкая фирма «POLYSOIDE», которая именно при использовании гелия в качестве плазмообразующего газа и прямой полярности производит автоматическую сварку алюминиевых трубных досок. Присадочная проволока по технологии «POLYSOIDE» подается специальным подающим механизмом в зону анодного пятна дуги на поверхности свариваемого изделия. Используется проволока диаметром 1 мм, проволока в процессе сварки является электрически нейтральной. Последний метод в настоящем разделе подробно не рассматривается ввиду отсутствия большого опыта промышленного применения. Разработка «POLYSOIDE» является перспективной, и была представлена на выставке в Эссене в 2001г.

При сварке на обратной полярности требуется замена электрода на медный и использование аргона в качестве защитного газа, т.к. использование вольфрамового анода резко снижает срок его службы. Из зарубежных фирм наиболее активно ведет работы в этом направлении немецкая фирма «Abicor Binzel». Данной фирмой разработан вариант горелки для механизированной сварки алюминия и его сплавов на постоянном токе обратной полярности. Горелка представляет собой псевдоплазменную горелку, с заглубленным в медное водоохлаждаемое сопло медным водоохлаждаемым анодом конической формы. Стабилизация анодного пятна дуги на меньшей торцевой поверхности, выполненной в виде сферы, конического анода, обеспечивается за счет напыления газотермического покрытия оксида алюминия на боковую поверхность анода. Максимальный ток этой горелки составляет 150А. Зажигание электрической дуги осуществляется бесконтактным методом. В качестве источника питания

используется любая аргодуговая установка с напряжением холостого хода не менее 90В, крутопадающей ВАХ и имеющая осциллятор.

Среди Российских фирм наиболее активно работы по сварке алюминия и его сплавов на постоянном токе обратной полярности совместно ведутся в ЗАО НПФ «ИТС» и ВАТТ МО РФ, г. Санкт-Петербург. Проводится технологическая проработка вопроса свариваемости алюминия и его сплавов на постоянном токе обратной полярности при использовании аргона в качестве плазмообразующего газа. В качестве горелки разработана ручная псевдоплазменная горелка с алюминиевым соплом контактного охлаждения и коническим водоохлаждаемым анодом. Габариты и вес горелки соответствуют средним размерам аргодуговых водоохлаждаемых горелок. Зажигание дуги может осуществляться контактным (с помощью специального приспособления) или бесконтактным методом. В качестве анода используется медный конический водоохлаждаемый анод. Стабилизация анодного пятна дуги достигается за счет запрессовки в меньшую торцевую поверхность анода вольфрамовой вставки (термическая стабилизация) или выполнения в этой области анода сферического заглабления (газодинамическая стабилизация). Максимальный ток горелки 300А. В качестве источника питания используется ВД-306ДК и блок БУСП-ТИГ.

Процесс механизированной сварки плавящимся электродом во времени ориентировочно в три раза быстрее, чем процесс сварки неплавящимся электродом, но качество для последнего процесса выше. Технология сварки деталей из алюминия на полуавтомате в сравнении со сваркой стальных деталей имеет технические особенности:

- алюминий и его сплавы не свариваются с использованием постоянного тока прямой полярности, для этого применяют ток обратной полярности;
- жесткость алюминиевой проволоки значительно ниже, чем стальной, поэтому увеличивается вероятность образования петель (рис. 1.9) даже при малых сопротивлениях в рукаве подачи. Для борьбы с этим применяется

механизм подачи с использованием 4-мя роликов, уменьшается длина рукава подачи и устанавливается тефлоновый вкладыш в него для снижения сопротивления трению.

Необходимость устранения недостатков сварки неплавящимся электродом в инертных газах делает необходимым постоянные усовершенствования этого способа. К концу 1960-х годов было разработано оборудование для сварки на переменном токе с наложением импульсов для соединения алюминия, которое базировалось на механических контакторах и осуществляло импульсно-дуговую сварку неплавящимся электродом. При этом между импульсами поддерживалась постоянная малоамперная дуга, что позволило существенно стабилизировать процесс и повысить качество сварных соединений. Развитие TIG-сварки наряду с использованием различных сварочных и вспомогательных материалов (флюсов и паст, присадочных проволок, смесей газов) опирается на способы и методы изменения энергетических характеристик процесса, что позволяет эффективно влиять на тепловложение при сварке.

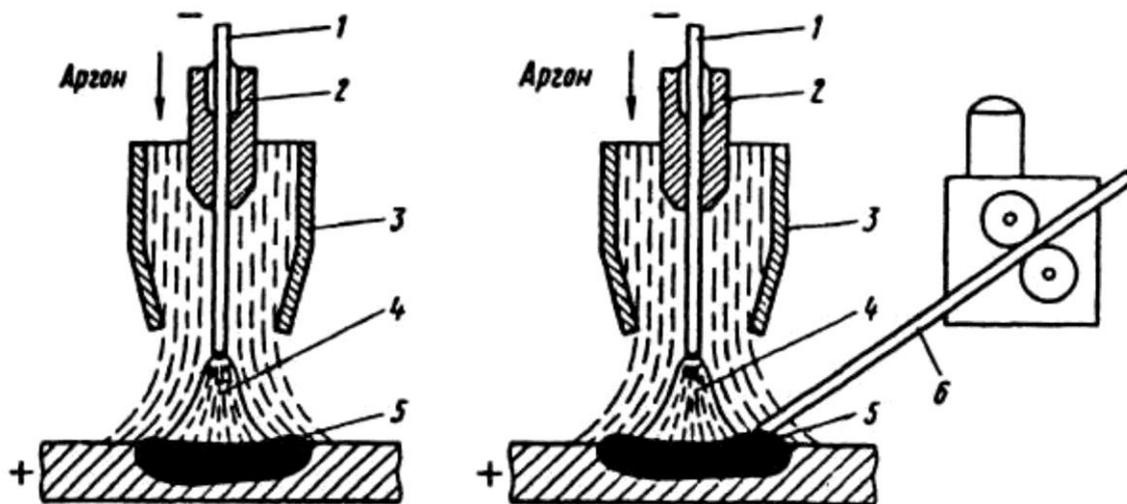
Одним из направлений совершенствования сварки неплавящимся электродом является использование в качестве источника нагрева энергии горения трёхфазной дуги. При такой сварке используется два вольфрамовых электрода, каждому из этих электродов и свариваемой детали подводится переменный ток от трехфазного источника питания. Наблюдается единовременное горение трёх дуг, в том числе независимой дуги между электродами, и двух дуг между каждым электродом и непосредственно свариваемой деталью. Трёхфазная дуга обладает высокой устойчивостью и производительностью процесса.

При сварке трёхфазной дугой есть возможность регулировки в тепловложения в основной металл. При последовательном расположении электродов возможно получение увеличенной глубины проплавления, при параллельном расположении электродов происходит увеличение ширины шва и снижение глубины проплавления.

К преимуществам трёхфазной сварки легких сплавов относят: высокие проплавливающие возможности дуги; большую производительность операции; интенсивные показатели катодного распыления оксидных плёнок.

Недостатками процесса являются: сложности регулировки тепловых режимов сварки; необходимость высокого качества подготовки присадочной проволоки.

При сварке с применением неплавящихся электродов в средах инертных газов дуга нагревается и расплавляет металл в зоне обработки. Инертный газ подается из газового сопла, он выполняет функцию зачистки сварочной ванны и электрода от атмосферы. В качестве газа применяются аргон, гелий или их различные смеси. При этом электрод выполняется из тугоплавкого материала, и располагается в центре газового сопла. Материал присадки подается в зону обработки непосредственно вручную. Питание дуги происходит за счет источника переменного тока, он же обеспечивает разрушение оксидных пленок.



1 – электрод; 2 – зажим электрода; 3 – сопло; 4 – дуга;
5 – сварочная ванна; 6 – присадочный стержень

Рисунок 2.1 – Схема сварки неплавящимся электродом

TIG-сварка (Tungsten Inert Gas) начала свое активное развитие в эру авиационной и космической техники, а именно в 60-х годах прошлого века.

В настоящий момент дуговая сварка в инертных газах позволяет удовлетворять высоким требованиям к сварным швам, благодаря чему получила широкое распространение при изготовлении и ремонте ответственных деталей из алюминиевых сплавов.

К преимуществам сварки неплавящимся электродом можно отнести: улучшение внешнего вида и качества сварного соединения в сравнении с другими способами сварки; возможность регулировки процента металла присадки; малую зону термического воздействия.

К недостаткам можно отнести: уменьшение производительности сварки в сравнении с другими способами; необходимость высокой квалификации сварщика; высокие требования к дополнительной подготовке деталей и сварочной проволоки.

Таким образом, по результатам анализа предлагается вариант сварки неплавящимся электродом, рисунок 2.1, по схеме с подачей присадочного стержня.

2.2 Разработка технологии автоматической сварки

Первая операция технологического процесса входной контроль:

- 1) проверка сопроводительной документации (сертификаты, паспорта) на листовую алюминий;
- 2) проверка качества сварочных материалов, правильности хранения сварочных материалов; проверка правильности сварочных материалов по их маркировке;
- 3) проверка состояния сварочного оборудования, сварочного инструмента, контрольно-измерительных приборов, измерительного инструмента, сборочной оснастки; проверка возможности сборки стыка с необходимыми геометрическими параметрами; проверка возможности обеспечения режимов сварки и остывания стыков; проверка наличия средств индивидуальной защиты, необходимых для выполнения операций технологического процесса;

4) проверка квалификации работников и ей соответствия выполняемым работам, проверка проведения необходимых инструктажей, наличие у работников соответствующих удостоверений и других разрешающих документов;

Следующая операция – заготовительная. Производится наметка листов алюминия согласно чертежам. После чего производится вырезка отверстий под патрубки, вырезка листов в требуемый размер. Вырезка отверстий производится с использованием установки ПУРМ-140 струей воздушной плазмы. Сила тока 120 А, расход воздуха 300 л/мин.

Подготовка кромок под сварку выполняется на кромкострогальном станке.

Следующая операция – гибка заготовок на четырехвалковом стане, так как это позволяет уменьшить прямой участок кромок листа в месте стыка. На четырехвалковом стане гнут как кольцевые обечайки так и конус.

Затем места сварки необходимо очистить от загрязнений и от окисной пленки алюминия. Пленку окислов алюминия до сварки полностью удалить невозможно, так как алюминий на воздухе снова мгновенно окисляется, но толщина образующейся при этом пленки меньше.

Следующая операция – обезжиривание. Рекомендуется проводить используя технический ацетон и ветошь. После обезжиривания производим травление шва и околошовной зоны на расстоянии 20 мм. Травление проводить в следующей последовательности. Нанести 7-10% раствор едкого натра, выдержать 5-10 минут, промыть холодной водой, обработать 20% раствором азотной кислоты, тщательно промыть в проточной горячей, затем холодной воде, сушить горячим воздухом.

Следующая операция – прихватка. Обечайку или конус устанавливают на плиту. Проводят контроль величины зазора. Проверяют несоответствие стыковки кромок, оно должно быть не более 1 мм на сторону. Затем производят прихватку ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом в аргоне.

Прихваченную обечайку устанавливают на опоры роликовые. Затем производят сварку продольного шва с внешней стороны. $I_{св}=160-190$ А, $U_{д}=30-37$ В. $Q_{зг}=7-8$ л/мин. После чего изделие кантуют и выполняют сварку со стороны обратной.

К сваренной обечайке устанавливают следующую, сваривают ее продольный шов и затем стыкуют вместе, сваривают кольцевой шов.

Последовательно выполняют сварку всех обечаек.

Проверку качества сварных швов топливных баков проводят систематическим пооперационным контролем, визуальным осмотром, контролем геометрических характеристик, неразрушающими методами контроля; разрушающими испытаниями образцов соединения, выпиленных при опытной сварке и металлографическими исследованиями.

Проведение пооперационного контроля предусматривает выполнение следующих операций:

- а) проверка сварочных материалов и листового алюминия, свальцованных обечаек на соответствие требованиям нормативной документации (стандарты и технические условия);
- б) проверка подготовки торцов обечаек под сварку, а также качество сборки стыков (угол скоса кромок, несовпадение кромок, величина зазоров в стыке, правильность расположения и количество выполненных прихваток, отсутствие трещин в прихватках);
- в) проверяют качество и технологию сварки (значения параметров режима сварки, соблюдение порядка наложения швов, качество послойной зачистки сварных швов от шлака).

Визуальному контролю подвергаются все сварные соединения.

Перед выполнением визуального осмотра требуется провести зачистку как самого шва, так и прилегающего металла (на ширине не менее двух сантиметров по обе стороны шва) от различных видов загрязнений, которые включают в себя брызги расплавленного металла, шлак, окалина.

К результатам внешнего осмотра сварных швов предъявляют следующие требования:

- а) стандартная форма и размеры сварного шва;
- б) мелкая чешуйчатость поверхности сварного шва, не допускается наличие ноздреватости, свищей, скоплений пор, прожогов, незаплавленных кратеров, наплывов.
- в) должен быть обеспечен плавный переход от наплавленного металла к основному металлу бака топливного.

3 Выбор оборудования для автоматической сварки бака

В пункте 2.1. бакалаврской работы показано, что при реализации технологического процесса слабая степень автоматизации и механизации процесса.

Для сварки емкостей, типа тела вращения, сварочную головку RT TIG, рисунок 3.1 установим на колонне.

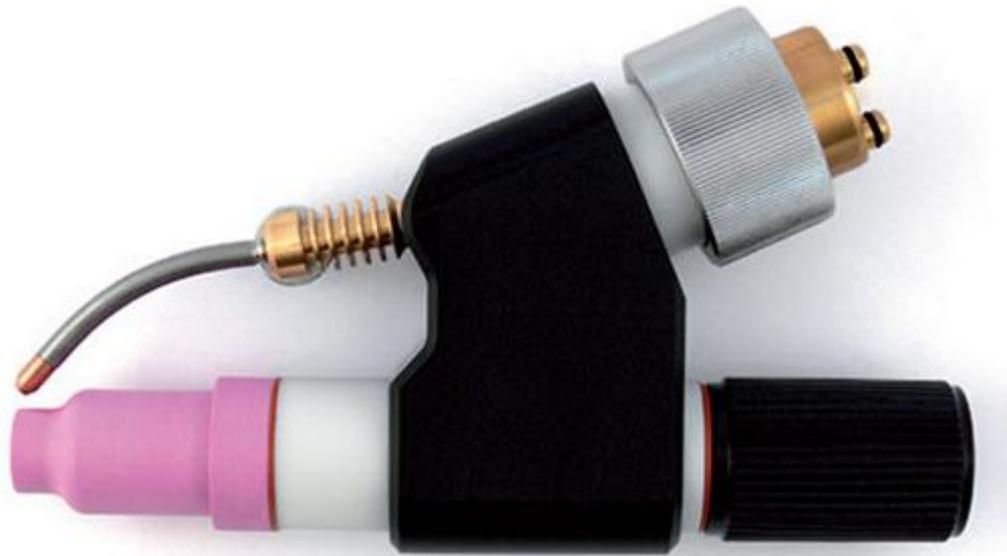


Рисунок 3.1 – Головка сварочная RT TIG

Выбираем опоры серии SD/SI. Их грузоподъемность находится в пределах от 5 до 100 тонн. Особо ценным, принимая во внимание что все ролики опоры ведущие, возможно применение роликоопор для тонкостенных и для тяжелых изделий. Модификация опор №3 позволяет выполнять поворот оси роликов на угол до 30° от исходного положения, что позволит на данном стенде выполнять сварку и конических топливных баков. Диаметр вращаемого изделия от 789 до 6600 мм.

К преимуществам данных опор относится возможность изменения угла наклона оси к горизонту роликов. За счет этого появляется возможность вести сварку в автоматическом режиме и конических баков ракеты носителя Союз.



Рисунок 3.5 – Опора роликовая SD/SI.

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Характеристика участка сварки.

Тема выпускной работы бакалавра: «Технология сварки топливных баков ракеты-носителя Союз».

Таблица 3.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего данную технологическую операцию	Оборудование, устройства и приспособления, применяемые при выполнении технологической операции	Вещества и материалы, применяемые при выполнении технологической операции
1	2	3	4
1. Подготовка кромок труб	Слесарь-сборщик, электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная	1) рукавицы 2) круг абразивный 3) ацетилен 4) кислород
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) центратор наружный 2) сварочный полуавтомат Phoenix-351 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная	7) проволока Св-08Г2С Ø 1,2 мм 8) газ углекислый
3. Сварка	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) сварочный полуавтомат Phoenix-351 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-08Г2С Ø1,2 мм 2) газ углекислый
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный	-

4.2 Персональные риски, сопровождающие внедрение проектной технологии в производство

Таблица 4.2 –Профессиональные риски, сопровождающие осуществление проектной технологии

Наименование технологической операции, выполняемые работы	Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Источник появления опасного или вредного производственного фактора
1	2	3
1. Подготовка кромок труб	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная
2. Сборка, прихватка, контроль	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) центратор наружный 2) сварочный полуавтомат Phoenix-351 3) стропы 4) шаблон УШС-3 5) линейка металлическая 6) машинка угловая шлифовальная

Продолжение таблицы 4.2

1	2	3
3. Сварка	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека; - высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов; - повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне 	<ul style="list-style-type: none"> 1) сварочный полуавтомат Phoenix-351 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная
4. Контроль качества сварки	<ul style="list-style-type: none"> - острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования; - подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин - повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека 	<ul style="list-style-type: none"> 1) лупа х4 2) шаблон сварщика УШС-3 3) стенд гидроиспытательный

4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии

Таблица 4.3 - Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие осуществление проектной технологии	Наименование предлагаемого организационного мероприятия и технического средства, осуществляющего защиту, снижение и устранение данного опасного и вредного производственного фактора	Наименование средства для осуществления индивидуальной защиты работника
1	2	3
- Острые кромки, заусенцы и шероховатости, присутствующие на поверхностях заготовок, инструмента и оборудования	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Перчатки, спецодежда.

Продолжение таблицы 4.3

- Подвижные части механизмов, производственного оборудования и машин	Нанесение предостерегающих надписей, соответствующая окраска, применение ограждения	-
- Высокая температура нагрева поверхности оборудования, заготовок и сварочных материалов	Проведение периодического инструктажа по вопросам техники безопасности	Спецодежда, перчатки
- Повышенное значение напряжения в электрической цепи, для которой присутствует риск замыкания через тело человека	Устройство и периодический контроль заземления электрических машин и изоляции	-
- Повышенное значение уровня инфракрасной радиации в рабочей зоне	Осуществление экранирования зоны сварки с использованием щитов	Спецодежда, маска сварщика

4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной безопасности разрабатываемого технологического объекта

Таблица 4.4 - Технические средства, обеспечивающие пожарную безопасность технологического объекта

Наименование первичного средства для осуществления тушения	Наименование мобильного средства для осуществления тушения	Наименование стационарных систем и установок для осуществления тушения	Наименование пожарной автоматики	Наименование пожарного оборудования, применяющегося для тушения	Наименование средств индивидуальной защиты и спасения людей, применяющихся при тушении	Наименование пожарного инструмента	Наименование пожарной сигнализации, связи и систем оповещения
Ящики с песком, кошма, огнетушитель	-	-	-	-	План эвакуации,	Лопата, багор, топор	кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.5 - Идентификация классов и опасных факторов пожара

Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Участок, на котором осуществляется сварка бака	Установка для вращения обечаек, источник питания сварочной дуги	пожары, которые происходят за счет воспламенения и горения веществ и материалов на электроустановках, запитанных электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; уменьшение концентрации кислорода; снижение видимости в дыму	замыкания на проводящих токе частях технологических установок, агрегатов изделий высокого напряжения; термохимическое действие используемых при пожаре огнетушащих веществ, на предметы и людей

Таблица 4.6 – Проведение организационных и технических мероприятий по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса	Реализуемое организационное или техническое мероприятие	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Подготовка кромок, сборка бака, сварка бака и контроль качества сварных соединений	Проведение ознакомительных мероприятий с рабочим персоналом и служащими, целью которых является доведение до них правил пожарной безопасности, использования средств наглядной агитации по пожарной безопасности. Учения по обеспечению пожарной безопасности с производственным персоналом и служащими	Необходимо обеспечить достаточное количество первичных средств пожаротушения, применение защитных экранов с целью ограничения разлёта искр.

4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого
технологического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта
(технология сварки бака топливного)

Реализуемый технологический процесс	Операции, входящие в состав технологического процесса	Негативное воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное воздействие технического объекта на литосферу
Подготовка кромок, сборка бака, сварка бака и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка бака под сварку, выполнение сварки, контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Выделяемые при сварке газообразные частицы и сажа	Проявитель и закрепитель рентгеновских снимков	Бумажная и полиэтиленовая упаковка от вспомогательных материалов; бытовой мусор, преимущественно стальной металлолом .

Таблица 4.8 – Организационно-технические мероприятия обеспечивающие снижение негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Сварка бака топливного
Мероприятия, позволяющие снизить негативное антропогенное воздействие на литосферу	Следует предусмотреть установку контейнеров, позволяющих проводить селективный сбор производственных отходов и бытового мусора. Необходима установка отдельного контейнера для сбора металлолома. На контейнеры следует нанести соответствующие надписи. Необходимо проведение инструктажа среди рабочих сварочного участка по вопросу правильного складывания мусора и отходов в контейнеры.

4.6 Заключение по разделу

В ходе выполнения экологического раздела было произведено выявление опасных и вредных производственных факторов, появление которых возможно при внедрении проектной технологии в производство. Проведён анализ возможности и мер по устранению и уменьшению опасных и вредных производственных факторов. В результате проведения этого анализа установлено, опасные и вредные производственные факторы могут быть устранены или уменьшены до необходимого уровня с применением стандартных средств безопасности и санитарии производства. Отсутствует необходимость в разработке дополнительных средств защиты. При внедрении проектной технологии возможны угрозы экологической безопасности. Для устранения этих угроз необходимо соблюдение технологического регламента и производственной санитарии..

5 Экономическая эффективность проекта

В выпускной квалификационной работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварных стыков топливных баков ракеты носителя. При выполнении базовой технологии сварки для строительства трубопровода предусматривается ручная дуговая сварка неплавящимся электродом, что характеризуется низкими показателями производительности процесса. В проектном варианте технологии предложено произвести замену ручной дуговой сварки на механизированная сварка в аргоне с применением присадочной проволоки горелкой RT TIG. Применение предложенных технологических решений позволит получить некоторое снижение трудоемкости сварки и повышение стабильности качества выполняемых сварных соединений.

5.1. Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов

Необходимые для проведения расчетов данные занесены в таблицу

5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчета

№ п/п	Показатель	Условные обозначения	Единицы измерения	Варианты	
				Базовый	Проектный
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала:	Цэл	Руб/кг	470	470
2	Цена аргона	Цзг	Руб/М ³	100	100
3	Программа годовая	Нпр	Шт	100	100
4	Значение коэффициента, устанавливающего размер доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Значение коэффициента, устанавливающего размер отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Ксн	%	30	30
7	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	30000	100000
8	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
9	Кэф. полезного действия установки	КПД	-	0,7	0,7
10	Рыночная цена требуемой для реализации технологии сварки баков электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
11	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
12	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	8	11
13	Значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж и демонтаж технологического оборудования	Кмонт Кдем	%	- 2	2 -
14	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
15	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
16	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех	%	2,15	2,15
17	Значение коэффициента, который учитывает заводские (производственные) расходы	Кпроизв	%	1,9	1,9
18	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2
19	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	57,55	57,55
20	Значение коэффициента, который учитывает наличие транспортно-заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05

5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки

Для определения временных затрат на выполнение операций технологического процесса используем расчётную зависимость:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{п-з}} + t_{\text{о}} + t_{\text{в}} + t_{\text{отл}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{н.п}} \quad (5.1)$$

где $t_{\text{шт}}$ – общее время, которое затрачивает персонал на выполнение операций технологического процесса;

$t_{\text{маш}}$ – время, которое затрачивает персонал непосредственно на выполнение сварочных операций;

$t_{\text{всп}}$ – время, которое затрачивает персонал на подготовку к работе сварочного оборудования и составляет 10% от $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{обсл}}$ – время, которое затрачивает персонал на обслуживание, текущий и мелкий ремонт сварочного оборудования и составляет 5% $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{отл}}$ – время, которое затрачивает персонал на личный отдых, составляет 5% $t_{\text{маш}}$;

$t_{\text{п-з}}$ – время на подготовительно – заключительные операции, 1% $t_{\text{маш}}$.

Для расчетного определения машинного времени на выполнение сварных швов ручной сваркой в одном баке воспользуемся зависимостью:

$$t_{\text{о}} = \frac{60 * M_{\text{напл.мет}} * L_{\text{ш}}}{I_{\text{св.}} * \alpha_{\text{напл}}}, \quad (5.2)$$

где: $M_{\text{напл.мет}}$ – масса наплавленного металла в изделии, кг (из данных чертежа составляет 14 кг);

$L_{\text{ш}}$ – длина швов в изделии, м;

$I_{\text{св}}$ – сила сварочного тока, А;

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

Выполнив подстановки в (5.2) необходимых значений, получим:

$$t_{\text{об}} = \frac{60 * 14 * 200}{120 * 9} = 180 \text{ мин.}$$

$$t_{\text{опр}} = \frac{60 * 14 * 200}{160 * 0,9} = 120 \text{ мин.}$$

Выполнив подстановки в (5.1) необходимых значений, получим:

$$t_{\text{штГБ}} = 9 + 180 + 18 + 9 + 14,4 + 1,8 = 204 \text{ мин} = 3,4 \text{ час}$$

$$t_{\text{штГР}} = 6 + 120 + 12 + 6 + 9,6 + 1,2 = 138 \text{ мин} = 2,3 \text{ час.}$$

5.3 Капитальные вложения в оборудование

Для расчетного определения размера капитальных вложений используем зависимость:

$$K_{\text{общ}} = K_{\text{пр}} + K_{\text{соп}} \quad (5.3)$$

где: $K_{\text{пр}}$ – прямые капитальные вложения, руб.;

$K_{\text{соп}}$ – сопутствующие капитальные вложения, оборудование, руб.

Для расчетного определения размера прямых капитальных вложений используем зависимость:

$$K_{\text{пр}} = \Sigma C_{\text{об}} * k_3 \quad (5.4)$$

где $\Sigma C_{\text{об}}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Количество единиц оборудования, необходимого для выполнения принятой программы изготовления изделий рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{об.расчетн}} = \frac{N_{\text{пр}} * t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} * 60} \quad (5.5)$$

где: $N_{\text{пр}}$ – программа выпуска изделий, шт.;

$t_{\text{шт}}$ – штучное время на изготовление одного изделия, мин.;

$\Phi_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения принятой $N_{\text{пр}}$ принимаем целое число единиц оборудования ($n_{\text{об.прин}}$).

Для расчетного определения размера коэффициента загрузки используем зависимость:

:

$$k_3 = \frac{n_{\text{об.расчетн}}}{n_{\text{об.прин}}} \quad (5.6)$$

Величину годового фонда времени, в течение которого работает оборудование, рассчитываем с использованием формулы:

$$\Phi_{\text{эф}} = (D_k - D_{\text{вых}} - D_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{\text{р.п}}) \quad (5.7)$$

где: D_k – количество календарных дней в году;

$D_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$D_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году;

$T_{\text{см}}$ – продолжительность рабочей смены, час;

S – количество рабочих смен;

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

$$\Phi_{\text{эф.}} = (365 - 110 - 14) * 8 * 1 * (1 - 0,06) = 1812 \text{ час.}$$

Выполнив подстановки в (5.5) необходимых значений, получим:

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{100 * 204}{1812 * 60} = 0,18 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{100 * 138}{1812 * 60} = 0,12 \text{ шт}$$

Выполнив подстановки в (5.6) необходимых значений, получим:

$$k_{3б} = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

$$k_{3пр} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

Выполнив подстановки в (5.4) необходимых значений, получим:

$$K_{\text{прб}} = 30000 * 0,18 = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 100000 * 0,12 = 12000 \text{ руб.}$$

Для расчетного определения сопутствующих капитальных вложений воспользуемся зависимостью:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.8)$$

$K_{\text{монт}}$ – затраты на монтаж нового оборудования;

$K_{\text{дем}}$ – затраты на демонтаж старого оборудования;

$K_{\text{площ}}$ – затраты на производственные площади под новое оборудование.

$$K_{\text{монт}} = \sum \Pi_{\text{об}} * k_{\text{монт}} \quad (5.9)$$

где: $k_{\text{монт}}$ – коэффициент монтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{монт}} = 100000 * 0,2 = 20000 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{дем}} = \sum \Pi_{\text{об}} * k_{\text{дем}} \quad (5.10)$$

где: $k_{\text{дем}}$ – коэффициент демонтажа оборудования = 0,2.

$$K_{\text{дем}} = 30000 * 0,2 = 6000 \text{ руб.}$$

Расчетное определение величины расходов на площадь требуемую для установки нового оборудования, определим с использованием зависимости:

$$K_{\text{площ}} = S_{\text{площ}} * \Pi_{\text{площ}} * g * k_3 \quad (5.11)$$

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

$$K_{\text{площ}} = 3 * 3000 * 3 * 0,12 = 5400 \text{ руб}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{БАЗ}} = K_{\text{пр}} = 5400 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общ}}^{\text{ПР}} = 12000 + 20000 + 6000 + 5400 = 43400 \text{ руб.}$$

Расчетное определение величины удельные капитальные вложений выполним с использованием зависимости:

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (5.12)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 5400/100 = 54 \text{ руб}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 43400/100 = 434 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов

Для базового варианта сварки топливного бака ракеты расходы на сварочные материалы определим на основании зависимости:

$$ЗМ_{СВПР} = ЗМ_{СВПР} + Ззг \quad (5.13)$$

где $Ц_{ЭЛ}$ – цена присадочной проволоки, руб/кг;

$Н_{ЭЛ}$ = норма расхода, кг.

Для определения нормы расхода присадочного материала воспользуемся формулой:

$$Н_{ЭЛ} = У \cdot L \quad (5.14)$$

где – $У$ - удельная норма расхода сварочных материалов на длины шва, кг/м;

L – длина сварного шва, м.

Длину шва определим на основании зависимости:

$$У = k_p \cdot M_{напл.мет} \quad (5.15)$$

где k_p – коэффициент учитывающий расход присадочных материалов, 1,7;

$M_{напл.мет}$ – расчетная масса наплавленного металла.

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (5.16)$$

где ρ – плотность наплавленного металла, 2,7 г/см³;

F_n – площадь поперечного сечения шва, $F_n = 10d_{ЭЛ} = 20 \text{ мм}^2$.

$$M_{напл.мет} = 2,7 \cdot 20 / 1000 = 0,054$$

$$У = 1,7 \cdot 0,054 = 0,09$$

$$Н_{рЭЛ} = 0,09 \cdot 200 = 0,5 \text{ кг}$$

$$З_{ПРБ} = 470 \cdot 0,5 = 235 \text{ руб};$$

Для базового варианта сварки топливного бака ракеты расходы на аргон определим с помощью формулы:

$$З_{з.г.} = Ц_{з.г.} \cdot Н_{з.г.} \quad (5.17)$$

где $Ц_{з.г.}$ – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{p3.g}$ – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Подставив в (5.17) необходимые значения, получим:

$$Z_{3.g} = 0,1 * 2500 = 250 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в применяемом на предприятии варианте технологического процесса сварки топливных баков:

$$Z_{Mб} = Z_{прб} + Z_{3г} = 235 + 250 = 485 \text{ руб.}$$

Для разработанного варианта сварки топливного бака ракеты

$$Z_{M_{свпр}} = Z_{M_{свпр}} + Z_{3г} \quad (5.21)$$

Расчетное определение затрат на присадочную проволоку

$$Z_{M_{свпр}} = C_{пр} * N_{пр}; \quad (5.22)$$

где $C_{пр}$ – цена электродной проволоки, руб/кг;

$N_{пр}$ = норма расхода электродной проволоки, кг.

Подставив в (5.22) необходимые значения, получим:

$$Z_{пр} = 470 * 0,5 = 235 \text{ руб.}$$

Для разработанного варианта сварки топливного бака ракеты расходы на аргон определим с помощью формулы:

$$Z_{3.g} = C_{3.g} * N_{3.g} \quad (5.26)$$

где $C_{3.g}$ – цена защитного газа, руб/литр;

$N_{p3.g}$ – норма расхода защитного газа на 1 погонный метр шва, литр.

Подставив в (5.26) необходимые значения, получим:

$$Z_{3.g} = 0,1 * 1800 = 180 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы в разработанном варианте технологического процесса сварки топливных баков:

$$Z_{Mпр} = Z_{пр} + Z_{3г} = 235 + 180 = 315 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости:

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{о}}{КПД} C_{э-э} \quad (5.30)$$

где $P_{об}$ – полезная мощность оборудования, кВт;

Цэ-э – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Для расчетного определения мощности сварочного оборудования воспользуемся значениями параметрами режимов сварки: сила тока и напряжение,

$$P_{обб} = 120 \cdot 23 = 2760 \text{ Вт} = 2,76 \text{ кВт}$$

тогда, подставив в (5.30) необходимые значения, получим:

$$Z_{э-эб} = \frac{2,76 \cdot 3}{0,7} 2,2 = 26 \text{ руб.}$$

$$P_{обпр} = 160 \cdot 20 = 3200 \text{ Вт} = 3,2 \text{ кВт}$$

тогда, подставив в (5.30) необходимые значения, получим:

$$Z_{э-эпр} = \frac{3,2 \cdot 2}{0,7} 2,2 = 20,1 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} + Z_{в.тех} + Z_{сж.возд} \quad (5.32)$$

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

$P_{т.р}$ – затраты на текущий ремонт оборудования, руб.;

$Z_{в.тех}$ – затраты на воду техническую;

$Z_{сж.возд}$ – затраты на сжатый воздух.

Величину амортизации оборудования вычисляем с использованием формулы:

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100}$$

где $Ц_{об}$ – рыночная стоимость оборудования, руб.;

$N_{об}$ – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{обб} = \frac{30000 \cdot 204 \cdot 18}{1812 \cdot 100} = 10 \text{ руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{100000 \cdot 138 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 22 \text{ руб}$$

Для расчетного определения расходов на текущий ремонт технологического оборудования воспользуемся зависимостью:

$$P_{т.р} = \frac{C_{об} * H_{т.р} * k_3}{\Phi_{эф} * 100} \quad (5.33)$$

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

Подставив в (5.33) необходимые значения, получим:

$$P_{т.р.б} = \frac{30000 * 35 * 0,18}{1812 * 100} = 1,04 \text{ руб.}$$

$$P_{т.р.пр} = \frac{100000 * 35 * 0,12}{1812 * 100} = 2,31 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{обб} = 10 + 1,04 = 11,04 \text{ руб.}$$

$$З_{обпр} = 22 + 2,31 = 24,31 \text{ руб.}$$

Расчётное определение затрат на содержание и эксплуатацию площадей производим на основании зависимости:

$$З_{площ} = \frac{C_{площ} * S_{площ} * H_{аплощ} * t_{шт}}{\Phi_{эф} * 100 * 60} \quad (5.34)$$

где: $C_{площ}$ – цена 1 м^2 производственной площади, руб.;

$H_{аплощ}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{площ}$ – площадь, необходимая для сварки бака, м^2 ;

Подставив в (5.34) необходимые значения, получим:

$$З_{\text{пл.ощ}} = \frac{3000 * 8 * 2 * 204}{11812 * 100 * 60} = 6,05 \text{ руб.}$$

$$З_{\text{пл.ощ}} = \frac{3000 * 11 * 2 * 138}{1812 * 100 * 60} = 8,14 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы (ФЗП) представляет собой сумму основной зарплаты и дополнительной.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗП}_{\text{осн}} + \text{ЗП}_{\text{доп}}. \quad (5.35)$$

Для расчётного определения основной зарплаты используем зависимость:

$$\text{ЗП}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot \text{Сч} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.36)$$

где Сч – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

$t_{\text{шт}}$ – норма штучного времени, час;

$k_{\text{зпл}}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату, 1,81.

Подставив в (5.36) необходимые значения, получим:

$$\text{ЗП}_{\text{оснб}} = 3,4 \cdot 57,55 \cdot 1,81 = 364,16 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{оснпр}} = 2,3 \cdot 57,55 \cdot 1,81 = 239,58 \text{ руб.}$$

Для расчётного определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$\text{ЗП}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗП}_{\text{осн}}$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$\text{ЗП}_{\text{доп}}^{\text{б}} = 364,16 \cdot 10 / 100 = 36,41 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗП}_{\text{доп}}^{\text{пр}} = 239,58 \cdot 10 / 100 = 23,95 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{б}} = 364,16 + 36,41 = 400,57 \text{ руб.}$$

$$\text{ФЗП}_{\text{пр}} = 239,58 + 23,95 = 263,53 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины отчислений на социальные нужды производим с использованием формулы:

$$O_{\text{сн}} = \text{ФЗП} \cdot H_{\text{соц}} / 100 \quad (5.36)$$

где $N_{соц}$ – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.36) необходимые значения, получим:

$$O_{CH}^B = 400,57 \cdot 30 / 100 = 120,17 \text{ руб.}$$

$$O_{CH}^{пр} = 263,53 \cdot 30 / 100 = 79,05 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{тех} = 3M + 3э-э + 3об + 3плоч + ФЗП + Осн \quad (5.37)$$

$$C_{тех}^{БАЗ} = 485,4 + 26,0 + 11,04 + 6,05 + 400,57 + 120,17 = 1049,23 \text{ руб.}$$

$$C_{тех}^{пр} = 315,2 + 20,1 + 24,31 + 8,14 + 263,53 + 79,05 = 767,34 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{цех} = C_{тех} + P_{цех} \quad (5.38)$$

где $P_{цех}$ – сумма цеховых расходов, руб.

$$P_{цех} = k_{цех} \cdot 3_{осн} \quad (5.39)$$

где $k_{цех}$ – коэффициент, который учитывает цеховые расходы;

$3_{осн}$ – основная заработная плата рабочих, руб.

$$C_{цех}^{БАЗ} = 1049,23 + 364,16 \cdot 2,15 = 1049,23 + 782,94 = 1832,17 \text{ руб.}$$

$$C_{цех}^{пр} = 767,34 + 239,58 \cdot 2,15 = 767,34 + 515,09 = 1282,43 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины заводской (производственной) себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{зав} = C_{цех} + P_{зав} = C_{цех} + k_{зав} \cdot 3_{осн} \quad (5.40)$$

где $P_{зав}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{зав}$ – коэффициент, учитывающий заводские расходы,

$$C_{произв}^{БАЗ} = 1832,17 + 364,16 \cdot 1,9 = 1832,17 + 691,90 = 2524,07 \text{ руб.}$$

$$C_{произв}^{пр} = 1282,43 + 239,58 \cdot 1,9 = 1282,43 + 455,20 = 1737,63 \text{ руб.}$$

Результаты расчета себестоимости обобщим в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Калькуляция себестоимости

№ п/п	Показатели	Условные обозначения	Калькуляция, руб	
			базовый	проектный
1	Материалы вспомогательные	ЗМ	3,5	2,65
2	Затраты на электроэнергию	Зэ-э	0,26	0,13
3	Фонд заработной платы	ФЗП	2,69	1,81
4	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	0,7	0,47
5	Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	Зоб	0,28	0,23
6	Затраты на площади	Зпл	0,06	0,08
	Себестоимость технологическая	Стех	1049,23	767,34
7	Цеховые расходы		782,94	515,09
	Себестоимость цеховая	Сцех	1832,17	1282,43
8	Заводские расходы		691,90	455,20
	Себестоимость заводская	Сзав	2524,07	1737,63

5.4 Определение показателей экономической эффективности разработанной технологии

Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$\text{Прож} = \text{Э}_{у.г.} = (C_{ЗAB}^{ПР} - C_{ЗAB}^{БАЗ}) \cdot N_{Г} \quad (5.41)$$

Подставив в (5.41) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{у.г.} = (2524,07 - 1737,63) \cdot 100 = 78643,80 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой:

$$\text{Э}_{Г} = [(C_{ЗAB}^{ПР} + E_{Н} \cdot K_{удБ}) - (C_{ЗAB}^{БАЗ} + E_{Н} \cdot K_{удПР})] \cdot N_{Г} \quad (5.42)$$

Подставив в (5.42) необходимые значения, получим:

$$\text{Э}_{ГП} = [(2524,07 + 0,33 \cdot 54) - (1737,63 + 0,33 \cdot 434)] \cdot 100 = 66378 \text{ руб.}$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ОК} = \frac{K_{ОБЩ}^{ПР}}{Pr_{ОЖ}} \quad (5.43)$$

Подставив в (5.46) необходимые значения, получим:

$$T_{\text{ок}} = \frac{43400}{78643} = 0,55 \text{года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,55 = 2,02 < E_{\text{н.}}$$

Величину показателя снижения технологической себестоимости определим по формуле:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штГБ}} - t_{\text{штГПР}}}{t_{\text{штГБ}}} \cdot 100\% \quad (5.44)$$

Подставив в (5.44) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{3,4 - 2,3}{3,4} \cdot 100\% = 32\%$$

Снижение трудоемкости произошло вследствие повышения скорости сварки

Показатель повышения производительности труда

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{\text{шт}}}{100 - \Delta t_{\text{шт}}} \quad (5.48)$$

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 32}{100 - 32} = 47\%$$

Выводы по экономическому разделу

В экономическом разделе выпускной квалификационной работы были произведены расчеты с целью определения таких экономических параметров, как технологическая и заводская себестоимость сварки.

Установлено, что проектный вариант сварки после своего внедрения в производство даст такие эффекты, как уменьшение трудоемкости на 50 %, увеличение производительности труда на 100 %, что уменьшило технологическую себестоимость на 64,5 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 782,739 тыс. рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные

вложения в оборудование, составила 778,468 тыс. рублей. Капитальные вложения в оборудование размером будут окуплены за 0,16 года.

На основании вышеизложенного делаем вывод о том, что разработанная технология сварки обладает экономической эффективностью.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан технологический процесс сварки топливного бака ракеты Союз, в котором, в отличие от базового, где все сварные швы выполняются вручную технологией аргонодуговой сварки, применена технология автоматической сварки. Это позволяет уменьшить трудоемкость изготовления изделия.

Для реализации разработанной технологии потребовалась закупка нового оборудования.

При внедрении результатов бакалаврской работы предполагается получить годовой экономический эффект в размере 66378 руб при годовой программе 100 баков. Цель проекта достигнута

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
2. Марфин К. С. Источники питания сварочной дуги : учеб. Пособие [Текст] / К. С. Марфин. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2000. - 172 с.
3. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.
4. Межотраслевые правила по охране труда при электро- и газосварочных работах : ПОТ РМ-020-2001 : ввод. в действие с 1 янв. 2002 г. - Москва : [б. и.], 2001. - 58 с..
5. Справочник конструктора и технолога / сост. В. М. Михин, Б. Е. Кобызев, В. В. Михайленко. - Королев : ЦНИИМАШ, 2000. - 582 с.
6. Михлюк С. П. Технология и оборудование для сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. [Текст] / С. П. Михлюк - Ростов н/Д. : Феникс, 2002. - 215 с.
7. Цепенев Р. А. Автоматическое управление процессом сварки : учеб. пособие / Р. А. Цепенев ; ТолПИ ; Каф. "Оборуд. и технология сварочного пр-ва". - Тольятти : ТолПИ, 2001. - 76 с.
8. Селиванов В. А. Сварка трубопроводов и резервуаров из алюминия и его сплавов [Текст] / В. А. Селиванов. – М.: Стройиздат, 1976. - 233 с.
9. Сахно К. В. Технология сварки металлов: учебник для вузов [Текст] / К. В. Сахно. - Киев : Вища школа, 1977. - 180 с.
10. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
11. Пейсахов А. М. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. для студентов немашиностроит. специальностей

- вузов / А. М. Пейсахов, А. М. Кучер. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Изд-во Михайлова В. А., 2004. - 406 с.
12. Спиваков В.И., Орлов Э.А. Исследование влияния деформационно-термических параметров асимметричного охлаждения на плоскостность, микроструктуру и механические свойства листов. // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб.научн.тр.ИЧМ. К.: — Наукова думка, 2002. – Вып.4. – С. 321.
13. Выбойщик Л. М., Лучкин Р. С., Платонов С. Ю. Структурный фактор коррозионно-механической прочности сварных соединений нефтепромысловых труб // Сварочное производство. - №6 - 2008, с 12-17.
14. Масленников А.В. Разработка технологического процесса сварки неповоротных стыков трубопроводов на основе оптимизации параметров режима : диссертация ... кандидата технических наук : 05.03.06 / Масленников Александр Васильевич; [Место защиты: Рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского (МАТИ)] - Москва, 2008.
15. Федосеева Е.М. Повышение качества сварных соединений сталей трубного назначения для обеспечения эксплуатационной безопасности магистральных трубопроводов : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.10 / Федосеева Елена Михайловна; [Место защиты: Перм. гос. техн. ун-т]. - Пермь, 2011. - 140 с.
16. Уткин И.Ю. Роль микролегирующих элементов в формировании механических свойств околошовной зоны при сварке прямошовных труб большого диаметра групп прочности X70–X80: диссертация ... кандидата Технические науки: 05.16.01 / Уткин Иван Юрьевич; [Место защиты: Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И.П.Бардина].- Москва, 2016.
17. В.Н. Радзиевский, Г.Г. Ткаченко. Высокотемпературная вакуумная пайка в компрессоростроении. К.: Экотехнология, 2009. 400 с.
18. А. А. Кайдалов. Электронно-лучевая сварка и смежные технологии. К.: Экотехнология, 2004. 40 с.

19. Воропай, Н.М. Двухдуговая наплавка алюминиевых поршней комбинированным неплавящимся и плавящимся электродом / Н.М. Воропай, В.В. Лесных, В.А. Мишенков // Автоматическая сварка. – 1996. – № 6. – С. 21–25.
20. Чудинов, Б.А. Упрочнение верхней поршневой канавки поршней двигателей внутреннего сгорания ОАО «АВТОВАЗ», Тольятти, 2004 г. 13–16 апр. / Б.А. Чудинов, В.Ф. Жмиевский // Материалы 6-й Междунар. практ. конф.-выставки, С.-Пб., Альфаред, 2004. – С. 89–90.
21. Бондарев, А.А. Технология ремонта изношенных поршней / А.А. Бондарев // Сварщик. – 1999. – № 6. – С. 17.
22. Шонин, В.А. Остаточные напряжения в соединениях тонколистового сплава АМгб, вызванные дуговой и лазерно-дуговой сваркой / В. А. Шонин, В. С. Машин, В. Ю. Хаскин, Т. Н. Недей // Автомат. сварка. — 2006. — № 9. — С. 26–31.