

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование)

15.03.01 «Машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Оборудование и технология сварочного производства»

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Технология сборки и сварки фланцев корпуса барабанной мельницы

Студент

А.А. Устюгова

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент А.Л. Федоров

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

Консультанты

к.э.н., доцент О.М. Сярова

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

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

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

Тольятти 2020

Аннотация

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке фланцев барабана мельниц за счет применения передовых технических решений.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Подобрано оборудование позволяющее вальцевать металлопрокат требуемых габаритов;
2. Разработан технологический процесс соединения секторов, позволяющий исключить операцию термообработки после сварки, подобрано необходимое для его реализации оборудование и сконструирована оснастка.
3. Предусмотрены мероприятия для защиты жизни и здоровья производственного персонала.
4. Произведена экономическая оценка мероприятий технического характера, разработанных в проекте.

Пояснительная записка содержит 57 стр., 8 рисунков, 7 таблиц.

Существующий технологический процесс электрошлаковой сварки фланцев барабана мельницы характеризуется низкой производительностью вспомогательных операций.

Анализ существующих технических решений показал, что применение мощных вальцов и квадратных прутков сечением 145x145 мм позволяет получать два сектора вальцовкой прутка. Параллельно, при этом, сокращается количество сварных швов до 2х.

Исключили операцию термообработки после сварки применив горизонтальные виброколебания сварочной проволоки.

Разработан технологический процесс изготовления фланца, в котором существенно снижено время на изготовление секторов фланца.

Произведена оценка экономической эффективности.

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	6
1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации	6
1.2 Анализ свойств материала	9
1.3 Анализ применяемой технологии изготовления фланцев	11
1.4 Задачи работы.....	18
2 Разработка технологического процесса сварки	20
3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта.....	27
3.1 Характеристика разработанного технического объекта	27
3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений.....	28
3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков	29
3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.....	30
3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды.....	32
3.6 Заключение по разделу	33
4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений. 35	
4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов	35
4.2 Расчет штучного времени.....	38
4.3 Расчет затрат на новое оборудование	39
4.4 Расчет технологической себестоимости	43
4.6 Выводы по разделу.....	52
Заключение	53
Список используемых источников.....	54

Введение

Для использования при выработке электроэнергии на тепловых электростанциях угля, лигнита и торфа их необходимо измельчить. Общий принцип измельчения в таких случаях – механическое воздействие на породу. Применяется на многих тепловых станциях размольное оборудование завода Тяжмаш, в том числе и барабанные мельницы. При изготовлении отдельных узлов барабанных мельниц приходится соединять детали больших толщин. На заводе Тяжмаш для этих целей успешно применяется электрошлаковая сварка. Внедрение в производственные условия технологии электрошлаковой сварки позволяет исключить из производственного цикла уникальное и крупногабаритное оборудование для литья,ковки и механической обработки.

Однако модернизация вспомогательных операций, сопутствующих процессу ЭШС, является для завода актуальной. Так заготовки фланца барабана мельниц вырезаются из листового металлопроката ацетиленокислородной резкой. Толщина листов составляет 130 мм и более. Данный технологический прием характеризуется низкими значениями производительности. Также характеризуется низкими значениями производительности и операция термообработки после сварки. Применение данной операции в технологическом цикле изготовления фланцев необходимо для уменьшения остаточных напряжений. Однако диаметр сваренного фланца превышает 3000 мм, что делает в производственных условиях завода Тяжмаш невозможной общую термообработку. Применяется местная термообработка, нагрев газовыми горелками до температур 350-400°С.

Направления модернизации применяемой на предприятии технологии изготовления фланцев могут быть следующими. Фланец до механической обработки имеет габариты в сечении 140x125 мм. Однако ГОСТ 2591-88 предусматривает габариты поперечного сечения квадратных прутков до 200

мм. Таким образом, возможна замена технологии вырезки сектора из листового проката на технологию обработки давлением прутков. Однако для деформации стального изделия толщиной 150 мм требуются специальные вальцы высокой мощности.

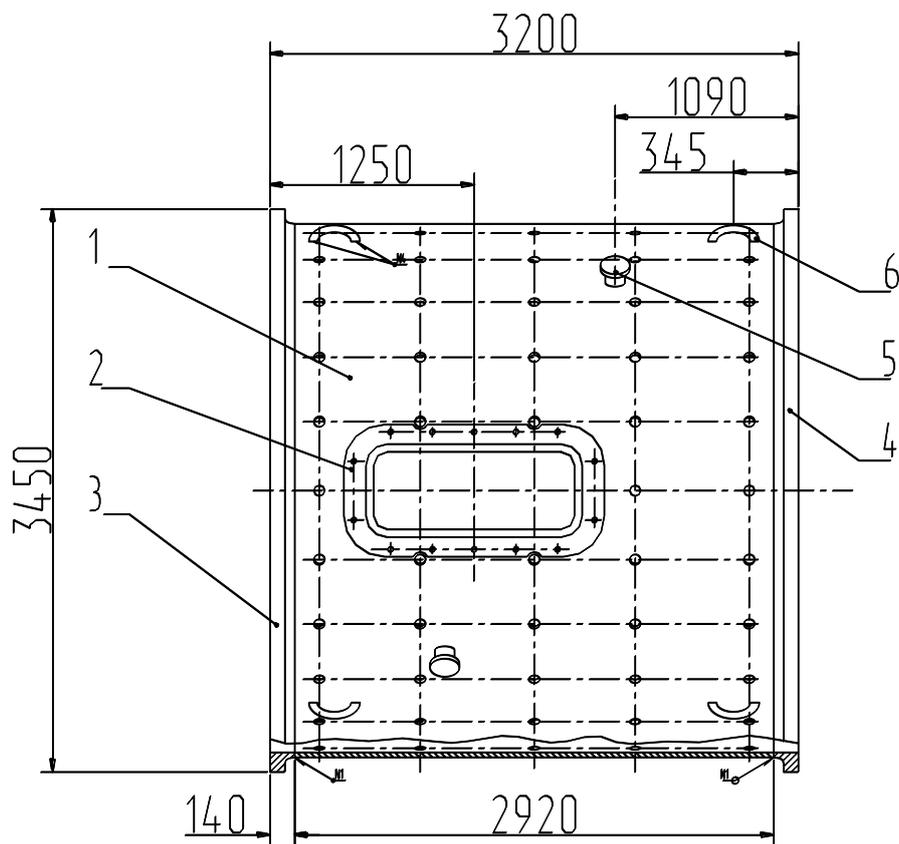
Исключить операцию термической обработки можно применив воздействие на сварочную ванну непосредственно в процессе выполнения сварного шва. Анализ литературных данных показывает, что исследования в данном направлении учеными выполнялись и их результаты нашли практическое применение. В качестве воздействия применяли, преимущественно, механические колебания.

Таким образом, мы можем определить цель настоящей работы – повышение производительности при сварке фланцев барабана мельниц за счет применения передовых технических решений.

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Описание изделия и условий его эксплуатации

Мельницы применяют на электростанциях для размола топлива. В отличие от дробилок они измельчают топливо до более мелких фракций. На практике применяется множество разновидностей мельниц, однако на электростанциях применяют, преимущественно шаровые мельницы с загрузкой через решетку, например МШР 3200x3800. Внутренний диаметр барабана данной мельницы составляет 3200 мм, при длине барабана 3800 мм, рисунок 1.1. В течение часа данная мельница перерабатывает от 42 до 122 тонн продукта.



1 – обечайка; 2 – люк; 3 – фланец; 4 – фланец; 5 – захват; 6 – скоба.

Рисунок 1.1 – Общий вид барабана мельницы.

К преимуществам шаровых мельниц следует отнести:
возможность регулирования размера измельченных частиц;

обеспечение постоянства размера измельченных частиц;
простая конструкция мельницы;
в процессе измельчения перерабатываемый продукт можно подсушивать;
измельчать можно породы разной твердости.

Главные недостатки шаровых мельниц обусловлены необходимостью заполнять рабочий объем до 45% шарами. Для рассматриваемой мельницы вес шаров достигает 15-20 тонн. Отсюда необходимость значительного пускового момента и значительного расхода энергии при работе мельницы. Кроме того, перекатывающиеся шары издают значительный шум. В процессе работы шары изнашиваются, и их периодически заменяют новыми.

Мельницы эксплуатируются в двух режимах работы, каскадном, при малом числе оборотов барабана и водопадном, при большом числе оборотов барабана, рисунок 1.3. При каскадном режиме работы шары перекатываются и измельчают продукт за счет раздавливающих и истирающих усилий. При водопадном режиме работы шары поднимаются вверх и затем падают вниз. Продукт измельчается за счет ударных воздействий.

Общий вид фланца барабана мельницы приведен на рисунке 1.2.

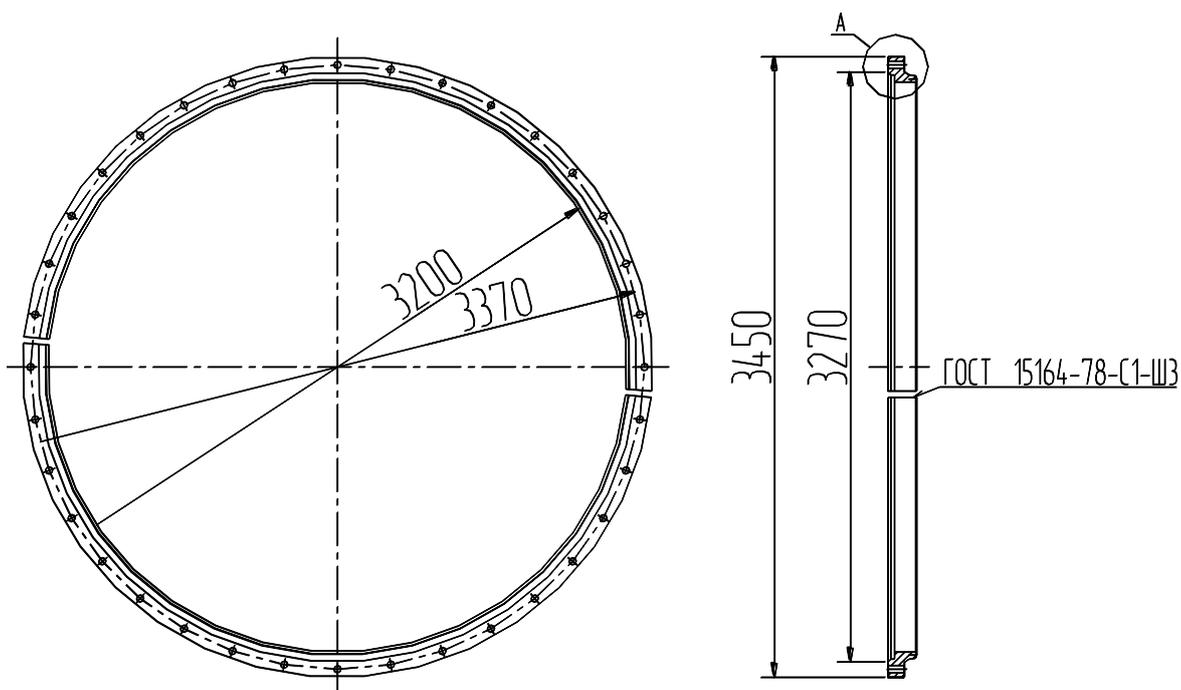
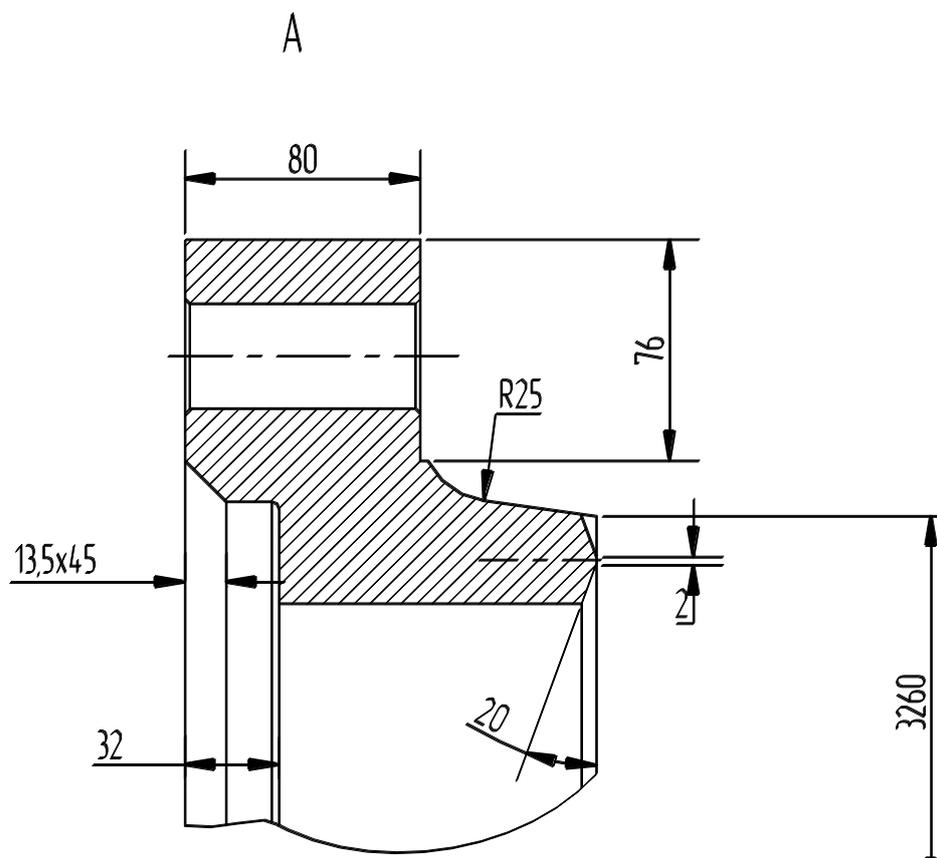


Рисунок 1.2 – Общий вид фланца мельницы

На рисунке 1.3 показан вид А.



Наружный диаметр 3450 мм, внутренний 3200 мм. Во фланце выполнено 32 отверстия диаметром 39 мм. Согласно применяемой на предприятии технологии заготовка фланца выполнена из 4х секторов, соединенных между собой электрошлаковой сваркой согласно ГОСТ 15164-78, тип соединения С1.

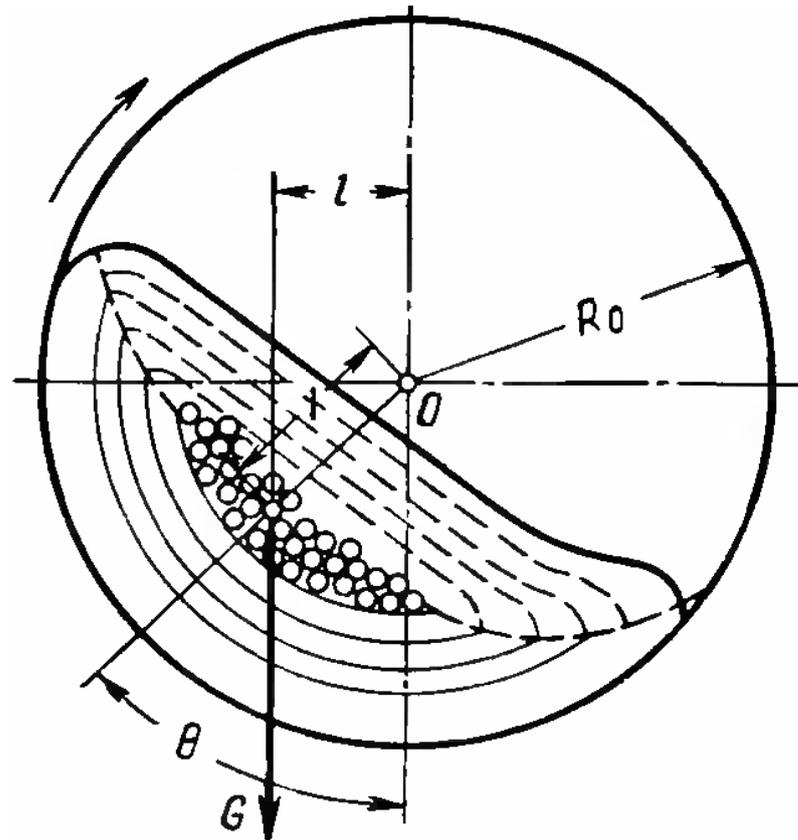


Рисунок 1.4 – Схема каскадного режима работы

1.2 Анализ свойств материала

Для изготовления обечаек и фланцев барабана мельниц типа МШР применяют сталь 09Г2С.

Химический состав указанной стали, и, соответственно, механические свойства приведены в таблицах 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Химический состав в % стали 9Г2С, (Fe – остальное)

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,3

Таблица 1.2 – Механические свойства стали 09Г2С, при температуре 20°С

σ_b	σ_T	δ_5	ψ	НВ
МПа	МПа	%	%	
470	325	22	25	166-198

Рассмотрим свариваемость данного материала. Анализ свариваемости стали 09Г2С позволит выбрать подходящие способы и режимы сварки. Согласно применяемым на практике методикам оценки свариваемости материалы, не способные соединяться сваркой одним способом могут быть успешно соединены другим способом. Или посредством применения специальных технологических приемов. Это следует из того, что методики оценки свариваемости учитывают свойства свариваемого материала, технологию сварки, конструктивные особенности сварного узла и особенности его эксплуатации.

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

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

Подытоживая можно сделать вывод, что одним способом сварки может обеспечить свариваемость материала для одних условий эксплуатации, но для других условий эксплуатации тот же способ свариваемость не обеспечит. Также можно сделать вывод, что при одних эксплуатационных требованиях одна конструкция сварного соединения обеспечивает их выполнение и материал свариваемостью обладает. А при другой конструкции эксплуатационные требования не выполняются и материал может быть признан не обладающим свариваемостью.

Поэтому применяемые для оценки свариваемости методики характеризуются комплексностью. Тем не менее, при количественной оценке свариваемости в расчетных формулах, в первую очередь, учитывается содержание тех или иных химических элементов в

соединяемом материале. При определении свариваемости, например, сталей, выполняют расчет т.н. углеродного эквивалента. Для низкоуглеродистых и низколегированных сталей расчет углеродного эквивалента выполняют по следующей зависимости [8]:

Согласно расчетов сталь обладает свариваемостью, если значения углеродного эквивалента не превышают 0,25. Выполненные для стали 09Г2С расчеты углеродного эквивалента показывают на ее хорошую свариваемость.

1.3 Анализ применяемой технологии изготовления фланцев

Как было указано выше, сектора фланцев вырезают из листового металлопроката толщиной 130 мм. Начальные операции заключаются во входном контроле проката. Выполняется осмотр листов и проверка сопроводительной документации – сертификаты завода изготовителя. С учетом того, что из выпускаемого промышленностью металлопроката согласно ГОСТ 19903-2015 листы толщиной 130 мм и выше выпускают при минимальной ширине 1250 мм минимальная длина 2500 мм, максимальная длина 9000 мм; при максимальной ширине 3600 мм максимальная длина 8000 мм при максимальной ширине 3600 мм. Следовательно, для обеспечения осмотра листа необходимо применение мостового крана.

После выполнения операция входного контроля листов переходим к заготовительным операциям. Сначала лист подвергают правке в гибочных вальцах. При этом требования к качеству листа после правки достаточно высокие, на один погонный метр допускается волнистость не более 3 мм. Затем выполняется операция наметки. Требования к качеству выполнения данной операции также высокие. Разряд рабочего не ниже 5го. Наметка выполняется мелом с помощью рулетки и шаблонов.

После контроля наметки вырезают 4 сектора будущего фланца. При этом используется резак ГРМ-150, максимальная толщина разрезаемого им

металла достигает 150 мм. После резки выполняют зачистку кромок абразивными кругами.

Также к подготовительным операциям следует отнести операции прокаливания флюса и электродов. Электроды УОНИ 13/45 применяются для выполнения прихваток. Согласно рекомендациям завода изготовителя данные электроды прокаливают в течение часа при температуре 250-300°C.

Флюс применяют АН-8. Это специализированный флюс – для электрошлаковой сварки. Основу флюса составляют оксиды кремния и марганца. Флюс содержит оксид кремния около 35% по весу и оксид марганца около 25% по весу. Дополнительно флюс содержит оксид алюминия в количестве примерно 15% и фтористый кальций примерно 15%. Кроме того содержит флюс примерно 5% оксида магния и 5% оксида кальция, и в пределах 2% оксид железа. Прокалка данного флюса выполняется в течение 2х часов при температуре 400-450°C.

Непосредственно перед сборкой секторов под сварку на стенде выполняется зачистка подготовленных под сварку кромок и их обезжиривание. Для обезжиривания применяют ацетон технический ГОСТ 2768-84.

Сборка под сварку выполняется в следующей последовательности. На плиту универсального сборочного приспособления устанавливают кубари. Затем на кубари устанавливают четыре сектора первого фланца. При этом, должен быть выдержан сварочный зазор 28 мм. Для обеспечения при сборке требуемых размеров и фиксации секторов относительно друг друга, применяют упоры, стяжки, клинья, распорки. Для фиксации секторов относительно друг друга в процессе сварки используют скобы, рисунок 1.5. Толщина металла, из которого выполнены скобы составляет 30-50 мм. Расстояние между скобами устанавливают 500-800 мм вдоль завариваемого зазора между заготовками. Скобы и планки приваривают односторонними угловыми швами. Швы следует располагать не ближе 80 мм от кромок заготовок.

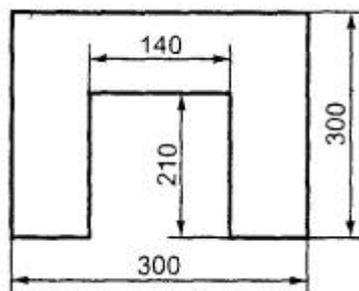


Рисунок 1.5 – Скоба для фиксации деталей при сборке

После контроля геометрических параметров собранного фланца выполняют прихватки ручной дуговой сваркой штучными электродами. Электроды для прихваток применяют УОНИ 13/45. Диаметр электродов 4 мм. Сварка электродами УОНИ выполняется на постоянном токе при обратной полярности. Сила тока должна составлять 160-200 А. Расстояние между прихватками выдерживают 150-200 мм, при длине прихватки 40-50 мм.

Затем устанавливают входные и выходные карманы и выполняют их прихватку. Прихватку выполняют, как было указано выше. Входные и выходные карманы изготавливают из стального листа толщиной 50-100 мм.

Для прихватки применяют следующее оборудование. Аппарат для сварки способом ММА сварог ARC 250 (Z285), рисунок 1.5. К достоинствам аппарата следует отнести возможность применения при методе TIG сварки. При максимальной силе сварочного тока 250 А, что позволяет вести сварку покрытыми электродами диаметром 5 мм, вес аппарата составляет 13 кг. К некоторому недостатку следует отнести необходимость сети питания напряжением 380 В.

После выполнения прихваток выполняется предварительный подогрев до температуры 250-300°C. Греют карманы и свариваемые кромки. В качестве источника нагрева используют ацетилено-кислородное пламя. Температура нагрева контролируется при помощи термокарандашей Tempilstik, рисунок 1.7.



Рисунок 1.6 – Общий вид аппарата сварог ARC 250 (Z285)

Затем на стык монтируют аппарат для электрошлаковой сварки А-1062. Внутри стыка устанавливают мундштук. Устанавливают формирующие устройства (ползуны). Ползуны изготовляют из меди марок М1 и М2 по ГОСТ 859-2014. Их рабочие поверхности должны соответствовать требованиям ГОСТ 15164-78. Чтобы исключить вытекание расплавленного металла и шлака из завариваемого зазора рабочие поверхности ползунов должны плотно прилегать к свариваемым кромкам. Поскольку ползуны контактируют с металлом имеющим температуру свыше 1500°С через выполненные в них полости пропускают охлаждающую воду.

Выполняют засыпку флюса АН-8 на дно стартового кармана слоем толщиной примерно 50 мм. Прокаленный флюс подлежит хранению и транспортировке на участок сварки в закрытой таре. Следующий этап – возбуждение дуги. На электрод и фланец подается напряжение и между концом электрода и дном стартового кармана зажигается электрическая дуга. В процессе горения дуги выделяющееся тепло плавит флюс, образующийся жидкий шлак шунтирует сварочный ток. Дуга гаснет, сварочный ток проходит через жидкий шлак, при этом выделяется тепло. Оператор сварочной установки должен контролировать уровень шлака и добавлять при необходимости флюс.



Рисунок 1.7 - Термокарандаши

Режимы электрошлаковой сварки характеризуются высокими значениями сварочного тока - 1000 А. Обеспечить такую силу сварочного тока и нужную вольтамперную характеристику (жесткую) может специализированный источник. На предприятии используют трансформатор ТШС-1000-3. Данный источник обеспечивает питание 3х электродов, максимальная сила тока в каждом до 1000 А. Регулировка величины вторичного напряжения ступенчатая и реализуется переключением секций первичной и вторичной обмоток. Переключение секций вторичной обмотки обеспечивается переключением. Переключение секций первичной обмотки обеспечивается дистанционно, контакторами.

Ранее было указано на один из недостатков электрошлаковой сварки – сложность останова и рестарта. Поэтому режим работы трансформатора длительный и обеспечивается воздушно-принудительным охлаждением. Питающая сеть трехфазная, напряжением 380В (50 Гц). Габариты данного источника питания - 1430x970x1750мм. Масса - 1250кг.

Скорость подачи сварочной проволоки установлена 100 м/час, скорость перемещения ползунов составляет 0,4 м/час.

По окончании сварки одного стыка переставляют автомат на диаметрально противоположный стык и в указанной последовательности выполняют его сварку.

После выполнения всех 4х швов автомат демонтируется и выполняется термообработка. Горелками греют сварной шов и околошовную зону на расстоянии 100 мм от сварного шва в течение 30 минут до температуры 350-400°С. Величина температуры контролируется посредством термокарандашей.

Завершающая операция удаление входных и выходных карманов. Выполняется кислородной резкой. Применяется то же оборудование, что и при врезке секторов, резак ГРМ-150.

После чего сваренный фланец передается на операцию выходного контроля. Для технологии электрошлаковой сварки характерными дефектами

являются непровары. Они возможны как по двум кромкам, так и по одной кромке. Могут быть местные непровары у поверхности соединяемых элементов и по середине шва. Причиной непровара по двум кромкам является недостаточная шириной шва или высокая скорость сварки. Причиной непровара по одной кромке - смещение электрода от оси сварного шва. Местные непровары обусловлены значительным расстоянием от электрода до ползуна. Непровары удаляются и выполняется повторная сварка.

Как было указано выше технология изготовления фланцев нуждается в модернизации. Наиболее радикальный вариант модернизации, замена способа сварки, вряд ли может быть рациональным. Из применяемых в промышленности способов сварки для изделия указанных геометрических параметров возможно применение дуговой сварки. Хотя дуговая сварка штучными электродами регламентирована ГОСТ 5264-80, который разрешает для стыкового соединения С26 сварку толщин до 175 мм, сварка будет выполняться многопроходная, в то же время электрошлаковая сварка позволяет получить соединение за один проход. Другим недостатком способа ручной дуговой сварки штучными электродами является ограниченная длина присадки. Устранить указанный недостаток можно применив присадку большой длины, намотанную в виде бухты. Однако данный вариант решения проблемы также требует выполнения множества проходов.

В целом, можно сделать вывод, что замена способа электрошлаковой сварки для данного изделия не рациональна.

Анализ подготовительных операций показывает следующее. Для рационального раскроя листа подходящей толщины вырезают кислородной резкой сектора в 90°. Вариант, при котором сектора располагают на листе последовательно, друг за другом, позволяет получить минимальное количество отходов. Но затем, для получения фланца требуется 4 сварных шва. Кроме того, вырезка секторов из листового металла кислородной резкой характеризуется низкой производительностью.

Анализ выпускаемого промышленностью металлопроката показывает, что квадратный пруток размером 145x145 мм после соответствующего изгиба может быть использован для получения сваркой заготовки фланца. Однако, для того, чтобы получить из такого прутка окружность нужны вальцы соответствующей мощности.

Также отрицательной стороной применяемой технологии является необходимость применения термообработки выполненного сварного соединения. Применение в технологическом процессе послесварочной термообработки обеспечивает нужную структуру наплавленного металла и снижает величину остаточных напряжений.

Однако анализ научных работ, посвященных способу электрошлаковой сварки показывает, что получить нужную структуру сварного шва и уменьшить остаточные напряжения можно непосредственно в процессе сварки действуя на расплавленный металл вибрацией. При этом не требуются затраты времени на операцию термообработки. [18]. В данной работе было показано, что применение вибрации частотой 78-123 герц обеспечивает измельчение грубой дендритной структуры слитков, получаемых методами электрошлакового переплава.

1.4 Задачи работы

Цель настоящей работы – повышение производительности при сварке фланцев барабана мельниц за счет применения передовых технических решений. Результатом анализа установлено, что замена способа электрошлаковой сварки на любой дуговой способ сварки не представляется целесообразной. Однако есть варианты модернизации технологии путем внесения изменений в подготовительные операции. Так применив мощные вальцы можно гнуть два полукольца фланца из прутков сечением 145x145 мм. При этом количество сварных соединений уменьшается в 2 раза.

Другим направлением модернизации технологического процесса может стать применение вибрации в процессе наложения сварного шва,

обеспечивающей измельчение структуры, и, за счет этого, исключение последующее термообработки.

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

1. Выбор оборудования (вальцы) обеспечивающего деформацию металла толщиной 145 мм;
2. Выбор оборудования, обеспечивающего подвод к расплавленному металлу виброколебаний частотой примерно 100 герц;
3. Разработка технологического процесса получения сварных соединений с подводом виброколебаний;
4. Анализ предлагаемой технологии на предмет безопасности для жизни и здоровья производственного персонала;
5. Экономическая оценка предложенного варианта модернизации технологического процесса.

2 Разработка технологического процесса сварки

Начальные операции проектного технологического процесса совпадают с операциями базового технологического процесса. За исключением входного контроля металла. Контролируются прутки размером поперечного сечения 145x145 мм. На прутках должны быть клейма, маркировка. Все сопроводительные документы от завода-изготовителя должны быть в полном порядке. Выполняется контроль поверхности прутков на наличие дефектов и повреждений.

В отличие от базового технологического процесса фланцы вальцуем из прутка. Поскольку толщина металла значительная требуются мощные вальцы, например ЕМО 20-100 итальянской фирмы SERTOM. На указанных вальцах выполняется гибка прутка квадратного на полусектор. Оборудование характеризуют значительные габариты, 7000x4470x3480 мм. На валках ЕМО 20-100 выполняется гибка прутка квадратного на полусектор, рисунок 2.1. Поскольку для изготовления фланца требуются 2 полусектора - общее количество сварных швов уменьшается до 2х.

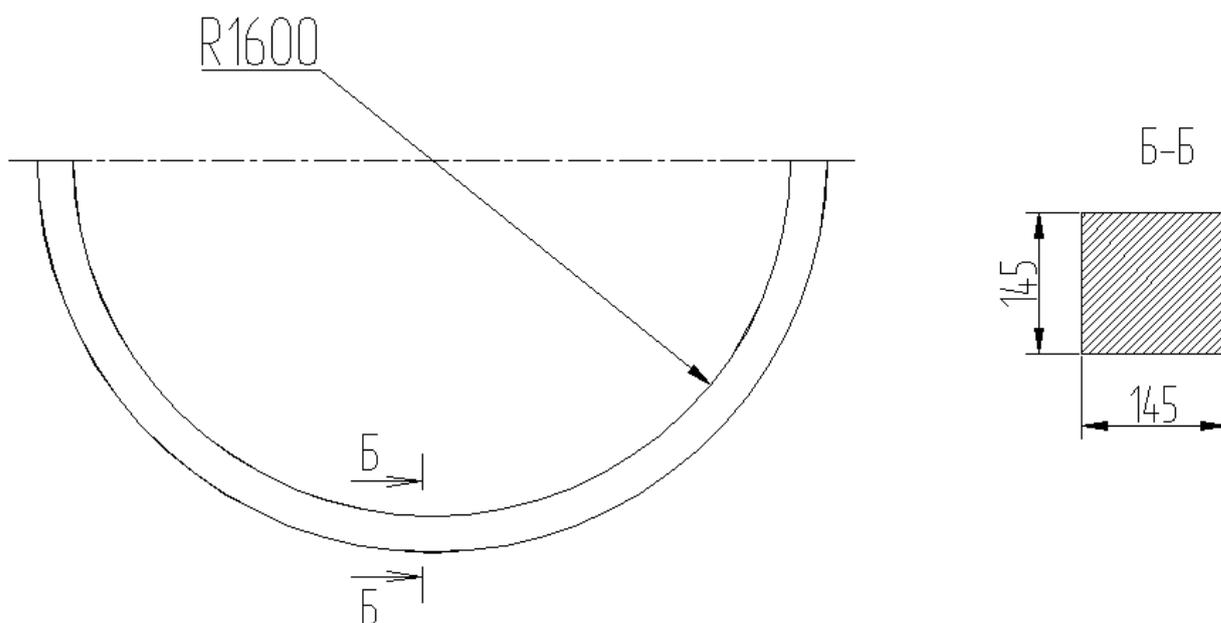


Рисунок 2.1 – Общий вид полусектора

Подготовительная операция выполняется посредством абразивного

круга и напильника. Шероховатость и геометрические параметры свариваемых кромок должны соответствовать требованиям.

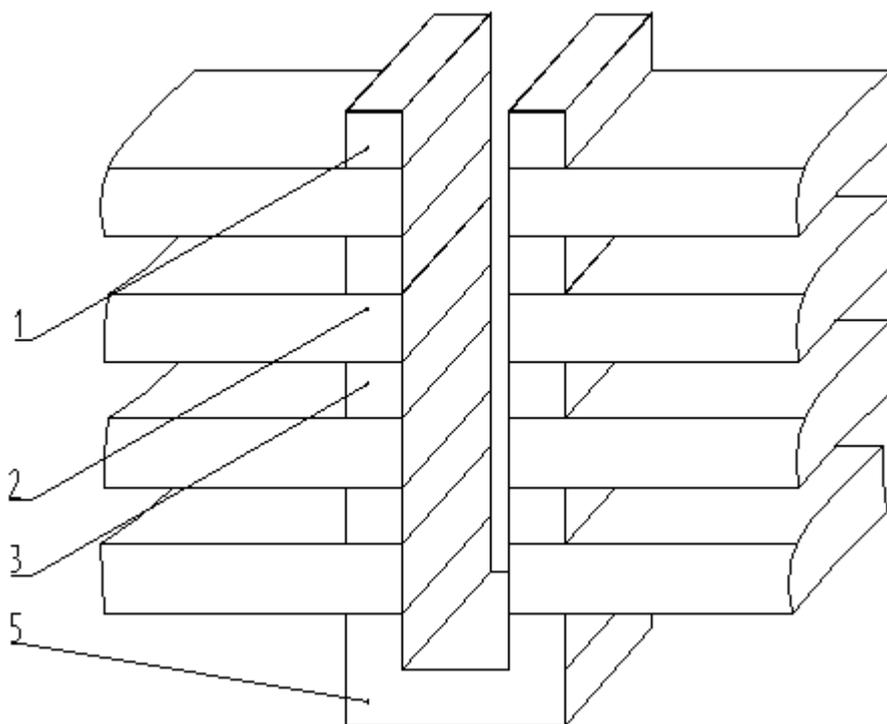
Перед сборкой кромки и прилегающие к ним участки поверхностей зачищают до металлического блеска и обезжиривают.

Затем операция сборки.

Сборка под сварку выполняется в следующей последовательности. На плиту универсального сборочного приспособления устанавливают кубари. Затем на кубари устанавливают два сектора первого фланца. При этом, должен быть выдержан сварочный зазор 28 мм. Для обеспечения при сборке требуемых размеров и фиксации секторов относительно друг друга, применяют упоры, стяжки, клинья, распорки. Для фиксации секторов относительно друг друга в процессе сварки используют скобы, рисунок 2.2.

После контроля геометрических параметров собранного фланца выполняют прихватки ручной дуговой сваркой штучными электродами. Электроды для прихваток применяют УОНИ 13/45. Диаметр электродов 4 мм. Сварка электродами УОНИ выполняется на постоянном токе при обратной полярности. Сила тока должна составлять 160-200 А. Расстояние между прихватками выдерживают 150-200 мм, при длине прихватки 40-50 мм.

Затем устанавливают входные и выходные карманы и выполняют их прихватку. Прихватку выполняют, как было указано выше. Входные и выходные карманы изготавливают из стального листа толщиной 50-100 мм.



1 – выходные планки; 2 – полусектора; 3 – вставки; 4 – карман.

Рисунок 2.2 – Сборка под сварку

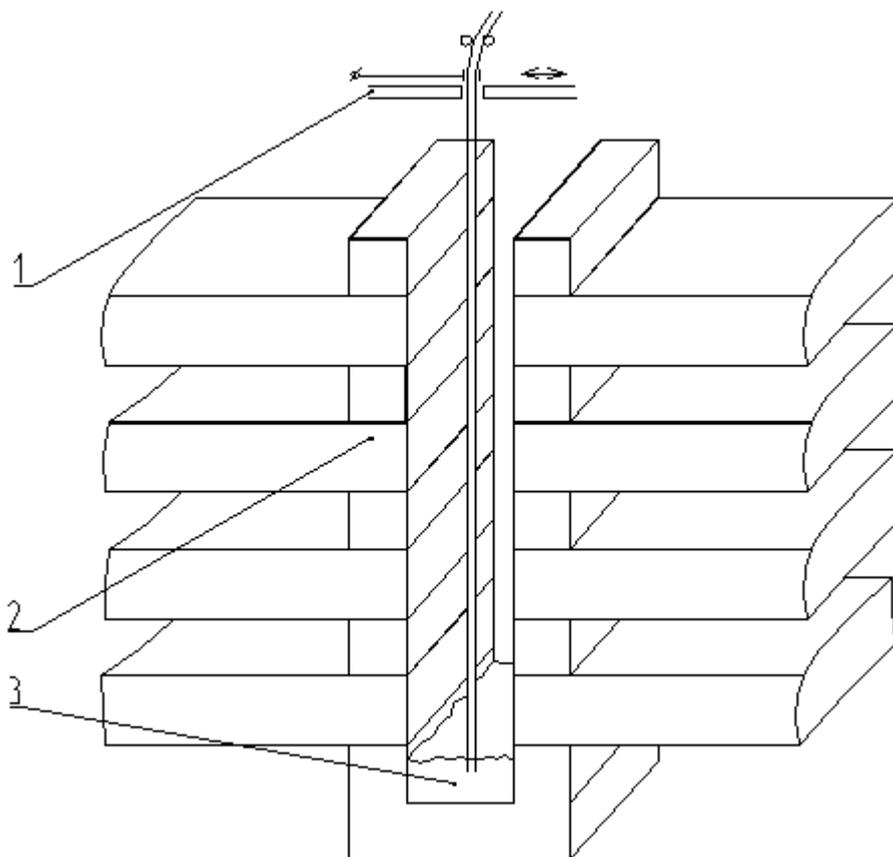
После выполнения прихваток выполняется предварительный подогрев до температуры 250-300°C. Греют карманы и свариваемые кромки. В качестве источника нагрева используют ацетилено-кислородное пламя. Температура нагрева контролируется при помощи термокарандашей Tempilstik

На стык фланца устанавливают аппарат для электрошлаковой сварки с помощью планок, в стык устанавливают мундштук. Насыпают флюс Ан-8. Флюс следует просушить в сушильном шкафу от 3 до 4 ч при температуре, указанной в НД, для конкретной марки флюса.

Транспортирование флюса из склада в цех и по цеху должно осуществляться только в закрытой таре.

Затем на электрод и изделие подается напряжение от источника питания и в промежутке между концом электрода и дном стартового кармана возбуждается электрическая дуга. Под действием тепла дуги начинают плавиться электродная проволока и флюс, образуется малый объем жидкого

шлака. Когда объем жидкого шлака становится достаточно большим, благодаря хорошей его электропроводности значительная часть сварочного тока шунтируется через шлак. Плотность тока в дуге становится недостаточной для ее устойчивого горения, дуга гаснет, и с этого момента процесс переходит в бездуговой (шлаковый). В этот момент следует включить вибрацию. Частоту вибрации установить 78-123 Гц [18]. Вибрация осуществляется в горизонтальной плоскости, рисунок 2.3.



1. Вибровозбудитель; 2. свариваемое изделие; 3. Флюс.

Рисунок 2.3 – Схема сварки

Для обеспечения виброколебаний предложено использовать вибропреобразователь типа В-200, крепить вибропреобразователь посредством разработанного приспособления, рисунок 2.4, 2.5, 2.6. Стойка 1 приспособления выполнена из прутка диаметром 63 мм. Непосредственно вибропреобразователь крепится к фланцам 2, 14. Фланцы закреплены на планке 3, и коромысле 14. к муфте 4 так же крепится коромысло 13. К

коромыслу закреплены направляющая и прокладка для крепления на мундштуке сварочного агрегата. Муфта установлена на стойке 1 с возможностью свободного перемещения. Стойка закреплена на основании 5, которое крепится к станине установки для электрошлаковой сварки.

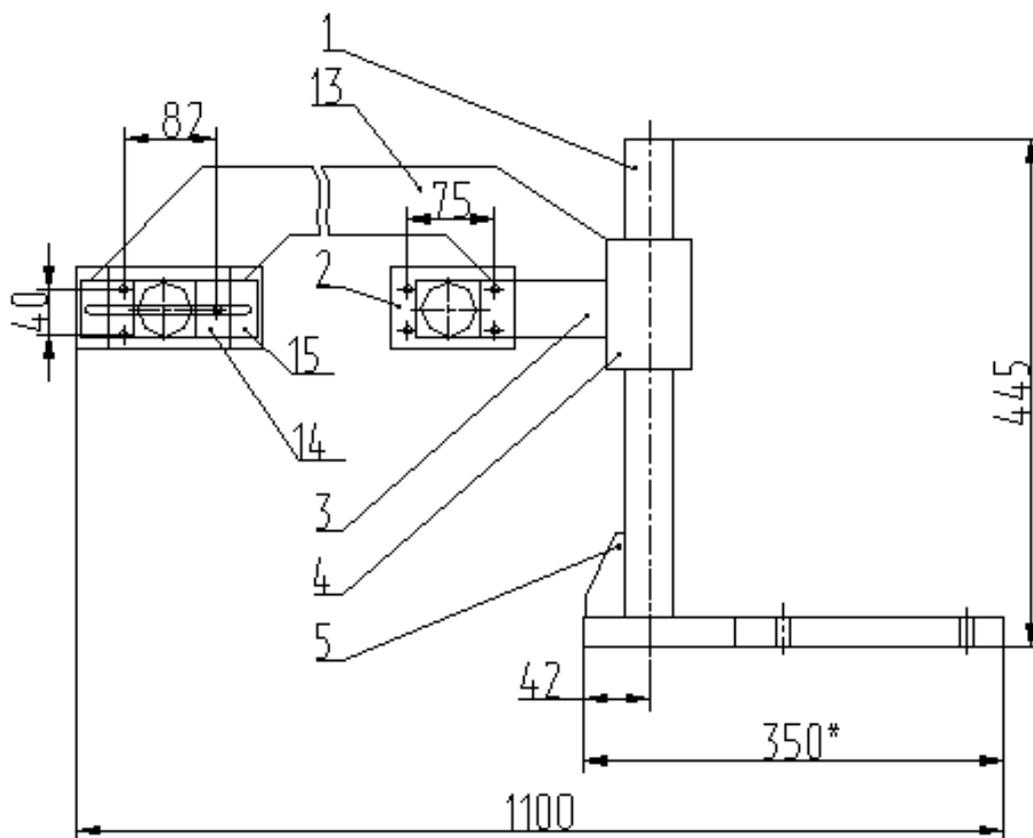


Рисунок 2.4 – Общий вид приспособления

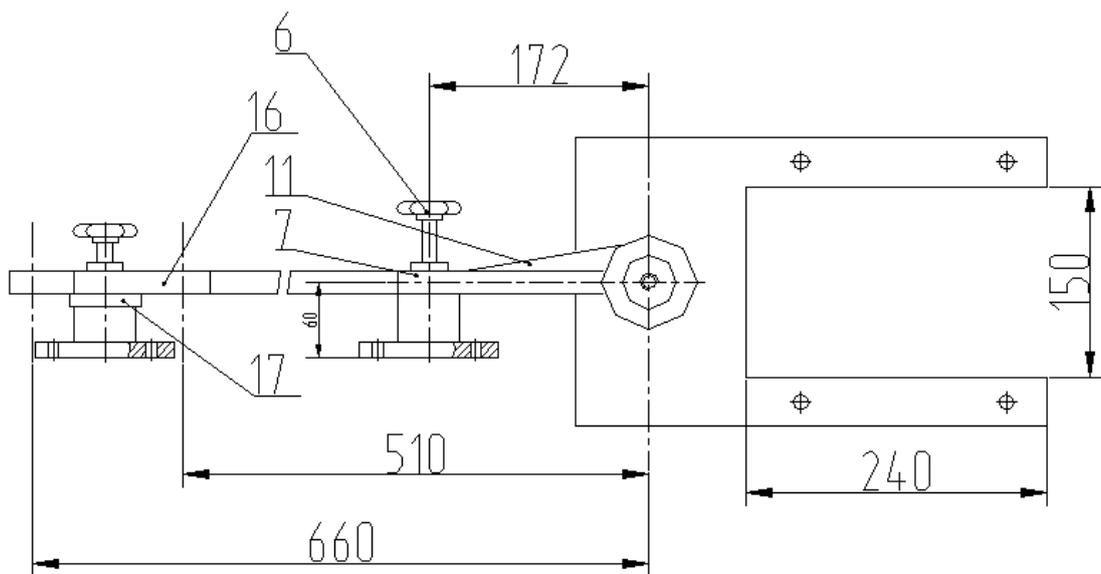


Рисунок 2.5 – Вид приспособления сверху

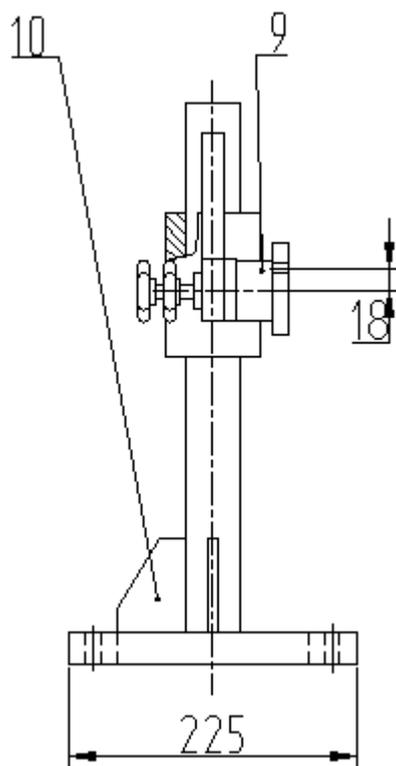


Рисунок 2.6 – Вид приспособления слева

В процессе сварки необходимо периодически следить за уровнем шлака и досыпать при необходимости флюс. Сила тока 1000 А. Скорость

подачи сварочной проволоки установлена 100 м/час, скорость перемещения ползунов составляет 0,4 м/час.

После выполнения сварного шва аппарат отводят в исходное положение.

Затем производят сварку второго шва как указано выше. После выполнения двух швов автомат демонтируется и выполняется термообработка. Горелками греют сварной шов и околошовную зону на расстоянии 100 мм от сварного шва в течение 30 минут до температуры 350-400°С. Величина температуры контролируется посредством термокарандашей.

Завершающая операция удаление входных и выходных карманов. Выполняется кислородной резкой. Применяется то же оборудование, что и при врезке секторов, резак ГРМ-150.

Завершающая операция – контрольная. Она не претерпевает изменений по сравнению с контрольной операцией базового процесса.

3 Безопасность и экологичность разработанного технического объекта

3.1 Характеристика разработанного технического объекта

Тема выпускной квалификационной работы: «Технология сборки и сварки фланцев корпуса барабанной мельницы». При изготовлении отдельных узлов барабанных мельниц приходится соединять детали больших толщин. На заводе Тяжмаш для этих целей успешно применяется электрошлаковая сварка. Внедрение в производственные условия технологии электрошлаковой сварки позволяет исключить из производственного цикла уникальное и крупногабаритное оборудование для литья,ковки и механической обработки. Однако модернизация вспомогательных операций, сопутствующих процессу ЭШС, является для завода актуальной. Разработанные технические мероприятия, обеспечивают повышение производительности труда при сварке фланцев барабанной мельницы. В связи с этим следует выполнить анализ проектной технологии, выявляя опасные и вредные производственные факторы, что позволит оценить безопасность проектной технологии и сделать вывод о возможности внедрения предлагаемых технических решений в производство.

Таблица 4.1 - Технологический паспорт объекта

Наименование выполняемых работ и операций проектного процесса	Должность производственного персонала, требуемого для осуществления техпроцесса	Технические устройства, требуемые для осуществления техпроцесса	Вспомогательные материалы
1. Входной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3	Ветошь
2. Установка муфты	Слесарь-сборщик,	Центратор наружный	
3. Сварка	Сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Аппарат А-1062, трансформатор ТШС-1000-3,	проволока электродная
4. Выходной контроль	Контролер основного производства	Лупа 4х, УШС-3, рулетка, щетка металлическая	

3.2 Профессиональные риски при реализации предложенных технических решений

Для устранения выявленных в разделе 1 ВКР недостатков применяемой при сварке фланцев барабанной мельницы технологии предложено изменить операцию получения заготовок фланцев. Также изменяется операция сборки под сварку, так как вместо 4х секторов приходится соединять сваркой 2 сектора. Помимо действия на производственный персонал негативных температурных факторов, обусловленных горением сварочной дуги, при сборке под сварку, возможно действие светового излучения горячей дуги, выделяемых аэрозолей и газов и т.д. Для анализа сопровождающих разработанные технические мероприятия негативных производственных факторов сведем и систематизируем их в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Идентификация негативных производственных факторов.

№п/п	Выполняемые работы	Негативный фактор, представляющий угрозу здоровью и жизни	Источник представляющего угрозу негативного фактора
1	Входной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Фланцы
2	Сборка под сварку	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Стенд сборочный
3	Сварка	Повышенная температура оборудования и воздуха участка; повышенное напряжение, повышенная запыленность и загазованность воздуха на участке; повышенная световая, ультрафиолетовая и инфракрасная радиация.	Аппарат для электрошлаковой сварки А-1062, трансформатор ТШС-1000-3, проволока электродная
4	Выходной контроль	Острые кромки, движущиеся детали оборудования и заготовки.	Фланец

3.3 Разработка мероприятий по минимизации действия профессиональных рисков

Для анализа мероприятий по устранению идентифицированных в таблице 3.2 негативных производственных факторов сведем и систематизируем имеющиеся и разработанные мероприятия в таблицу 3.3.

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

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

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

3.4. Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности производственного участка призваны обеспечить защиту от пожара работников предприятия, а также имущество предприятия. Согласно классификации пожаров по виду горючего материала и учетом производственной ситуации следует классифицировать возможный пожар как пожар класса Е: горение веществ и материалов под напряжением электрического тока. В таблице 4.3 выполним анализ основных и вторичных опасных факторов возможного пожара.

Таблица 3.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Наименование участка	Наименование оборудования	Классификация по виду горящего вещества	Наименование основных опасных факторов пожара	Наименование вторичных опасных факторов пожара
1	Участок сварки	Аппарат для электрошлаковой сварки А-1062, трансформатор ТШС-1000-3.	горение веществ и материалов под напряжением электрического тока Е	А) Пламя, искры. Б) тепловой поток; в) высокая температура окружающей среды; г) опасные продукты горения; Уменьшение содержания кислорода при горении; дым препятствует нормальной видимости.	Из-за высокой температуры при возгорании возможно повреждение изоляции электрическим током.

Участок, на котором планируются к внедрению разработанные технические предложения, с учетом класса возможного пожара (Е) необходимо укомплектовать техническими средствами, обеспечивающими защиту от возможного пожара работников и имущества предприятия. Перечень средств для комплектования производственного участка отразим в

таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Ведомость технических средств

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

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

Таблица 3.6 – Мероприятия организационного характера.

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

3.5. Мероприятия по безопасности окружающей среды

Таблица 3.7 – Идентификация факторов, негативно действующих на окружающую среду

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

Таблица 3.8 – Перечень технических и организационных процедур по исключению негативного действия выявленных факторов.

Наименование технического объекта	Сварка
1	2
Мероприятия по исключению негативного действия на воздушную среду.	Оборудование вентиляционной системы фильтрами, улавливающими продукты, выделяемые при горении дуги.

Продолжение таблицы 3.8.

1	2
Мероприятия по исключению негативного действия на водную среду.	Контроль утечек в гидросистеме центратора и незамедлительное их устранение.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Установка на участке сварки соответствующих емкостей для сбора отходов производственного цикла и при проведении повторных инструктажей подробное разъяснение необходимости складирования отходов производственного цикла в установленные емкости.

3.6 Заключение по разделу

В данном разделе выполнен анализ операций технологического процесса сварки фланцев барабанной мельницы. Подробно рассмотрены ожидаемые профессиональные риски после внедрения в производственный процесс усовершенствованных операций по сварке фланцев. Показано, что усовершенствованные операции сопровождаются такими опасными и вредными факторами, как газы и аэрозольные частицы, излучение сварочной дуги при сборке под сварку.

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

Также много внимания уделено обеспечению пожарной безопасности производственного участка и реализуемого на нем модернизированного технологического процесса. Проанализированы источники возможных возгораний и условия, при которых они перерастут в пожар. На основе выполненного анализа предложены уже применяемые на практике мероприятия технического и организационного характера, предотвращающие нанесение ущерба пожаром работникам и имуществу предприятия Тяжмаш.

Выполненный анализ показал, что выполняемые на участке сварки производственные процессы могут нанести ущерб окружающей среде.

Ущерб может быть нанесен как воздушной среде (атмосфера), водной среде (гидросфера), так и литосфере. В основном ущерб возможен по причине нарушения производственной санитарии. Однако загрязнение воздушной среды возможно из-за отсутствия на системе вытяжной вентиляции производственного участка фильтрующих устройств. Их монтаж в сочетании с мероприятиями по разъяснению правил производственной санитарии позволит предотвратить загрязнение атмосферы и литосферы.

4 Экономическая эффективность предлагаемых технологических решений

4.1 Вводная информация для выполнения экономических расчётов

По базовому варианту фланец барабана сваривают электрошлаковой сваркой из четырех секторов. Приходится сваривать 4 шва.

Начальные операции заключаются во входном контроле проката. После выполнения операция входного контроля проката переходим к заготовительным операциям. После контроля наметки вырезают 4 сектора будущего фланца.

Сборка под сварку выполняется в следующей последовательности. На плиту универсального сборочного приспособления устанавливают кубари. Затем на кубари устанавливают четыре сектора первого фланца. После сборки на стык монтируют аппарат для электрошлаковой сварки. На электрод и фланец подается напряжение и между концом электрода и дном стартового кармана зажигается электрическая дуга. В процессе горения дуги выделяющееся тепло плавит флюс, образующийся жидкий шлак шунтирует сварочный ток. Дуга гаснет, сварочный ток проходит через жидкий шлак, при этом выделяется тепло.

В в разработанном технологическом процессе к внедрению предложены вальцы помощнее, которые позволяют квадратные прутки изгибать в полусектора. Следствием предложенного технического решения является возможность сокращения до 2х общего количества сварных соединений. Технология получения сварного соединения, электрошлаковая сварка, не изменяется. Но за счет того, что уменьшается протяженность сварных соединений в два раза общее время сварки фланца уменьшится. , Поскольку по базовому и проектному варианту процесс сварки не изменяется, а изменяется протяженность швов, то рассчитаем себестоимость сварки одного шва, и экономический эффект определяем исходя из

изменившегося количества швов. Исходные данные необходимые для проведения расчетов, занесены в таблицу 4.1.

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

Наименование экономического показателя	Принятое в экономических формулах условное обозначение показателя	Единицы измерения показателя при подстановке в формулы для экономических расчетов	Количественная характеристика экономического показателя в рассматриваемой технологии	
			Базовая технология	Проектная технология
1	2	3	4	5
Количество рабочих смен в день, в течение которых выполняется рассматриваемая работа	$K_{см}$	-	2	2
Разряд исполнителя основных или вспомогательных операций	P_p		IV	IV
Утвержденная часовая тарифная ставка работника	$Cч$	Р/час	200	200
Принятое значение коэффициента, определяющего временные затраты на выполнение нормы	$K_{вн}$	-	1,1	1,1
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование дополнительной заработной платы	$K_{доп}$	%	12	12
Принятое значение коэффициента, определяющего процент на формирование доплат к основной заработной плате	K_d	-	1,88	1,88
Принятое значение коэффициента, определяющего процент от заработной платы на социальные нужды	$K_{сн}$	%	30	30
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости технологического оборудования на его амортизацию	$На$	%	21,5	21,5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости производственных площадей на их амортизацию	$На.пл.$	%	5	5
Общая площадь под оборудование, выполняющее операции рассматриваемого технологического процесса	S	$м^2$	20	20
Принятое значение цены на производственные площади для выполнения операций технологического процесса	$Цпл$	$Р/м^2$	30000	30000

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
Принятое значение стоимости эксплуатации площадей, занимаемых оборудованием для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Сзксп	(Р/м ²)/год	2000	2000
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на транспортно-заготовительные расходы	Кт -з	%	5	5
Принятое значение коэффициента, задающего процент от стоимости оборудования на его монтаж и демонтаж	Кмонт Кдем	%	3	5
Рыночная стоимость оборудования, которое необходимо для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цоб	Руб.	66048	739340
Принятое значение коэффициента, задающего долю затрат на дополнительную производственную площадь	Кпл	-	3	3
Принятое значение установленной мощности оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Муст	кВт	4	7,3
Принятое значение стоимость электрической энергии при работе оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	Цэ-э	Р/ кВт	3,02	3,02
Принятое значение коэффициента полезного действия оборудования для выполнения операций рассматриваемого технологического процесса	КПД	-	0,7	0,7
Принятое значение коэффициента, определяющего эффективность капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
Принятое значение коэффициента, определяющего долю цеховых расходов	Кцех	-	1,5	1,5
Принятое значение коэффициента, определяющего долю заводских расходов	Кзав	-	1,15	1,15

4.2 Расчет штучного времени

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

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

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

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

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

$t_{обсл}$ – время обслуживания – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на обслуживание, текущий и мелкий ремонт технологического оборудования задействованного в выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{обсл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

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

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное – объём времени в часах, которое будет затрачено работником на выполнение подготовительно-заключительных операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам, задаётся в процентах от машинного времени: $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

По базовому и проектному варианту - автоматическая электрошлаковая сварка.

Длина швов. Шов фланца одинаковый для всех вариантов типоразмеров и составляет $L_{ш} = 210$ миллиметров или 0,21 метр. Скорость сварки – 0,4 метра в час. В базовом варианте 4 шва, в проектном 2.

Машинное время определим по следующей формуле:

$$t_o = t_{\text{маш}} = \sum L / V_{\text{св}}, \quad (4.2)$$

$$t_{\text{маш}} = 0,21/0,4 = 574,07 \text{ мин} = 0,52 \text{ час.}$$

Результаты расчетов по формуле 4.1. сведем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты расчетов времени штучного

Вариант	$t_{\text{маш}}$	$t_{\text{всп}}$ 15%	$t_{\text{обсл}}$ 10%	$t_{\text{отл}}$ 5%	$t_{\text{п-з}}$ 1%	$t_{\text{шт}}$
Базовый:	2,08	0,312	0,208	0,104	0,0208	2,724
Проект.	1,04	0,156	0,104	0,052	0,0104	1,362

4.3 Расчет затрат на новое оборудование

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

$$K_{\text{ОБЩ}} = K_{\text{ПР}} + K_{\text{СОП}} \quad (4.3)$$

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

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

Расчет прямых финансовых затрат выполним по зависимости:

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

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

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

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

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

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

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

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

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

$$n_{РАСЧ.б} = \frac{2,724 \cdot 50}{1827 \cdot 1,1} = 0,06ед.$$

$$n_{РАСЧ.пр} = \frac{1,362 \cdot 50}{1827 \cdot 1,1} = 0,03ед.$$

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

Для расчета коэффициента загрузки воспользуемся формулой:

$$k_3 = \frac{n_{об.расчетн}}{n_{об.прин}} \quad (4.6)$$

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

:

$$\Phi_{эф} = (D_k - D_{вых} - D_{пр}) * T_{см} * S * (1 - k_{р.п}) \quad (4.7)$$

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

D_k – общее число дней в календарном году;

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

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

S – количество рабочих смен.

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

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

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

Расчёт коэффициента загрузки оборудования выполним согласно формуле:

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

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

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

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

$$k_{зб} = 0,06/1 = 0,06$$

$$k_{зп} = 0,03/1 = 0,03$$

$$K_{\text{Общб}} = 66048 \cdot 0,06 = 3962,88 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{общпр}} = 739340 \cdot 0,03 = 22180 \text{ руб.}$$

Сопутствующие финансовые затраты определяются расчетным путем только для проектного варианта:

$$K_{\text{соп}} = K_{\text{монт}} + K_{\text{дем}} + K_{\text{площ}} \quad (4.10)$$

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

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

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

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

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

$$K_{\text{монт}} = 739340 \cdot 0,2 = 147868 \text{ руб}$$

$$K_{\text{дем}} = \Sigma \Pi_{\text{об}} \cdot k_{\text{дем}} \quad (4.12)$$

где $k_{\text{дем}}$ – коэффициент финансовых расходов, необходимых для установки на производственных площадях оборудования по проектному

варианту технологии и подключения его к необходимым коммуникациям,

$$k_{\text{дем}} = 0,2$$

$$K_{\text{ДЕМ}} = 66048 \cdot 0,2 = 13206 \text{ руб}$$

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = S_{\text{ПЛОЩ}} \cdot \Pi_{\text{ПЛОЩ}} \cdot g \cdot k_3 \quad (4.13)$$

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

$$K_{\text{ПЛОЩ}} = 3 \cdot 3000 \cdot 3 \cdot 0,12 = 5400 \text{ руб.}$$

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

$$K_{\text{ОБЩ}}^{\text{ПР}} = 22180 + 147868 + 13206 + 5400 = 188165 \text{ руб.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

$$K_{\text{уд}} = \frac{K_{\text{общ.}}}{N_{\text{пр}}} \quad (4.14)$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{БАЗ}} = 3962,88/500 = 7,92 \text{ руб.}$$

$$K_{\text{уд}}^{\text{ПР}} = 188165/500 = 377,30 \text{ руб.}$$

4.4 Расчет технологической себестоимости

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

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

Поскольку конструкция изделия изменений не претерпевает, и в базовом варианте и в проектном материал изделия не меняется, первое слагаемое формулы, финансовые расходы на основные материалы, расчету не подлежит.

Расчет затрат на вспомогательные материалы по базовому и проектному вариантам.

$$ЗМ = \Pi_{\text{м}} \cdot N_{\text{р}} \cdot K_{\text{Т-З}}, \quad (5.6)$$

где $\Pi_{\text{м}}$ – стоимость материала;

$N_{\text{р}}$ – норма расхода материала

$K_{т-з}$ – коэффициент транспортно-заготовительных расходов.

Так как по базовому и проектному варианту сварка электрошлаковая, считаем затраты на сварочную проволоку $ЗМпр$ и на флюс $ЗМфл$ на один шов.

$$ЗМпр = ЗМпр + ЗМфл, \quad (5.7)$$

$$ЗМпр = Нпр \cdot Цпр. \quad (5.8)$$

где $Нпр$ – норма расхода проволоки

$$Нпр = Y \sum L \quad (5.9)$$

где $Y = Kр \cdot Mнапл \text{ мет}$, $Kр$ – коэффициент расхода присадочного материала,

$Mнапл. \text{ мет}$ - масса наплавленного металла, определяется:

$$Mнапл. \text{ мет} = \gamma \cdot Fн \cdot 0,001 \quad (5.10)$$

где γ – плотность, $Fн$ – площадь наплавленного металла

$$Mнапл. \text{ мет} = 7,8 \cdot 35 \cdot 0,001 = 0,273 \text{ кг/м.}$$

$$Y = 1,02 \cdot 0,273 = 0,278 \text{ кг/м.}$$

$$Нпр = 0,278 \cdot 0,21 = 2,28 \text{ кг}$$

$$\text{На один шов } ЗМпрб = 2,28 \cdot 42 = 95,76 \text{ руб.}$$

$$ЗМпрб = 95,76 \cdot 4 = 383,04 \text{ руб.}$$

$$ЗМпрпр = 95,76 \cdot 2 = 191,52 \text{ руб.}$$

Затраты на флюс

$$ЗМфл = Нфл \cdot Цфл \quad (5.11)$$

$$Нфл = Kфл \cdot Нпр \quad (5.12)$$

$$Нфл = 1,2 \cdot 2,28 = 2,736 \text{ кг}$$

$$ЗМфлб = 2,736 \cdot 60 \cdot 4 = 656,64 \text{ руб.}$$

$$ЗМфлпр = 2,736 \cdot 60 \cdot 2 = 328,32 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы суммарные

$$ЗМб = 383,04 + 656,64 = 1039,68 \text{ руб.}$$

$$ЗМпр = 191,52 + 328,32 = 519,84 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{э-э} = \frac{P_{об} \cdot t_{оп}}{КПД} Ц_{э-э} \quad (4.29)$$

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

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

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

$$P_{э-эБ} = \frac{21 \cdot 2,72 \cdot 2,2}{0,7} = 600,279 \text{ руб}$$

$$P_{э-эПР} = \frac{21 \cdot 1,36 \cdot 2,2}{0,8} = 723,607 \text{ руб}$$

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

$$Z_{об} = A_{об} + P_{т.р} \quad (4.30)$$

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

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

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

$$A_{об.} = \frac{Ц_{об} \cdot N_{об} \cdot t_{шт}}{\Phi_{эф} \cdot 60 \cdot 100} \quad (4.31)$$

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

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

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

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

$$A_{\text{об}}^{\text{б}} = \frac{66048 \cdot 2,08 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 0,22 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{об}}^{\text{пр}} = \frac{739340 \cdot 1,04 \cdot 18}{1812 \cdot 100 \cdot 60} = 1,27 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$P_{\text{тр}}^{\text{б}} = \frac{66048 \cdot 35 \cdot 0,06}{1812 \cdot 100} = 0,76 \text{ руб.}$$

$$P_{\text{тр}}^{\text{пр}} = \frac{739340 \cdot 35 \cdot 0,03}{1812 \cdot 100} = 4,28 \text{ руб.}$$

Суммарные расходы на содержание и эксплуатацию

$$Z_{\text{об}}^{\text{б}} = 0,22 + 0,76 = 0,98 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{об}}^{\text{пр}} = 1,27 + 4,28 = 5,75 \text{ руб.}$$

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

$$Z_{\text{площ}} = \frac{C_{\text{площ}} \cdot S_{\text{площ}} \cdot Ha_{\text{площ}} \cdot t_{\text{шт}}}{\Phi_{\text{эф}} \cdot 100} \quad (4.33)$$

где $C_{\text{площ}}$ – цена 1 м² производственной площади, руб.;
 $Ha_{\text{площ}}$ – норма амортизационных отчислений на здания, %;
 $S_{\text{площ}}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$Z_{\text{площ}}^{\text{б}} = \frac{4500 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 2,08}{1812 \cdot 100} = 0,82 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{площ}}^{\text{пр}} = \frac{4500 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1,04}{1812 \cdot 100} = 0,45 \text{ руб.}$$

На следующем этапе определяем затраты по оплате труда

Объем фонда заработной платы (ФЗП) определяется суммой основной заработной платы ЗПЛ_{осн} и дополнительной заработной платы ЗПЛ_{доп}.

$$\text{ФЗП} = \text{ЗПЛ}_{\text{осн}} + \text{ЗПЛ}_{\text{доп}} \quad (4.34)$$

где ЗПЛ_{осн} – основная зарплата;

ЗПЛ_{доп} – дополнительная зарплата.

Объём ЗПЛ_{осн} основной заработной платы определим расчётным путём с использованием формулы:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{осн}} = t_{\text{шт}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot k_{\text{зпл}} \quad (4.35)$$

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

$t_{\text{шт}}$ – штучное время, час;

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

$$k_{\text{зпл}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{вн}} \cdot k_{\text{у}} \cdot k_{\text{нф}} \cdot k_{\text{н}} \quad (4.36)$$

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

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

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

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

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

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{Б}} = 2,04 \cdot 200 \cdot 1,79 = 730,32 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{ОСН}}^{\text{ПР}} = 1,02 \cdot 200 \cdot 1,79 = 365,16 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{Б}} = 730,32 \cdot 10/100 = 73,03 \text{ руб.}$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{доп}}^{\text{ПР}} = 365,16 \cdot 10/100 = 36,51 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{Б}} = 730,32 + 73,03 = 803,35 \text{ руб.}$$

$$\Phi\text{ЗП}_{\text{ПР}} = 365,16 + 36,51 = 401,67 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

$$O_{\text{СН}}^{\text{Б}} = 803,35 \cdot 30/100 = 241,00 \text{ руб.}$$

$$O_{\text{СН}}^{\text{ПР}} = 401,67 \cdot 30/100 = 120,50 \text{ руб.}$$

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

$$C_{\text{ТЕХ}} = \text{ЗМ} + \text{З}_{\text{Э-Э}} + \text{З}_{\text{ОБ}} + \text{З}_{\text{ПЛ}} + \Phi\text{ЗП} + O_{\text{СН}} \quad (4.39)$$

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

$$C_{ТЕХ}^Б = 1018,89 + 600,27 + 0,98 + 0,82 + 803,35 + 241,00 = 2665,31 \text{ руб.}$$

$$C_{ТЕХ}^{ПП} = 519,84 + 723,60 + 5,75 + 0,45 + 401,67 + 120,50 = 1771,81 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$Z_{ОСН}$ – основная зарплата, руб.

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

$$C_{ЦЕХ}^Б = 2665,31 + 730,32 \cdot 1,72 = 2665,31 + 1256,15 = 3921,46 \text{ руб.}$$

$$C_{ЦЕХ}^{ПП} = 1771,81 + 365,16 \cdot 1,72 = 1771,81 + 628,07 = 2399,902 \text{ руб.}$$

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

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

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

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

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

$$C_{ЗАВ}^Б = 3921,46 + 730,32 \cdot 1,97 = 3921,46 + 1438,73 = 5360,19 \text{ руб.}$$

$$C_{ЗАВ}^{ПП} = 2399,90 + 365,16 \cdot 1,97 = 2399,90 + 719,36 = 3119,26 \text{ руб.}$$

Калькуляцию технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки при выполнении операций технологического процесса по базовому и проектному вариантам сведём в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Калькуляция технологической, цеховой и заводской себестоимости сварки

ПОКАЗАТЕЛИ	Услов. обозн.	Калькуляция., руб	
		Базовый	Проектн.
1. Затраты на материалы	М	1018,89	518,84
2. Объём фонда заработной платы	ФЗП	803,35	401,67
3. Отчисления на соц. нужды	О _{СН}	241,00	120,50
4. Объём финансовых затрат на технологическое оборудование	Зоб	0,98	5,75
5. Величина технологической себестоимости	С _{тех}	2665,31	1771,81
6. Объём цеховых расходов	Р _{цех}	2613,60	1161,84
7. Величина цеховой себестоимости	С _{цех}	3921,46	2399,90
8. Объём заводских расходов	Р _{зав}	1438,73	719,36
9. Величина заводской себестоимости	С _{зав}	5360,19	3119,26

4.5 Определение показателей экономической эффективности предложенных технических решений

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

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = \left(C_{зав}^б - C_{зав}^{пр} \right) \cdot N_{пр} \quad (4.43)$$

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

$$Pr_{ож.} = \mathcal{E}_{у.г.} = (5360,19 - 3119,26) \cdot 500 = 1554269 \text{ руб.}$$

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

$$\mathcal{E}_Г = [(C_{зав}^б + E_H \cdot K_{уд}^б) - (C_{зав}^{пр} + E_H \cdot K_{уд}^{пр})] \cdot N_{пр} \quad (4.44)$$

$$\mathcal{E}_Г = [(5360,19 + 0,33 \cdot 7,92) - (3119,26 + 0,33 \cdot 377,30)] \cdot 500 = 1064950 \text{ руб.}$$

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

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

После подстановки в формулу (4.26) численных значений соответствующих переменных, имеем:

$$\Delta t_{шт} = \frac{2,72 - 1,36}{2,72} \cdot 100\% = 50\%$$

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

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

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

$$\Delta \Pi_T = \frac{100 \cdot 50}{100 - 50} = 100\%$$

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

$$T_{ок} = \frac{K_{общпр}}{\mathcal{E}_{\text{УГ}}} \quad (4.47)$$

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

$$T_{ок} = \frac{188165}{1554269} \approx 0,52 \text{ года}$$

Коэффициент сравнительной экономической эффективности

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

4.6 Выводы по разделу

Внедрение оборудования с большей производительностью позволило уменьшить на 50% трудоемкость сварки одного фланца, при увеличении производительности труда на 100%.

Для внедрения оборудования с большей производительностью нужны финансовые затраты в размере 188165 руб., которые окупятся через 0,5 года. Планируемый размер годового экономического эффекта составит 1,064 млн. руб.

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

Заключение

Существующий технологический процесс электрошлаковой сварки фланцев барабана мельницы характеризуется низкой производительностью вспомогательных операций. При получении круглого фланца вырезаются 4 сектора из листового металлопроката и затем выполняется сварка четырех сварных швов. Поскольку толщина свариваемого металла отличается большими показателями применяется технологический процесс электрошлаковой сварки.

Анализ существующих научно-технических, патентных работ и иных технических решений показал, что применение мощных вальцов и квадратных прутков сечением 145x145 мм позволяет получать два сектора вальцовкой прутка. Параллельно, при этом, сокращается количество сварных швов до 2х. Как показали выполненные экономические расчеты подобного рода техническое решение позволяет увеличить до 2х раз производительность труда при сварке фланцев.

Исключить операцию термообработки после сварки возможно применив горизонтальные виброколебания сварочной проволоки [18]. При этом повышается качество сварных соединений.

Разработан технологический процесс изготовления фланца, в котором существенно снижено время на изготовление секторов фланца, исключена операция термообработки после сварки, кроме того, количество сварных швов сокращено в 2 раза.

В рамках выполнения задач бакалаврской работы также выполнен анализ участка сварки на предмет наличия на нем опасных и вредных для производственного персонала факторов.

За счет предложенных технических решений цель проекта, повышение производительности при изготовлении фланцев барабана мельницы, достигнута.

Можно сделать вывод о решении задач бакалаврской работы и достижении ее цели.

Список используемых источников

1. Троянский А.А. Развитие научных и технологических основ управления качеством электродугового и электрошлакового металла // Автореферат диссертации доктора технических наук. Институт электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины, Киев, 2008. – 40 с.
2. Козулин М. Г. Технология электрошлаковой сварки в машиностроении : учеб. пособие / М. Г. Козулин. - Тольятти : ТолПИ, 1994. - 121 с.
3. Сварка и резка материалов: учеб. пособие / М. Д. Банов и др.; под ред. Ю. В. Казакова. - 3-е изд., стер.; Гриф МО. - М. : Академия, 2003. - 399 с..
4. Электрошлаковая сварка / Ин-т электросварки им. Е. О. Патона ; под ред. Б. Е. Патона. - Киев; М.: Машгиз, 1956. - 168 с.
5. Электрошлаковая сварка и наплавка / под ред. Б. Е. Патона. - М.: Машиностроение, 1980. - 511 с.
6. Суцук-Слюсаренко, И.И. Электрошлаковая сварка и наплавка в ремонтных работах / И.И. Суцук-Слюсаренко, И.И. Лычко, М.Г. Козулин, В.М. Семенов. - Киев: Наук. думка, 1989. 192с.
7. Козулин, М.Г. Технология электрошлаковой сварки в машиностроении: Учебное пособие / М.Г. Козулин - Тольятти: ТолПИ, 1994. - 119с.
8. Селиванов, Д.П. Основы теории и технологии электрошлакового литья заготовок режущего и штампового инструмента: Учебное пособие / Д.П. Селиванов, М.Г. Козулин. - Тольятти: ТолПИ, 1993. - 150 с.
9. 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.
10. Мейстер, Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
11. Козловский С. Н. Введение в сварочные технологии : учеб. пособие / С. Н. Козловский. и др.; - СПб.: Лань, 2011. - 415 с.

12. Сварка плавлением металлических конструкционных материалов: учеб. пособие / авт.-сост. В. В. Ельцов; ТГУ; Автомеханический ин-т ; каф. "Восстановление деталей машин". - Гриф УМО; ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2007. - 195 с.
13. Щекин В. А. Технологические основы сварки плавлением : учеб. пособие для вузов / В. А. Щекин. - Изд. 2-е, перераб. - Ростов н/Д. : Феникс, 2009. - 345 с.
14. Технология сварки плавлением и термической резки металлов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. "Металлургия сварочного пр-ва" / В. А. Фролов и др.; под ред. В. А. Фролова. - Гриф УМО. - М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2011. - 445 с.
15. Сущук-Слюсаренко И. И. Основные и сварочные материалы для электрошлаковой сварки / И. И. Сущук-Слюсаренко, И. И. Лычко, В. М. Семенов. - Киев : Наук. думка, 1981. - 112 с.
16. Александров А. Г. Источники питания для дуговой и электрошлаковой сварки: справ. пособие / А. Г. Александров, И. И. Заруба, И. В. Пиньковский. - Днепропетровск: Проминь, 1976. - 151 с.
17. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства: Учебник / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
18. Гостюшин, А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
19. Рыбаков, В.М. Дуговая и газовая сварка: Учеб. для сред. ПТУ / В.М. Рыбаков. - 2-е изд. перераб.- М.: Высш. школа, 1986.- 208 с.
20. Рыбаков, А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
21. Malinov, L.S. Increasing the abrasive wear resistance of low-alloy steel by obtaining residual metastable austenite in the structure / L.S. Malinov, V.L. Malinov, D.V. Burova, V.V. Anichenkov // Journal of Friction and Wear. – 2015. – №3. – P. 237–240.

22. Enhancement of steels wear resistance in corrosive and abrasive medium / V. Kaplun, P. Kaplun, R. Bodnar, V. Gonchar // *Interdisciplinary Integration of Science in Technology, Education and Economy : monograph /ed. by J. Shalapko, B. Zoltowski. – Bydgoszcz, 2013. – P. 320–329.*
23. Думов, С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
24. Чебац, В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
25. Lucas, W. Choosing a shielding gas. Pt 2 // *Welding and Metal Fabrication. – 1992. – № 6. – P. 269–276.*
26. Dilthy, U., Reisgen U., Stenke V. et al. Schutgase zum MAGM – Hochleistungsschweißen // *Schweissen und Schneiden. – 1995. – 47, № 2. – S. 118–123.*
27. Dixon, K. Shielding gas selection for GMAW of steels // *Welding and Metal Fabrication. – 1999. – № 5. – P. 8–13.*
28. Salter, G. R., Dye S. A. Selecting gas mixtures for MIG welding / G. R. Salter, S. A. Dye // *Metal Constr. and Brit. Weld. J. – 1971. – 3, № 6. – P. 230–233.*
29. Cresswell, R. A. Gases and gas mixtures in MIG and TIG welding // *Welding and Metal Fabrication. – 1972. – 40, № 4. – P. 114–119.*
30. Переплётчиков, Е.Ф. Плазменно-порошковая наплавка штоков энергетической арматуры / Е. Ф. Переплетчиков, И. А. Рябцев // *Автоматическая сварка. – 2013. – № 4. – С. 56–58.*
31. Жариков, С.В. Влияние экзотермической смеси в составе сердечника самозащитной порошковой проволоки на параметры наплавленного валика / С.В. Жариков // *Вісник східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганск: СНУ, 2010. – № 2. – С. 102–105.*
32. Гофман, Я. Восстановление сменных деталей с помощью лазерных технологий // *Автоматическая сварка. – 2001. – № 12. – С. 37–38.*

33. Алешин, Н.П. Современные способы сварки: Учеб. пособие / Н.П. Алешин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 59 с.
34. Zhang, Y.M., Liguó E., Kovacevic R. Active metal transfer control by monitoring excited droplet oscillation // Welding Journal. 1998. Vol. 77. N 9. P. 388-s—394-s.
35. Шолохов, М.А. Эффективность эксплуатации инверторных источников питания / М.А. Шолохов, А.М. Фивейский, Д.С. Бузорина, Е.В. Лунина // Сварка и диагностика, 2012. № 3. С. 53–55.