

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)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему «Технологический процесс сборки и сварки балки крана полярного»

Студент

Д.В. Шарохин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(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 работы – повышение производительности труда и качества при сварке балок полярного крана. Для достижения поставленной цели работы были решены следующие задачи: выбрана замена способу механизированной сварки на автоматическую сварку под слоем флюса; разработан технологический процесс, реализующий выбранный способ соединений; подобрано оборудование, необходимое для реализации разработанного технологического процесса и разработана оснастка; предусмотрены мероприятия по защите здоровья и жизни производственного персонала и окружающей среды от влияния опасных и вредных производственных факторов; экономически обоснованы предложенные технические решения.

Пояснительная записка содержит 84 стр., 8 рисунков, 12 таблиц.

Проанализированы условия эксплуатации изделия, особенности свариваемости материала. Проведен анализ базового технологического процесса, выявлены недостатки базовой технологии – низкая степень автоматизации. Разработан технологический процесс автоматической сварки изделия. Подобрано оборудование и спроектирована сборочная оснастка. Для защиты персонала участка от вредных факторов при операциях сварки предложены соответствующие технические и организационные мероприятия. Ожидаемый экономический эффект составит 258339 рублей.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Описание полярного крана	6
1.2 Анализ свойств материала конструкции	9
1.3 Базовый технологический процесс изготовления изделия	11
1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления	14
1.5 Задачи бакалаврской работы.....	15
2 Разработка технологического процесса сварки	16
2.1 Выбор способа уменьшения остаточных напряжений	16
2.2 Модернизация технологии.....	21
3 Выбор оборудования	22
4 Безопасность и экологичность проекта.....	24
4.1 Характеристика технологии и участка сварки.....	24
технологии в производство	26
4.3 Предлагаемые мероприятия по снижению профессиональных.....	27
рисков в ходе внедрения в производство проектной технологии	27
4.4 Предлагаемые мероприятия по обеспечению пожарной	28
безопасности разрабатываемого технологического объекта	28
4.5 Оценка экологической безопасности разрабатываемого	30
технологического объекта	30
4.6 Заключение по разделу	30
5 Экономическая эффективность проекта	32
5.1 Исходные данные для расчетов	33
5.2 Вычисление времени на операции сварки	34
5.3 Капитальные вложения в оборудование	36
5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.	38
5.5 Цеховая себестоимость	42
5.6 Заводская себестоимость	43
5.7 Расчет экономической эффективности проекта	44

5.8 Выводы по экономическому разделу	45
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	47

ВВЕДЕНИЕ

Мостовые краны находят широкое применение в различных отраслях народного хозяйства для внутрицеховых и внутрискладских погрузочно-разгрузочных работ. В частности, в машинных залах АЭС применяют полярные краны для обслуживания реактора. Такие краны передвигаются по круговому рельсу диаметром 41,5 м на 370° над шахтой ядерного реактора, это обеспечивает выполнение транспортных операций в любой точке.

Основу полярных кранов составляют жесткие балки. По балкам перемещается крановая тележка, на которой установлены главный и вспомогательный механизмы подъема груза и механизм передвижения тележки.

Для таких полярных кранов балки выполняют сварными. Использование современных научных достижений, новых материалов, передовых технологий и технических решений, в том числе и технологии сварки, обеспечивает продукцию, производимой на ОАО "Тяжмаш", г. Сызрань, высокий технический уровень. Это обеспечивает должные конкурентные преимущества предприятия. Поэтому внедрение новых технологий, в том числе и сварочных, является актуальным.

Следует отметить, что на всех операции сварки технологического процесса производства компонентов кранов полярных используют передовые технические решения. Например, при сварке балок полярных кранов применяют механизированную сварку в среде защитного газа. Однако особенности данного техпроцесса с учетом габаритов таковы, что требуются специальные технологические решения для исключения сварочных деформаций, которые снижают производительность.

Цель настоящей работы – повышение производительности труда и качества при сварке балок полярного крана.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание полярного крана

Специфические особенности надреакторных помещений атомных станций, круглая форма помещения, обусловили соответствующую конструкцию кранов полярных. В процессе эксплуатации они выполняют весь комплекс работ по обслуживанию реактора. Во время строительства, соответственно, полярные краны участвуют в монтажных работах.

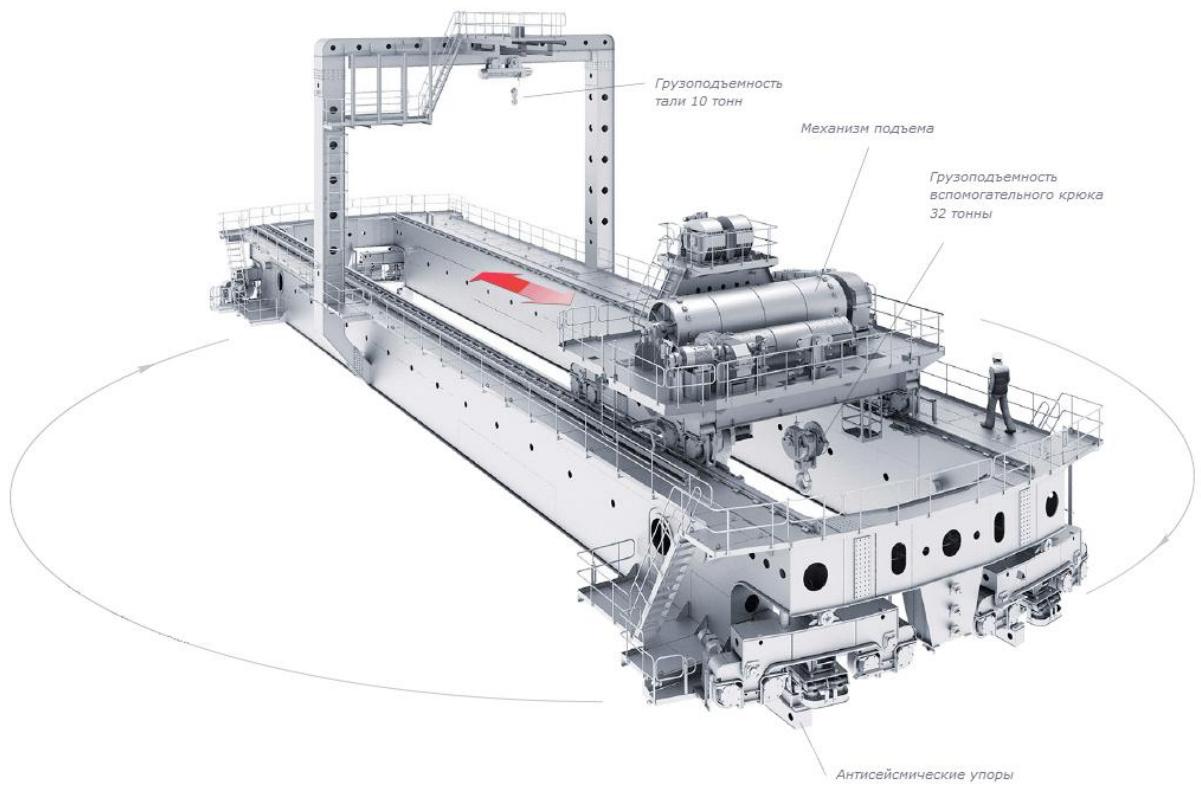


Рисунок 1.1 Общий вид крана полярного

Основу металлоконструкций крана полярного составляют балки. Балки являются основой широкого спектра сварных металлоконструкций. В качестве составных элементов данных конструкций они воспринимают

изгибающие нагрузки и передают их на колонны. Иногда балки проектируют способными воспринимать косой изгиб или продольные силы.

По статической схеме балки могут быть однопролетные и многопролетные, разрезные и неразрезные. Однопролетные балки имеют две опоры, обычно одна - шарнирно-неподвижная, другая - шарнирно-подвижная. Многопролетные балки имеют по несколько опор и бывают разрезными и неразрезными. Разрезные балки прерываются над опорами и являются статически определимыми, неразрезные балки не прерываются над опорами и являются статически неопределенными. Наиболее распространены разрезные балки в связи с определенностью их работы, простотой изготовления и монтажа.

Балки (стальные) бывают прокатные и составные. Составные балки применяют, когда прокатные балки не удовлетворяют условиям прочности, жесткости и устойчивости или когда применение прокатных балок влечет за собой значительный перерасход металла. При больших пролетах и нагрузках, когда требуемый момент сопротивления $W_{TP} > 2560 \text{ см}^3$, вследствие ограниченности прокатного сортамента проектируют и изготавливают составные балки – сварные или клепаные. По сравнению с прокатными составные балки имеют ряд преимуществ: более равномерное распределение напряжений; возможность придания балке формы, наиболее соответствующей назначению конструкции; эстетичный внешний вид; меньшая масса. Сварные составные балки экономичнее клепаных, поэтому последние имеют ограниченное применение в строительных конструкциях (главным образом, при больших подвижных нагрузках).

Составные балки изготавливают из нескольких прокатных или гнутых профилей и главным образом двутаврового или коробчатого сечения (рис.2.1).

Изготавливать балки из алюминиевых сплавов экономически нецелесообразно вследствие высокой стоимости этих сплавов. К тому же

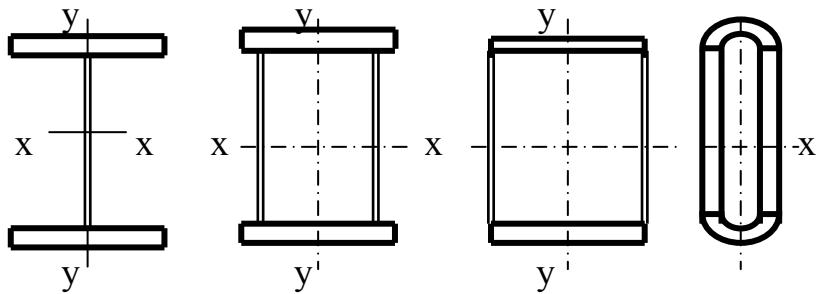


Рисунок 1.2 Типы сечений составных балок

более низкий по сравнению со сталью модуль упругости ($E_{al} \approx 0,3 E_{ct}$) осложняет их использование в тех случаях, когда должна быть обеспечена значительная жесткость, а невысокое значение предела выносливости ограничивает использование в условиях многократно повторяющихся нагрузок. Поэтому применять алюминиевые несущие конструкции вообще и балки в частности следует только в особых случаях (например, при наличии агрессивной среды или при строительстве в сейсмическом районе).

Требуемая работоспособность балки достигается при максимальном соблюдении принципов равнопрочности и равноустойчивости элементов конструкции, а также при обеспечении требуемой жесткости (например, прогибы балки не должны превышать определенной величины, установленной нормами). Удовлетворяя требованиям прочности, жесткости и устойчивости, балки должны одновременно быть возможно меньшей массы, технологичными в изготовлении и долговечными.

Наиболее часто применяют сварные составные балки двутаврового и коробчатого профилей. Мерой эффективности сечения балки, как конструкции, работающей на изгиб, является отношение W / F (F – площадь поперечного сечения), чем оно выше, тем экономичнее по расходу материала сечение.

Двутавровое сечение выгоднее прямоугольного в два и круглого в три раза, рисунок 2.3. Однако коробчатое сечение выгоднее при больших нагрузках и пролетах в том плане, что меньше трудоемкость его изготовления. Для того, чтобы обеспечить нужную жесткость стенки в

двутавровом сечении при больших нагрузках и пролетах требуется приварка большого количества ребер жесткости, как продольных так и поперечных. Поэтому балка крана пролетом чуть более 40 метров выполнена коробчатого сечения.

1.2 Анализ свойств материала конструкции

Рассматриваемая балка крана изготовлена из стали 09Г2С, являющейся низколегированной конструкционной сталью для проведения сварных работ. Сталь 09Г2С используется при выполнении различных металлических конструкций с применением сварки, которые работают под давлением в условиях воздействия температуры $-70\dots+425$ °С. В качестве заменителей стали 09Г2С может выступать стали марки 09Г2 и 09Г2Т, 09Г2ДТ и 10Г2С.

Сталь 09Г2С сваривается без ограничений, т.е. её сварке не требует применения предварительного подогрева и проведения последующей термической обработки.

Таблица 1.1 – Химсостав стали 09Г2С

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	N	Cu	As
$\leq 0,11\%$ 0,8%	от 0,5% до 1,7%	от 1,3% до 1,7%	$\leq 0,3\%$	$\leq 0,04\%$	$\leq 0,035\%$	$\leq 0,3\%$	$\leq 0,008\%$	$\leq 0,3\%$	$\leq 0,08\%$

Таблица 1.2 – Физико-механические свойства стали марки 09Г2С при комнатной температуре [3]

Сортамент	σ_b	σ_t	δ_5
Лист	470 МПа	265 МПа	22 %

Реакция на термический цикл стали 09Г2С несколько отличается от реакции обычной низкоуглеродистой стали. Основное различие заключается в некотором увеличении склонности к образованию в металле шва и околошовной зоне закалочных структур в условиях повышенных скоростей охлаждения. Повышенные скорости охлаждения в сварных швах стали

09Г2С кроме феррита и перлита вызывают образование мартенсита, бейнита и остаточного аустенита. Обнаруживаемый в таких швах мартенсит носит бесструктурный характер, а бейнит представлен феррито-карбидной смесью с высокой степенью дисперсности. Количество этих структурных составляющих может изменяться и зависит от параметров нагрева в процессе сварки. Снижение погонной энергии приводит к повышению содержания бейнита, аустенита и мартенсита в шве, а также к увеличению их дисперсности.

Закалочные структуры при их малом количестве оказывают незначительное воздействие на физико-механические свойства металла. При этом значительное увеличение доли закалочных структур в сварном шве и околошовной зоне резко уменьшают пластичность металла и снижают его стойкость против хрупкого разрушения. Марганец, кремний и другие легирующие элементы способствует образованию большего количества закалочных структур в сварном соединении. Сварку конструкций из стали 09Г2С необходимо производить на режимах с меньшей погонной энергией, чем сварку конструкций из низкоуглеродистой стали.

Равнопрочность металла шва и основного металла может быть достигнута благодаря легированию шва элементами, которые переходят из основного металла. Также повышение прочности металла шва и его стойкости против хрупкого разрушения может быть достигнуто путём дополнительного легирования металла шва через сварочную проволоку.

При выполнении сварных конструкций из стали 09Г2С стойкость металла шва против кристаллизационных трещин ниже, чем при использовании низкоуглеродистых сталей. Это происходит из-за повышенного содержания углерода и воздействия отдельных легирующих компонентов, таких как кремний. Стойкости против трещин может быть повышена путём снижения содержания в металле шва таких элементов как углерод и сера, что достигается применением сварочной проволоки с пониженным содержанием углерода и серы. Существенное влияние на

прочность сварных соединений оказывает правильное проектирование технологии сварки, предусматривающей рациональную последовательность сварки швов, обеспечивающей нужную величину провара.

Свариваемость материала конструкции хорошая, предварительный и сопутствующий подогрев при сварке – не требуется. Сваривается любыми видами сварки без применения особых приемов подогрева, термической обработки, образуя соединения высокого качества

1.3 Базовый технологический процесс изготовления изделия

Первой операцией базового технологического процесса является слесарная. На этой операции детали в местах наложения сварных швов зачищают до металлического блеска и на 20-25 мм в каждую сторону от будущего сварного шва.

Параллельно проводится проверка стенда для сборки балки СТ 0806-0794И. Проверяется расположение подставок по струне в 4х-5ти направлениях. Все подставки необходимо отнивелировать по все длине с учетом строительного подъема с установкой в случае необходимости технологических подкладок. Каждая подставка должна быть закреплена инвентарным крепежом в 4х местах.

Выполняется изготовление технологических уголков 75x75x8 мм.

Перед сваркой и прихваткой следует обезжирить свариваемые кромки, торцы и околошововую зону в обе стороны от шва с обеих сторон.

После слесарной операции выполняется операция сборочная. На стенд для сборки балки СТ 0806-0794И устанавливается верхний пояс и при необходимости закрепляется. Затем выполняется разметка верхнего пояса под установку уголков и диафрагм. Места установки уголков и диафрагм зачищаются и по разметке устанавливаются уголки. Выполняется их прихватка. После контроля сварщик прихватывает детали механизированной сваркой в среде защитного газа, аргон – 82%, углекислый газ – 18%. Сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Длина прихваток 50-75 мм. Расстояние между прихватками 200-300 мм. Не менее 2х прихваток на

один стык. Сила тока 130-160 А, напряжение на дуге 21-23 В. Выполненные прихватки зачищать.

Затем производится установка диафрагм в следующей последовательности. Устанавливаются по две крайние большие диафрагмы с обеих сторон. Производится из закрепление технологическим уголками по 4 уголка на каждую диафрагму с двух сторон. После контроля зазоров под сварку выполняется прихватка диафрагм. После контроля сварщик прихватывает детали механизированной сваркой в среде защитного газа, аргон – 82%, углекислый газ – 18%. Сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Длина прихваток 50-75 мм. Расстояние между прихватками 200-300 мм. Не менее 2х прихваток на один стык. Сила тока 130-160 А, напряжение на дуге 21-23 В. Выполненные прихватки зачищать. Между установленными диафрагмами натягивается струна, производится установка остальных диафрагм по струне, согласно чертежу и соблюдением зазоров под сварку. При установке диафрагм использовать отвес. Поддерживать диафрагмы краном. После установки диафрагм производится из закрепление технологическим уголками по 4 уголка на каждую диафрагму с двух сторон. После контроля зазоров под сварку выполняется прихватка диафрагм. После контроля сварщик прихватывает детали механизированной сваркой в среде защитного газа, аргон – 82%, углекислый газ – 18%. Сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Длина прихваток 50-75 мм. Расстояние между прихватками 200-300 мм. Не менее 2х прихваток на один стык. Сила тока 130-160 А, напряжение на дуге 21-23 В.

Установить технологические уголки, поджать к диафрагмам и поясу, прихватить согласно режиму указанному выше.

После выполнения операций прихваток выполнить контроль. Контролируется соответствие прихваченных ребер и диафрагм чертежу, зазоры под сварку и пр.

После положительных результатов контроля выполняется сварка собранного узла согласно чертежу по ГОСТ 14771. Сварку диафрагм вести от середины к краям участками сначала с одной стороны балки, затем с другой.

После чего привариваются уголки к поясу и диафрагмам. Режимы как указано выше. После выполнения сварных швов производится очистка от шлака и клеймение сварных швов.

Проверяются параметры согласно чертежа, при несоответствии – ручная правка до соответствия чертежным размерам газовой горелкой. По окончании правки выполняется контроль сварных швов.

Следующая операция – сборочная. Верхний пояс размечается под постановку вертикальных стенок. В местах постановки диафрагм зачищаются участки вертикальных стенок под сварные швы. Затем производится установка вертикальных стенок. После установки они фиксируются раскосами и технологическими хомутами. Производится контроль на соответствие требованиям чертежа и выполняется прихватка стенок к диафрагмам. Прихватка в среде защитного газа, аргон – 82%, углекислый газ – 18%. Сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Длина прихваток 50-75 мм. Расстояние между прихватками 200-300 мм. Не менее 2х прихваток на один стык. Сила тока 130-160 А, напряжение на дуге 21-23 В.

Балка кантуется на 90° и устанавливается на стенд для сварки. Диафрагмы и уголки привариваются к вертикальным листам. Сварка ведется от центра балки к краям и приварка каждой диафрагмы ведется от верхнего пояса к нижнему. Сварка диафрагм ведется обратноступенчатым способом участками длиной по 300 мм, причем, каждый наплавленный валик охлаждается.

Сварка в среде защитного газа, аргон – 82%, углекислый газ – 18%. Сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 мм. Сила тока 200-240 А, напряжение на дуге 21-23 В. После контроля выполненных сварных швов производится их контроль, балка кантуется на 180° и повторяется операция

приварки диафрагм ко второй стенке. После приварки диафрагм выполняется контроль геометрии балки, при несоответствии – ручная правка до соответствия чертежным размерам газовой горелкой. По окончании правки выполняется контроль сварных швов.

После приварки диафрагм выполнить сборку с нижним поясом балки, прихватить его и выполнить сварку поясных швов. Вначале выполнить подварочный шов внутри балки, катет шва 8 мм. После выполнения подварочного шва балку кантовать, произвести выборку корня шва шлифмашинкой, просушить подготовленный шов до температуры не более 100°C газовым резаком. Протереть сварной шов, ветошью и пропылесосить промышленным пылесосом перед началом сварочных работ.

Выполнить сварной шов. Сварка ведется от центра к краям обратноступенчатым способом участками длиной по 300 мм, причем, каждый наплавленный валик охлаждается. После выполнения сварных швов очищают шлак и клеймят выполненные швы. Помимо контроля геометрии и размеров сварных швов выполняется рентгенографический контроль сварных швов 100% и ультразвуковой 100%.

1.4 Анализ недостатков базовой технологии и путей их преодоления

К недостаткам базового технологического процесса можно отнести следующие. При сварке балки размерами длина 40 метров, высота 2,8 метра и шириной 1820 мм важная задача обеспечить высокие требования к геометрии получаемого изделия. В базовом технологическом процессе заложены технические решения, позволяющие минимизировать остаточные деформации. К ним можно отнести обратноступенчатый способ выполнения сварного шва и правку нагревом газовой горелкой. Понятное дело, что правка является вынужденным решением. Решение о проведении правки принимают по результатам контроля. Особенностью обратноступенчатого метода выполнения сварных швов является то, что выполненный валик охлаждают. На это расходуется время, что увеличивает трудоемкость. Вместе с тем в арсенале специалистов сварщиков есть другие методы

уменьшения деформаций.

1.5 Задачи бакалаврской работы

Цель настоящей работы – повышение производительности труда и качества при сварке балок полярного крана.

Выполненный в первом разделе анализ базовой технологии, и анализ возможных путей устранения ее недостатков позволил прийти к выводу, что требуется анализ возможных вариантов уменьшения деформаций.

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

1. выбрать способ уменьшения остаточных деформаций не оказывающих влияния на трудоемкость сварки;
 2. разработать технологию сварки балки полярного крана;
 3. подобрать необходимое оборудование.
 4. Обеспечить безопасность производственных рабочих на операции пайки
 5. Выполнить экономическую оценку разработок.
- .
- .

2 Разработка технологического процесса сварки

2.1 Выбор способа уменьшения остаточных напряжений

Наибольшее распространение в промышленности для снятия остаточных напряжений и устранения деформаций приобрела термическая обработка [3].

Необходимость в проведении исследований, направленных на снижение остаточных деформаций, обусловлена тем, что в настоящее время при сварке металлоконструкций, как правило, используют стандартные технологии сварки, разработанные для изготовления изделий со сравнительно короткими швами. Они не учитывают специфики протяженных соединений, обусловленной влиянием значительных остаточных напряжений в них и ограниченным выбором способов устранения деформаций, разделки кромок и собственно сварки, которая может оказывать существенное влияние на свойства сварных соединений конструкции [1, 3, 4, 5].

Так, в работе [6] отмечается, что сварка протяженных швов способствует образованию в соединениях большего количества повреждений, чем при обычной варке коротких швов. Поэтому при сварке протяженных соединений появляется большее количество участков, на которых происходили процессы начала и окончания сварки. Для этих участков характерны повышенные скорости охлаждения металла, что приводит к увеличению его твердости и склонности к образованию холодных трещин. Еще одной особенностью таких соединений является образование участков металла с неблагоприятной охрупченной структурой.

Данные работы [7] свидетельствуют, что из-за увеличения уровня остаточных напряжений и образования неоднородностей структуры при сварке протяженных швов значения ударной вязкости снижаются на 20... 25 % по сравнению с исходным вариантом.

В работе [5] установлено, что вблизи исправленных сваркой дефектных участков могут возникать дефекты, обусловленные пластическими де-

формациями укорочения. Склонность сварных соединений к образованию таких дефектов тем больше, чем меньше их деформационная способность.

Для сварки протяженных швов характерно также появление микротрещин в ледебуритном слое на поверхности реза, осуществляемого кислородной горелкой [3], наличие подрезов, несплавлений, неметаллических включений. При такой сварке возможно образование ламеллярных трещин [4].

В работе [8] отмечается, что тавровые сварные соединения стали средней прочности имеют более низкую сопротивляемость образованию усталостных трещин, чем соединения той же стали но малой протяженности. Это объясняется тем, что в протяженных сварных соединениях обнаруживается неоднородность прочностных свойств (участки металла с повышенной хрупкостью). Сопротивляемость усталостному разрушению указанных сварных соединений возрастает после дугового оплавления угловых швов.

По мнению авторов работы [2], технологии сарки протяженных швов следует уделять большее внимание, чем сварке коротких. Важнейшей задачей при этом является выбор или разработка таких сварочных технологий, которые обеспечат низкий уровень остаточных напряжений и позволяют в ряде случаев отменять мероприятия по их снятию.

Основными дефектами, появляющимися при эксплуатации таких соединений, являются усталостные трещины. Причиной их появления могут быть неадекватный проект конструкции, высокий уровень напряжений, неправильный выбор сварочных материалов, не способных обеспечить необходимую вязкость и свариваемость соединений, неудовлетворительное выполнение термической резки, недостаточное проплавление, наличие подрезов, вибрация, коррозионная среда, эксплуатационные нагрузки [9].

Особенности и причины разрушения конструкций должны быть учтены при разработке технологии их сварки. В связи с этим в работе [6]

рекомендуется перед проведением сварки швов большой длины проанализировать следующее:

- позволяет ли состояние данной сварной конструкции производить на ней сварку;
- сколько проходов можно производить на одном и том же участке сварной конструкции;
- какая технология может быть использована для обеспечения лучшей работоспособности и меньшей степени деградации свойств основного металла вблизи сварного соединения.

В работе [1] акцентируется внимание на обязательном осуществлении неразрушающего контроля поврежденных узлов изделия для установления границ залегания дефектов и идентификации основного металла перед выполнением сварки. Для последнего требуется определять его химический состав, а также проводить металло- и спектрографические исследования.

При сварке контролируют появление трещин, формирование разделки кромок, собственно сварку и сопутствующие ей процессы [4, 9]. При необходимости улучшают дизайн конструкции, обрабатывают сварные соединения для снятия напряжений и повышения свойств металла. После сварки обязательно контролируют качество соединений.

Перед удалением трещины сварного шва необходимо высверлить отверстия у ее вершины, а затем устраниТЬ поверхностные трещины с помощью шлифовки [10]. Удаление металла вблизи трещины следует выполнять за ее видимые границы, не должно оставаться дефектов, которые могут инициировать появление новых трещин [9]. Зону металла вблизи удаленной трещины необходимо контролировать ультразвуковым или рентгеновским методами.

Для удаления трещины и формирования разделки кромок используют различные способы обработки металла: газокислородную резку, воздушно-дуговую строжку угольным электродом, дуговую резку специальными электродами, шлифовку, фрезеровку и т. д.

Для удаления дефектов протяженных швов и выполнения разделки кромок рекомендуется использовать воздушно-дуговую строжку металла специальными электродами. В то же время наиболее предпочтительным способом для формирования разделки кромок является механическая обработка [11]. Соединения, разделку кромок для сварки которых выполняли способом фрезерования с помощью специального устройства, имели более высокую сопротивляемость усталостным разрушениям, чем соединения с разделкой кромок, произведенной газокислородной резкой.

В работе [4] отмечается, что на свойства сварных соединений оказывают влияние параметры разделки кромок. Слишком узкая разделка способствует возникновению дефектов (шлаковых включений, несплавлений с основным металлом), а слишком широкая — увеличивает продолжительность сварки, затрудняет управление тепловложением и приводит к большому расходу сварочных материалов.

После формирования разделки кромок приступают непосредственно к процессу сварки. Разработке технологического процесса сварки длинных швов обычно предшествуют исследования, целью которых является изучение влияния того или иного фактора на работоспособность сварного узла конструкции. Поскольку значительная доля разрушений конструкций связана с образованием в них усталостных трещин, естественно, акцент в тематике исследований направлен на разработку способов повышения сопротивляемости отремонтированных соединений этому виду разрушения.

В работах [12, 13] описан способ повышения сопротивляемости сварных соединений усталостному разрушению, основанный на применении сварочной проволоки с 10 % № и 10 % Сг, которая обеспечивает низкую температуру мартенситных превращений в металле сварного шва. Мартенситные превращения сопровождаются увеличением объема и расширением металла шва на конечной стадии охлаждения. Благодаря этому в сварном соединении возникают сжимающие остаточные напряжения,

способствующие повышению сопротивляемости сварных соединений усталостным разрушениям.

Кроме перечисленных способов, для повышения сопротивляемости сварных соединений усталостным разрушениям, рекомендуется применять специальные виды обработки, такие как ударная обработка, шлифовка, оплавление швов с использованием технологии ТИГ и др.

Рекомендуется подвергать протяженные сварные соединения таким видам обработки, которые повышают сопротивляемость разрушениям [9]. Отмечается, что в сварных соединениях необходимо снижать уровень остаточных напряжений растяжения, уменьшать остроту надреза, удалять трещиноподобные дефекты. Для этого сварные соединения следует шлифовать, оплавлять вольфрамовым электродом в инертном газе или плазменной горелкой, проковывать пневматическим молотком. Первые два способа улучшают форму сварного соединения, третий снижает уровень остаточных напряжений растяжения в них.

После сварки отдельных узлов или конструкций проверяют качество сварных соединений. Если оно после сварки соответствует уровню качества прописанного в технической документации, то снижение долговечности, как правило, незначительно.

Поскольку при выполнении протяженных сварных соединений, особенно больших толщин, вероятность появления в них дефектов достаточно высока, этому процессу уделяют особое внимание. Как правило, для контроля качества сварных соединений применяют ультразвуковой, рентгенографический, магнитопорошковый, выборочной разрезки сварных соединений и другие способы. Ультразвуковой контроль проводят с целью выявления трещин, шлаковых включений, пор и т. д. Кроме того, рекомендуется измерять твердость металла шва и ЗТВ в сварном соединении по Виккерсу и контролировать изменение размеров изделия.

Необходимо отметить тот факт, что на практике выполнение сварки металла больших толщин в одном соединении может повторяться несколько

раз. О том, как это сказывается на дальнейшей работоспособности изделия, единого мнения нет.

Однако, в работах ученых показано, что применение виброобработки позволяет в 2 раза снизить остаточные напряжения, и соответственно, деформации. Применительно к сварке балок полярного крана это позволяет вести сварку участками не по 300 мм а по 600 мм.

С учетом времени расходуемого на охлаждение наплавленных валиков это позволит повысить производительность процентов на 30..

2.2 Модернизация технологии

Операции слесарная, прихватки изменению не подлежат. На операции сварки диафрагм предварительно на привариваемую диафрагму устанавливать После чего, устанавливают вибратор на середину диафрагмы, так, чтобы ось была расположена горизонтально и выполняют сварные швы перпендикулярные осям механизированной сваркой. Сварка ведется от центра балки к краям и приварка каждой диафрагмы ведется от верхнего пояса к нижнему. Сварка диафрагм ведется обратноступенчатым способом участками длиной по 600 мм, причем, каждый наплавленный валик охлаждается.

Также изменяется операция сварки пояса со стенкой. После выполнения подварочного шва, выборки корня шва и очистки установить вибратор на центральную диафрагму так, чтобы его ось была расположена вертикально. Сварку вести от центра к краям обратноступенчатым способом участками длиной по 600 мм, причем, каждый наплавленный валик охлаждать. Расстояние между диафрагмами 3185 мм. Поэтому, после того, как половина шва до следующей диафрагмы выполнена, переустановить вибратор на следующую диафрагму и продолжить сварку. Переставляя таким образом вибратор выполнить полностью весь поясной шов.

3 Выбор оборудования

Ранее было выявлено, что для уменьшения остаточных деформаций подошла бы виброобработка. Для реализации виброобработки необходимо соответствующее устройство.

По результатам анализа сделан выбор в пользу вибровозбудителя «Вепрь-1В», рисунок 3.1. Вибровозбудитель входит в комплекс Комплекс ВТУ 01МП.02.3. Помимо самого устройства в состав комплекса входит еще пульт управления, набор съемных переходников для фиксации устройства на разных деталях – разной геометрической формы.



Рисунок 3.1 – Вибровозбудитель

Сам по себе возбудитель потребляет сравнительно небольшую мощность, 550 Вт, масса устройства составляет 25 кг, таким образом, для

перемещения его не потребуются услуги мостовых кранов. Это является определенного рода удобством.

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Характеристика технологии и участка сварки.

В проектной технологии предлагается заменить способ ручной механизированной сварки проволокой сплошного сечения на автоматическую сварку под флюсом. Как показывает практика, одним из путей улучшения санитарно-гигиенических характеристик дуговой сварки как раз и является применение сварки под флюсом, которые позволяют снизить избыточную энергию дуги, осуществлять управление переносом электродного металла, уменьшить его разбрызгивание. Таким образом уменьшается выделение в воздух рабочей зоны вредных веществ в составе сварочного аэрозоля. Становится возможным повышать качество сварных соединений, управлять геометрическими параметрами сварного шва, снижать энерго- и ресурсозатраты на процесс сварки и, предположительно, снижать выделение вредных веществ в воздух рабочей зоны. Последнее остается весьма актуальной задачей при решении проблемы защиты рабочих и окружающей среды от неизбежных вредных выделений сварочных аэрозолей, особенно при применении легированных электродных проволок.

Таблица 4.1 - 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. Гибка обечаек	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
2. Сборка, прихватка, контроль	Электросварщик на автоматических и полуавтоматических машинах	1) центратор наружный 2) Выпрямитель ВД-306 М 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) источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW 2) стропы 3) шаблон УШС-3 4) машинка угловая шлифовальная	1) проволока Св-08Г2С Ø 1,2 мм 2) флюс
4. Контроль качества сварки	Дефектоскопист	1) лупа x4 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	- 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	1) вращатель 2) плазменно-воздушный резак 3) Щётка металлическая 4) машинка угловая шлифовальная
2. Сборка, прихватка, контроль	- 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	1) центратор наружный 2) источник питания Aristo 1000 AC/DC SAW 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 	1) источник питания Aristo 1000 AC/DC 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 	1) лупа x4 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	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 трубопровода	Установка для индукционного нагрева, 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 ток 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 теплообменника, сварка теплообменника 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

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 теплообменника, сварка теплообменника и контроль качества сварных швов и околошовной зоны	Подготовка стыка, сборка труб 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 металлом.

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

Наименование технического объекта	Сварка трубопровода
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 металлома. 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 данного 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 работе предложены технологические мероприятия по повышению производительности и качества выполнения сварки при изготовлении балки крана полярного. Применение предложенных технологических решений позволит снизить трудоемкости сварки, в частности подготовительно-заключительных операций и повысить стабильность качества выполняемых сварных соединений. Базовый и проектный технологические процессы включают в себя следующие операции: первая операция – подготовительная; вторая – сборочная; третья операция – сварочная, четвёртая операция – контроль качества. Поскольку производится изменение только самой технологии сварки, расчёт затрат производим по изменяющимся экономическим показателям.

Таблица 5.1 – Краткая характеристика сравниваемых вариантов

Базовый вариант	Проектный вариант
Сварка ведется участками по 300 мм с последующим охлаждением. При этом время, затрачиваемое на перерывы получается преизрядное. А перерывы обусловлены большими габаритами балки крана.	Применение вибрации в процессе сварки позволяет вести сварку участками по 600 мм. Знакомство с достижениями сварочных технологий позволило сделать вывод, что величина деформаций в этом случае будет приемлемая, а перерывов станет в 2 раза меньше.
Применение автоматизированных методов нерационально, так как очень уж малые длины швов.	При автоматической сварке сила тока выше и скорость перемещения горелки может быть увеличена. Значит и производительность может быть выше

5.1 Исходные данные для расчетов

Исходные данные отражены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Исходные данные

№ п/п	Показатели	Усл. обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Баз.	Проект.
1	2	3	4	5	6
1	Программа годовая	Нпр	шт	100	100
2	Цена присадки.	Цэл	Руб/кг	78	64
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,89	53,16
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	%	10	10
6	Значение коэффициента, учитывающего размер отчислений на социальные нужды.	Осн	%	30	30
7	Коэф. транспортно-заготовительных расходов	ктз	-	1,05	1,05
8	Рыночная стоимость применяемого технологического оборудования	Цоб	Руб	85000	270000
9	Установленная норма амортизационных отчислений на используемое в технологическом процессе оборудование	На	%	18	18
10	Рыночная цена флюса	Цфл	Руб/кг	-	28
11	Значение коэффициента полезного действия технологического оборудования	КПД	-	0,78	0,8
12	Стоимость расходуемой на проведение технологии электрической энергии	Цээ	Руб/кВт	2,2	2,2
13	Удельный расход защитного газа	Узг	М ³ /час	50	-
14	Стоимость защитного газа	Цзг	Руб/м ³	50	-
15	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
17	Площадь, которая занята технологическим оборудованием	S	М ²	8	11
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6
19	Принятая величина коэффициента затрат по демонтажу оборудования базового варианта	-	%	2	2
20	Значение коэффициента, который учитывает цеховые расходы	Кцех		2,50	2,50
21	Значение коэффициента, который учитывает заводские расходы	Кзав		1,8	1,8
22	Принятое значение нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
23	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	2	2

5.2 Вычисление времени на операции сварки

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

$$t_{шт} = t_{маш} + t_{всп} + t_{обсл} + t_{отл} + t_{п-з}, \quad (5.1)$$

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

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

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

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

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

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

Машинное время рассчитаем по зависимости:

$$t_o = \frac{60 * M_{напл.мет} * L_{шв}}{I_{св.} * \alpha_{напл}}, \quad (5.2)$$

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

$L_{шв}$ – протяженность сварных швов в корпусе, м;

I_{C6} – значения параметров тока сварки, А;

$\alpha_{напл}$ – коэффициент наплавки, примерно 9 Г/А*час.

Для определения веса наплавленного металла воспользуемся зависимостью:

$$M_{напл.мет} = \rho \cdot F_H \cdot 10^{-3} \quad (5.3)$$

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

F_H – поперечного сечение валика, мм².

$$F_H = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 = 21 + 24 + 27 + 27 + 30 + 33 = 129 \text{ мм}^2.$$

Общая длина сварных швов корпуса, рассчитанная согласно данным на чертеже изделия, составит 14351,85 см.

Подставляя данное значение в 5.3 вычислим:

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

Подставляя полученное значение длины шва в 5.2 определим машинное время, расходуемое производственным персоналом на сварку всех обечайок корпуса

$$тоб = \frac{60 * 1,006 * 143,518}{200 * 9} = 4,81 \text{ час} = 288,75 \text{ мин.}$$

Зависимость для расчета машинного времени автоматической сварки несколько отличается от 5.2.

$$t_O = \frac{60 \cdot L_{шв}}{V_{C6}} \quad (5.4)$$

где V_{C6} – скорость автоматического перемещения сварочной головки, 30 м/час;

$L_{шв}$ – с учетом того, что конструкция корпуса неизменна, также неизменно, если сравнивать с базовым вариантом технологии, м.

$$t_{онр} = \frac{60 \cdot 143,518}{40} = 215,277 \text{ мин.} = 3,587 \text{ час.}$$

Подставив в (5.1) заданные значения, получим:

$$тштб = 258,049 \text{ мин.} = 5,967 \text{ час.}$$

$$тштпр = 266,849 \text{ мин.} = 4,447 \text{ час.}$$

5.3 Капитальные вложения в оборудование

Расчётное определение величины капитальных затрат, сопровождающих реализацию технологии производим с использованием следующей зависимости:

$$K_{общ} = K_{np} + K_{con} \quad (5.5)$$

где: K_{np} – прямые капитальные вложения в оборудование, руб.;
 K_{con} – сопутствующие капитальные вложения в оборудование, руб.

Прямые капитальные вложения могут быть определены согласно зависимости:

$$K_{np} = \sum \Pi_{об} * k_3 \quad (5.6)$$

где $\sum \Pi_{об}$ – суммарная цена оборудования, руб.;
 k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Количество оборудования определяем с использованием формулы:

:

$$n_{об.расчетн} = \frac{N_{np} * t_{шт}}{\Phi_{\mathcal{ЭФ}} * 60} \quad (5.7)$$

где: N_{np} – принятое значение годовой программы, шт.;
 $t_{шт}$ – затрачиваемое штучное время на сварку одного изделия, мин.;
 $\Phi_{\mathcal{ЭФ}}$ – величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования, час.

Для выполнения N_{np} округлим полученное количество оборудования до целых значений в большую сторону ($n_{об.прин}$).

Тогда расчётное определение величины коэффициента загрузки оборудования выполним с использованием зависимости:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (5.8)$$

Величина эффективного фонда времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{\text{эфф}} = (\varDelta_K - \varDelta_{\text{вых}} - \varDelta_{\text{пр}}) * T_{\text{см}} * S * (1 - k_{p.n}) \quad (5.9)$$

где: \varDelta_K – количество дней в году;

$\varDelta_{\text{вых}}$ – выходные дни;

$\varDelta_{\text{пр}}$ – праздничные дни;

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

S – количество рабочих смен;

$k_{p.n}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку (0,06).

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

$$n_{\text{об.расчетнб}} = \frac{100 * 358,049}{1812 * 60} = 0,32 \text{ шт}$$

$$n_{\text{об.расчетнпр}} = \frac{100 * 266,849}{1812 * 60} = 0,24 \text{ шт}$$

$$k_{36} = \frac{0,32}{1} = 0,32$$

$$k_{3пр} = \frac{0,24}{1} = 0,24$$

$$K_{\text{прб}} = 85000 * 0,32 = 27625 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{прпр}} = 276000 * 0,24 = 67620 \text{ руб.}$$

Принятая величина сопутствующих капитальных вложений определяется по зависимости:

$$K_{\text{con}} = K_{\text{монтаж}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (5.10)$$

$K_{\text{монтаж}}$ – принятое значение коэффициента расходов на монтаж оборудования;

$K_{дем}$ – принятное значение затрат на демонтаж технологического оборудования для реализации базового процесса;

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

$$K_{монт} = \Sigma I_{об} * k_{монт} \quad (5.11)$$

где: $k_{монт}$ – значение коэффициента, учитывающего затраты на монтаж технологического оборудования для реализации проектного процесса, = 0,2.

$$К_{монт} = 276000 * 0,2 = 55200 \text{ руб.}$$

$$K_{дем} = \Sigma I_{об} * k_{дем} \quad (5.12)$$

где: $k_{дем}$ – коэффициент, учитывающий расходы на демонтаж, = 0,2.

$$К_{дем} = 85000 * 0,2 = 17000 \text{ руб.}$$

Затраты на площадь, дополнительно занимаемую под новое оборудование, рассчитываем по формуле:

$$K_{площ} = S_{площ} * I_{площ} * g * k_3 \quad (5.13)$$

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

$$К_{площ} = 10 * 3000 * 3 * 0,49 = 44100 \text{ руб}$$

$$K_{общ}^{БАЗ} = К_{пр} = 55250 \text{ руб.}$$

$$K_{общ}^{пр} = 67620 + 55200 + 17000 + 44100 = 183920 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины удельных капитальных вложений выполняем с использованием зависимости

$$K_{уд} = \frac{K_{общ.}}{N_{пр}} \quad (5.14)$$

$$K_{уд}^{БАЗ} = 27625 / 100 = 276 \text{ руб.}$$

$$K_{уд}^{пр} = 183920 / 100 = 1839,20 \text{ руб.}$$

5.4 Расчет технологической себестоимости сравниваемых вариантов.

Затраты на материалы

$$3M = 3M_{OCH} + 3M_{BSP}$$

Затраты на основные материалы остаются неизменными, поэтому их не учитываем

Затраты на вспомогательные материалы, используемые при реализации базового варианта технологии, определяем с использованием формулы

$$3M_{CB} = 3M_{CBPR} + 3z_g \quad (5.15)$$

Подставляя в 5.15 требуемые значения получим

$$3M_{CB} = 16374 \text{ руб.}$$

$$3M_{PR} = 16416 \text{ руб.}$$

Расчётное определение расходов на электроэнергию производим с использованием зависимости

$$3_{\text{э-э}} = \frac{\text{Роб} \cdot \text{то}}{\text{КПД}} \text{Цэ-э} \quad (5.28)$$

где Роб – полезная мощность оборудования, кВт;

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

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Мощность технологических установок вычисляется по значениям I_{cv} и U_d .

$$\text{Робб} = 200 \cdot 30 = 6000 \text{ Вт} = 6 \text{ кВт}$$

$$3_{\text{э-э}}^b = \frac{6 \cdot 4,812}{0,75} 2,2 = 84,70 \text{ руб.}$$

$$\text{Робпр} = 600 \cdot 30 = 18000 \text{ Вт} = 18 \text{ кВт}$$

$$3_{\text{э-э}}^{\text{пр}} = \frac{18 \cdot 3,587}{0,8} 2,2 = 177,55 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

$$3_{\text{об}} = A_{\text{об}} + P_{\text{т.р}} \quad (5.30)$$

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

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

Затраты на амортизацию оборудования

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} * Ha_{об} * t_{шт}}{\Phi_{\phi} * 60 * 100} \quad (5.31)$$

где $Ц_{об}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб;
 $Ha_{об}$ – норма амортизации оборудования, %;

$$A_{об}^б = \frac{85000 \cdot 358,04 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 50,38 \text{ руб}$$

$$A_{об}^{пп} = \frac{276000 \cdot 266,849 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 212,54 \text{ руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

$$P_{m.p} = \frac{Ц_{об} * H_{m.p} * k_3}{\Phi_{\phi} * 100} \quad (5.32)$$

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

$$P_{tr}^б = \frac{85000 * 35 * 0,65}{1812 * 100} = 10,67 \text{ руб.}$$

$$P_{mp}^{np} = \frac{276000 * 35 * 0,49}{1812 * 100} = 26,12 \text{ руб.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$3_{об}^б = 50,38 + 10,67 = 61,05 \text{ руб.}$$

$$3_{об}^{пп} = 212,54 + 26,12 = 147,66 \text{ руб.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

$$3_{площ} = \frac{Ц_{площ} * S_{площ} * Ha_{площ} * t_{шт}}{\Phi_{\phi} * 100 * 60} \quad (5.33)$$

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

$Ha_{площ}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;

$S_{площ}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м^2 ;

$$3\overset{\delta}{\text{площ}} = \frac{3000*8*2*358,04}{1812*100*60} = 1,58 \text{ руб.}$$

$$3\overset{np}{\text{площ}} = \frac{3000*11*2*266,84}{1812*100*60} = 1,61 \text{ руб.}$$

Фонд заработной платы основных рабочих

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛосн} + \text{ЗПЛдоп.} \quad (5.34)$$

Затраты на основную заработную плату.

$$\text{ЗПЛосн} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (5.35)$$

где $C_{\text{ч}}$ – часовая тарифная ставка рабочего, руб/час;

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

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{np} * k_{\text{вн}} * k_y * k_{n\phi} * k_h \quad (5.36)$$

где $k_{np} = 1,25$ – коэффициент премирования;

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

$k_y = 1,1$ – коэффициент доплат за условия труда;

$k_{n\phi} = 1,067$ – коэффициент доплат за профессиональное мастерство;

$k_h = 1,133$ – коэффициент доплат за работу в вечерние иочные смены.

$$k_{\text{зпл}} = 1,25 * 1,1 * 1,1 * 1,057 * 1,133 = 1,81$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{Б}} = 5,967 \cdot 74,89 \cdot 1,81 = 808,83 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}}^{\text{ПР}} = 4,447 \cdot 53,16 \cdot 1,81 = 427,88 \text{ руб.}$$

Для расчёта определения дополнительной заработной платы используем формулу:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}} = \frac{k_{\text{д}}}{100} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} \quad (5.37)$$

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

$$ЗПЛ_{доп}^Б = 808,83 \cdot 10 / 100 = 80,88 \text{ руб.}$$

$$ЗПЛ_{доп}^{ПР} = 427,88 \cdot 10 / 100 = 42,78 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗПБ = 808,83 + 80,88 = 889,71 \text{ руб.}$$

$$\PhiЗППР = 427,88 + 42,78 = 470,66 \text{ руб.}$$

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

$$Осн = \PhiЗП \cdot Нсоц / 100 \quad (5.38)$$

где Нсоц – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, 30 %.

Подставив в (5.38) необходимые значения, получим:

$$O_{CH}^B = 889,71 \cdot 30 / 100 = 266,91 \text{ руб.}$$

$$O_{CH}^{ПР} = 470,66 \cdot 30 / 100 = 141,20 \text{ руб.}$$

Расчётное определение величины технологической себестоимости производим на основании зависимости:

$$Стех = ЗМ + Зэ-э + Зоб + Зпл + \PhiЗП + Осн \quad (5.39)$$

Подставив в (5.39) необходимые значения, получим:

$$C_{TEХ}^B = 16374,00 + 84,70 + 61,05 + 1,58 + 889,71 + 266,91 = 17677,95 \text{ руб.}$$

$$C_{TEХ}^{ПР} = 16416,00 + 177,50 + 147,66 + 1,61 + 470,66 + 141,20 = 17354,63 \text{ руб.}$$

5.5 Цеховая себестоимость

Расчётное определение величины цеховой себестоимости производим на основании зависимости:

$$С_{цех} = Стех + Р_{цех}; \quad (5.40)$$

где Р_{цех} – сумма цеховых расходов, руб.

$$Р_{цех} = Зосн \cdot к_{цех} \quad (5.41)$$

где к_{цех} – коэффициент цеховых расходов, 2,5;

Зосн – основная заработная плата рабочих, руб.

Подставив в (5.41) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{Б}} = 17677,95 + 808,83 * 2,5 = 17677,95 + 2022,07 = 19700,02 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЦЕХ}}^{\text{ПР}} = 17354,63 + 427,88 * 2,5 = 17354,63 + 1069,70 = 18424,33 \text{ руб.}$$

5.6 Заводская себестоимость

Расчётное определение величины заводской себестоимости производим на основании зависимости:

$$C_{\text{Зав}} = C_{\text{ЦЕХ}} + P_{\text{Зав}} = C_{\text{ЦЕХ}} + k_{\text{Зав}} \cdot Z_{\text{ОСН}} \quad (5.42)$$

где $P_{\text{Зав}}$ – сумма заводских расходов, руб.

$k_{\text{Зав}}$ – коэффициент общезаводских расходов, 1,8

Подставив в (5.42) необходимые значения, получим:

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{Б}} = 19700,02 + 808,83 * 1,8 = 19700,02 + 1455,89 = 21155,91 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{ЗАВ}}^{\text{ПР}} = 18424,33 + 427,88 * 1,8 = 18424,33 + 770,18 = 19194,51 \text{ руб.}$$

Результаты выполненных расчетов обобщим в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Калькуляция себестоимости изготовления одного корпуса

№ п/п	Показатели	Усл. обозн	Калькуляция, руб.	
			базов	Проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	16374,00	16416,00
2	Фонд заработной платы	ФЗП	889,71	470,66
3	Отчисления на социальные нужды	О _{СН}	266,91	141,20
4	Затраты на оборудование	Зоб	61,05	147,66
5	Затраты на площади	Зпл	1,58	1,61
	Себестоимость технологическая	Стех	17677,95	17354,63
6	Цеховые расходы		2022,07	1069,70
	Себестоимость цеховая	Сцех	19700,02	18424,33
7	Заводские расходы		1455,89	770,18
	Себестоимость заводская	Сзав	21155,91	19194,51

5.7 Расчет экономической эффективности проекта
 Величину условно-годовой экономии (ожидаемой прибыли) определим по формуле:

$$Пр_{ож.} = \mathcal{E}_{y.g.} = \left(C_{зас}^{\delta} - C_{зас}^{np} \right) \cdot N_{np} \quad (5.43)$$

$$\mathcal{E}_{y.g.} = (21155,91 - 19194,51) \cdot 100 = 196139,50 \text{ руб.}$$

Для определения размера годового экономического эффекта воспользуемся формулой

$$\mathcal{E}_\Gamma = [(C_{зас}^E + E_H \cdot K_{уд}^E) - (C_{зас}^{PP} + E_H \cdot K_{уд}^{PP})] \cdot N_{пр} \quad (5.44)$$

$$\mathcal{E}_\Gamma = [(21155,91 + 0,33 \cdot 220,50) - (19194,51 + 0,33 \cdot 741,40)] \cdot 100 = 178182,5 \text{ руб.}$$

Величину показателя снижения трудоемкости определим с использованием формулы:

$$\Delta t_{шт} = \frac{t_{штБ} - t_{штПР}}{t_{штБ}} \cdot 100\% \quad (5.45)$$

Подставив в (5.45) необходимые значения, получим:

$$\Delta t_{шт} = \frac{5,967 - 4,447}{5,967} \cdot 100\% = 52\%$$

Величину показателя увеличения производительности труда определим по формуле:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot \Delta t_{шт}}{100 - \Delta t_{шт}} \quad (5.46)$$

Подставив в (5.46) необходимые значения, получим:

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 52}{100 - 52} = 108\%$$

Величину срока окупаемости дополнительных капитальных вложений определим по формуле:

$$T_{ок} = \frac{\text{Кобщпр}}{\mathcal{E}_{y\Gamma}} \quad (5.47)$$

$$T_{OK} = \frac{148280}{392279,20} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

$$Ecp = 1/T_{OK} = 1/0,5 = 2. \quad (5.48)$$

5.8 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 52 %, увеличение производительности труда на 108 %. Расчётная величина условно-годовой экономии составила 196139,5 рублей. Величина годового экономического эффекта, полученная с учетом затрат на капитальные вложения в оборудование, составила 178182,5 рублей. Капитальные вложения в оборудование размером 183920 рублей будут окуплены за 0,5 года.

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

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детальный анализ базовой технологии сварки балки крана полярного показал, что причиной главных его недостатков является высокий уровень остаточных напряжений.

В работе рекомендован способ снижения остаточных напряжений, позволяющий увеличить производительность.

Разработан технологический процесс сварки с применением специализированной установки Вепрь.

Применение установки для снижения остаточных напряжений позволяет повысить производительность труда, снизить затраты на заработную плату, так как можно применить рабочего меньшего разряда.

При внедрении результатов бакалаврской работы предполагается получить годовой экономический эффект в размере 178182,5 руб. 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. 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.
3. 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..
4. Справочник конструктора и технолога / сост. В. М. Михин, Б. Е. Кобызев, В. В. Михайленко. - Королев : ЦНИИМАШ, 2000. - 582 с.
5. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. - Изд. 2-е, перераб / В. А. Щекин - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
6. 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.
7. Прыкин Б. В. Технология металлов и сварки : учеб. для вузов по спец. "Пр-во строит. изделий и конструкций" / Б. В. Прыкин. - Киев : Вища шк., 1978. - 240 с. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
8. Сахно К. В. Технология сварки металлов: учебник для вузов [Текст] / К. В. Сахно. - Киев : Вища школа, 1977. - 180 с.
9. Жерносеков А.М. Импульсно-дуговая сварка плавящимся электродом (Обзор) / А.М. Жерносеков, В.В. Андреев // Автоматическая сварка. – 2007. – № 10. – С. 48–52.
10. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимириова. – М.: МЧС России, 1995.

11. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
12. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
13. Рыбаков В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ [Текст] / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
14. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
15. Михлюк С. П. Технология и оборудование для сварки плавлением : учеб. пособие для вузов. [Текст] / С. П. Михлюк - Ростов н/Д. : Феникс, 2002. - 215 с.
16. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. – М.: Машиностроение, 1979 – 319 с.
17. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. – М.: Машиностроение, 1991 – 527 с.
18. Клюев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] / В.В. Клюев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
19. Александров А.Р. Источники питания для дуговой сварки [Текст] / А.Р. Александров, В.С. Милютин. - М.: Машиностроение, 1982-427 с.
20. Золотоносов Я. Д. Сварочное производство. Современные методы сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Я. Д. Золотоносов, И. А. Крутова ; Казан. гос. архит.-строит. ун-т. - Казань : КГАСУ, 2016. - 216 с.
21. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
22. Марфин К. С. Источники питания сварочной дуги : учеб. пособие [Текст] / К. С. Марфин. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2000. - 172 с.
23. Гитлевич А.Д., Этиоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этиоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.

24. 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.