

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

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

(наименование кафедры)

150202.65 Оборудование и технология сварочного производства

(код и наименование направления подготовки, специальности)

специализация «Производство сварных конструкций»

(направленность (профиль), специализация)

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ

на тему __Разработка технологии восстановления чугуновых корпусных
деталей для предприятия автосервиса_____

Студент

С.В. Царегородцев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

А.Л. Федоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Консультанты

И.В. Краснопевцева

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

И.В. Дерябин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

В.Г. Виткалов

(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 2017

МИНИСТРЕСТВО 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)

УТВЕРЖДАЮ

Завкафедрой СОМДиРП
В.В. Ельцов
(подпись) (И.О. Фамилия)
« » 20 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Студент Царегородцев Сергей Вячеславович

1. Тема Разработка технологии восстановления чугунных корпусных деталей для предприятий автосервиса

2. Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы _____

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе базовая технология сварки, материалы практикам, нормативные документы ВАЗ, научно-техническая и патентная литература, стандарты, интернет-ресурсы

4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Введение. Доказательство актуальности работы, цель работы.

1) Анализ конструкции водостока, свойств применяемых сталей, условий эксплуатации, анализ базовой технологии сварки. Анализ вариантов достижения цели проекта, формулировка задач проекта

2) Выбор режимов сварки, разработка технологических рекомендаций, разработка проектной технологии восстановления, выбор оборудования для ремонтной сварки

3) Анализ опасностей и вредностей при восстановлении чугунных деталей, разработка мероприятий по их устранению

4) Экономическая эффективность предлагаемых в проекте технических решений

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

Классификация предприятий автосервиса – 1 лист

Восстанавливаемое изделие – 1 лист

Базовая технология – 1 лист

Аналитический лист – 1 лист

Проектная технология – 1 лист

Оборудование – 1 лист

Участок восстановления – 1 лист

Экономическая эффективность – 1 лист

6. Консультанты по разделам

Экономическая эффективность проекта

Безопасность и экологичность проекта

Нормоконтроль

7. Дата выдачи задания «__01__»____02____2017__г.

Заказчик

(подпись)

(И.О. фамилия)

Руководитель дипломного проекта

(подпись)

А.Л. Федоров

(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись)

С.В. Царегородцев

(И.О. фамилия)

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)

УТВЕРЖДАЮ
Завкафедрой _____

(подпись) _____
« ____ » _____ 20 ____ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения дипломного проекта

Студента _____ Царегородцева Сергея Вячеславовича

по теме Разработка технологии восстановления чугуновых корпусных деталей для предприятий автосервиса

Наименование раздела работы	Плановый срок выполнения раздела	Фактический срок выполнения раздела	Отметка о выполнении	Подпись руководителя
Введение	1.02.17 – 10.02.17	10.02.17	выполнено	
Анализ исходных данных и известных технических решений	10.02.17 – 28.02.17	28.02.17	выполнено	
Разработка технологии сборки и сварки радиомачты	01.03.17 – 30.03.17	30.03.17	выполнено	
Выбор оборудования	01.04.17 - 14.04.17	14.04.17	выполнено	
Безопасность и экологичность	15.04.17 30.04.17	30.04.17	выполнено	
Экономическое обоснование	01.05.17 – 21.05.17	21.05.17	выполнено	

Руководитель дипломного проекта

(подпись) _____
А.Л. Федоров
(И.О. фамилия)

Задание принял к исполнению

(подпись) _____
С.В. Царегородцев
(И.О. фамилия)

АННОТАЦИЯ

Цель дипломного проекта: Повышение качества герметизации шва кузовных панелей боковины и рамы двери задней автомобиля Lada Xray.

Чтобы достичь поставленной цели в работе решили следующие задачи: разработали технологический процесс лазерной сварки; выбрали источник лазерного излучения; выбрали способ манипуляций источником лазерного излучения; выбрали оборудование, обеспечивающее перемещение луча лазера по стыку; предусмотрели мероприятия по охране здоровья и жизни производственного персонала; произвели оценку экономической эффективности предложенных мероприятий.

Работа состоит из пояснительной записки, в которой 55 страниц, 6 рисунков, 11 таблиц. Графическая часть включает в себя 6 листов формата А 1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Анализ исходных данных и известных технических решений	9
1.1 Классификация станций технического обслуживания	9
1.2 Описание работ, выполняемых на предприятиях автосервиса	12
1.3 Описание восстанавливаемого изделия.....	16
1.4 Базовая технология	21
1.5 Особенности сварки и наплавки чугуна	23
1.6 Задачи работы.....	29
2 Разработка технологического процесса ремонтной сварки.....	31
2.1 выбор способа восстановления.....	31
2.2 Проектная технология ремонта	36
3 Подбор оборудования	39
4 Безопасность и экологичность проекта.	48
4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.	48
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	50
4.3 Средства снижения рисков.....	52
4.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сварки.....	52
4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта.....	54
Заключение по разделу	55
5 Экономическая эффективность проекта.....	56
5.1 Исходные данные для экономического обоснования сравниваемых вариантов.....	56
5.1. Исходные данные для расчетов	Ошибка! Закладка не определена.
5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки	58
5.3 Капитальные вложения в оборудование.....	59
5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов сварки блока	62

5.5 Технологическая себестоимость.....	65
Калькуляция себестоимости изделия.....	66
5.6 Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого проекта.....	66
5.7 Снижение трудоемкости и повышение производительности труда при механизированной сварке	67
Выводы по разделу.....	68
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	70

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации в автомобиле могут появиться различные неисправности, вызванные теми или иными причинами, снижающие эффективность его использования. Поэтому техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта являются важнейшим фактором повышения эффективности использования автомобилей, обеспечения безопасности движения, экономии горюче - смазочных материалов и охраны окружающей среды.

Устранением неисправностей, и выполнением регламентных работ по поддержанию автомобильного транспорта в технически исправном состоянии занимается комплекс служб, ремонтных, инженерных подразделений. Им придана соответствующая производственно - техническая база. Как правило, это ремонтно – механические предприятия оснащенные необходимым оборудованием, инструментом, оснасткой.

Традиционно выполняемая данными предприятиями номенклатура работ расширяется, чему способствует прогресс автомобильной техники и широкое проникновение на российский авторынок зарубежных моделей. Поэтому работы, направленные на расширение номенклатуры работ, внедрении новых технических решений являются актуальными.

Например, ограниченно на предприятиях автосервиса распространены технологии восстановления дефектных корпусных чугуновых деталей. Применяемые технологии для их восстановления характеризуются низким качеством и высокой трудоемкостью.

Поэтому, сформулируем цель дипломного проекта следующим образом: «Повышение производительности и качества на операциях восстановления дефектных чугуновых корпусных деталей автомобилей».

1 Анализ исходных данных и известных технических решений

1.1 Классификация станций технического обслуживания

Станции технического обслуживания и автосервисы занимаются, в основном, обслуживанием автомобилей индивидуальных владельцев, как правило, легковых, но могут обслуживать коммерческий транспорт юридических владельцев, грузовой транспорт.

По мощности (расчетное число одновременно обслуживаемых автомобилей), по размерам (количество рабочих постов в здании), по территориальной расположенности, по назначению и специализации, по видам выполняемых станциями работ, их классификация дифференцируется.

Таблица 1.1 - Классификация городских станций технического обслуживания по мощности.

Класс	Количество рабочих постов	Количество автомобилей, которых обслуживает станция за год, тыс.ед.
Малые	Менее 15	Менее 3
Средние	16-30	3-6
Большие	31-50	6-10
Крупные	Свыше 50	Свыше 10

По назначению станции технического обслуживания классифицируются на городские (в основном обслуживают индивидуальные автомобили) и дорожные (оказывают техническую помощь всем нуждающимся транспортным средствам в пути). По производственной мощности и по размерам станции технического обслуживания классифицируются на малые, средние, большие и крупные, рисунок 1.1.

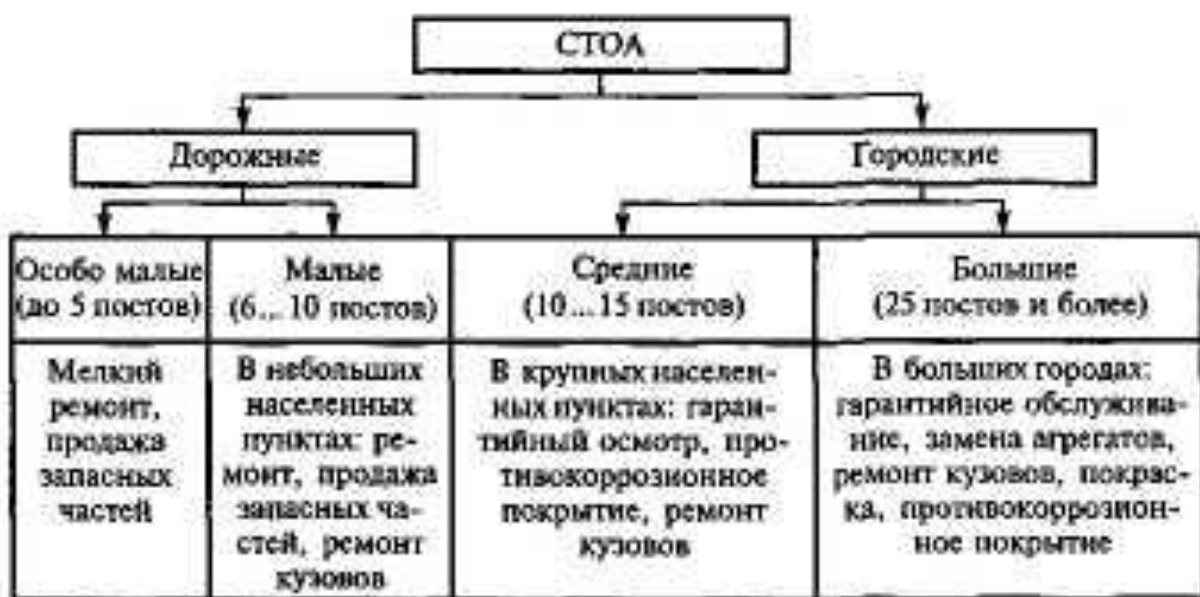


Рисунок 1.1 - Классификация СТО по месторасположению

Городские станции можно классифицировать на: универсальные; гарантийного обслуживания (заводские); узкоспециализированные (по маркам автомобилей), рисунок 1.2.

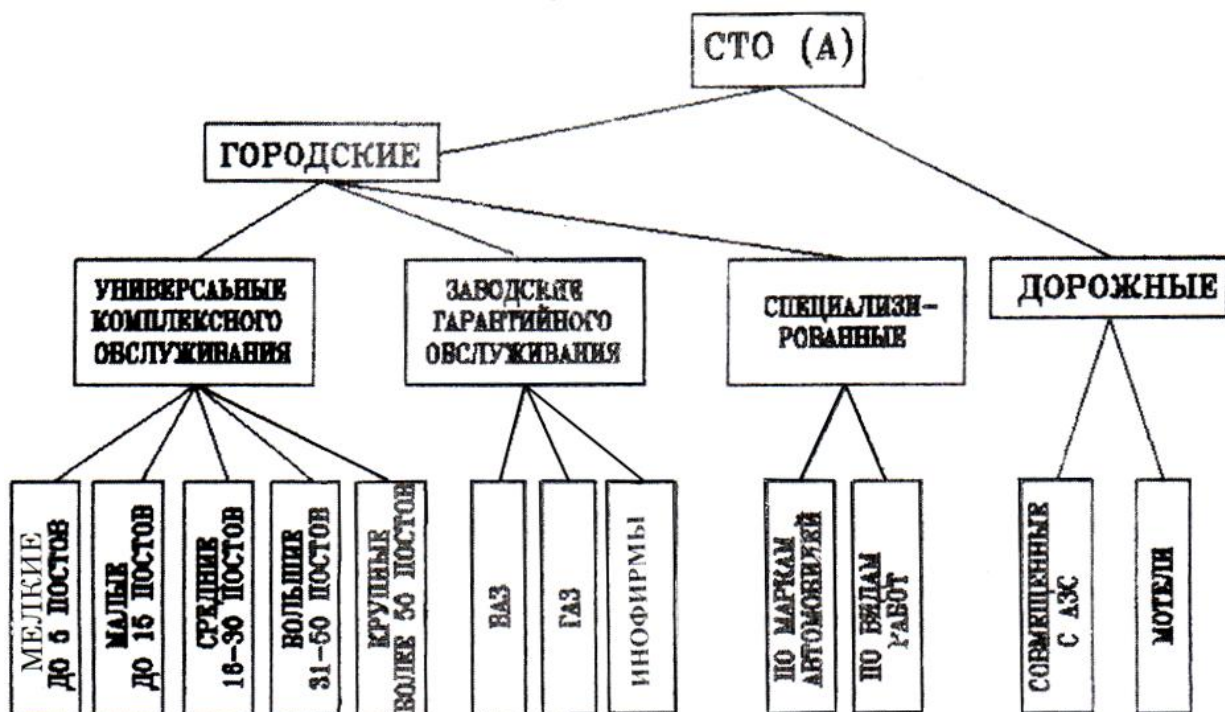


Рисунок 1.2 - Классификация станций технического обслуживания по назначению

В составе городских станций технического обслуживания могут быть салоны для продажи автомобилей, запасных частей и автоаксессуаров. Городские станции технического обслуживания иногда совмещают с пунктами мойки автомобилей.

Станции технического обслуживания и автосервисы допускается совмещать с автозаправочными станциями.

У городских станций, в основном, постоянная клиентура, у дорожных – случайная.

С увеличением парка легковых автомобилей получают широкое распространение специализированные станции комплексного обслуживания, которые выполняют обслуживание и ремонт конкретной марки автомобилей, и станции с узкой специализацией по видам работ: диагностики; мойки; окраски кузова и т.д.

Специализация станций по маркам автомобилей или видам услуг оправдана при наличии в регионе достаточного количества автомобилей данной марки.

Дифференцирование по размерам и функциям станций обслуживания автомобилей обеспечивает повышение эффективности автосервиса, облегчает централизованное планирование, обеспечивает проектировщикам возможность разрабатывать типовые проекты, создает удобства для клиентов. В выигрыше, также, заводы-изготовители. Они обеспечены информацией о качестве и надёжности выпускаемых автомобилей.

Традиционно станции технического обслуживания расположены вблизи от транспортных магистралей или в центре обслуживаемого района, в легкодоступных местах.

Привязывая станции технического обслуживания к дорожной сети, принимают во внимание влияние появившейся станции на дорожное движение. Автосервисы нужно располагать в таких местах, где простое ответвление от транспортной магистрали не повлияет на дорожное движение.

В среднем потребность в площади для станций разной величины около 0,2-1,5 га. Оптимальной считается квадратная, или приближающаяся к квадрату форма участка.

Важным технико-экономическим параметром при планировке являются сети коммуникаций. При этом необходимо учесть потребность в больших количествах промышленной воды и потребность в очистке и отводе сточных вод.

При планировке станции в пределах выделенной территории учитывают привязку к дорожным сетям, необходимость внутренней транспортной сети, стоянок.

Если станция технического обслуживания автомобилей выполнена из нескольких зданий, то ближе к въезду размещают помещение для работ по уходу и проверке транспортных средств, а в помещениях, удаленных от въезда на станцию остальные участки.

Рядом с крупными автомагистралями станции технического обслуживания могут комбинироваться с предприятиями общественного питания, гостиницами.

1.2 Описание работ, выполняемых на предприятиях автосервиса

Современная станция технического обслуживания продает новые и подержанные автомобили, выполняет их предпродажное обслуживание, продает запасные части, эксплуатационные материалы и принадлежности к автомобилям. Помимо перечисленного выполняет традиционную номенклатуру работ - техническое обслуживание, текущий, гарантийный, капитальный ремонт автомобиля и его агрегатов.

Оказываемые станциями технического обслуживания услуги включают моечные, смазочные, крепежные, регулировочные работы, устранение отказов и неисправностей, заправку топливом и другими материалами. Также обеспечивается оказание автомобилями технической помощи услуг по ремонту и буксировке транспортных средств, потерявших способность

двигаться собственным ходом. Основные виды услуг, выполняемых различными СТО, систематизированы в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Виды услуг, оказываемых СТО различного типа

Виды услуг	Назначение и класс СТО			
	Малые	Средние	Большие и крупные	Дорожные
1	2	3	4	5
Диагностика общая	+	+	+	+
Диагностика углубленная	-	+	+	-
Мойка, уборка	+	+	+	+
ТО-1	+	+	+	+
ТО-2	++	+	+	-
Смазка	+	+	+	+
Регулировка	+	+	+	+
Шиномонтажные работы	+	+	+	+
Ремонт топливной системы	+	+	+	+
Заряд и ремонт аккумуляторов	-	+	+	-
Текущий (мелкий) ремонт	+	+	+	+
Замена узлов и агрегатов	++	+	+	-
Капитальный ремонт	-	-	+	-
Медницкие работы	+	+	+	++
Ремонт сваркой	+	+	+	-
Жестяницкие работы	+	+	+	-
Кузовные работы	++	+	+	-
Обойные работы	++	+	+	-
Окраска мелких участков кузова	+	+	+	-
Окраска кузова полная	-	+	+	-

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5
Антикоррозийная обработка кузова	-	+	+	-
Продажа запчастей и материалов	+	+	+	+
Продажа автомобилей	-	+*	+	-
Техподдержка на дороге	-	-	-	+
Заправка автомобилей топливом и маслами	-	-	-	+

+ – услуги, обязательно оказываемые на данных станциях;

+* – услуги, оказываемые необязательно, в зависимости от месторасположения, мощности СТО и т.д.

Анализ видов услуг типовых станций технического обслуживания автомобилей позволяет выделить шесть основных групп:

1. Уборочно-моечные работы.
2. Работы, связанные с подъемом и перемещением грузов.
3. Смазочно-заправочные работы.
4. Монтажно-демонтажные, разборочно-сборочные и ремонтные работы.
5. Контрольно-диагностические работы.
6. Шиномонтажные и шиноремонтные работы.

Для специалиста в области сварки интерес представляют ремонтные работы. Рассмотрим их поподробнее.

Данный вид является основным при выполнении ремонта автомобилей на предприятии автосервиса. Используют для этой цели три группы оборудования:

- 1) слесарно-монтажный инструмент, универсальный, т.к. использование его не зависит от местоположения автомобиля в зоне ремонта;
- 2) оборудование, приспособления для ремонтных работ на посту;

3) оборудование и приспособления для ремонтных работ на участке.

В первой группе, в свою очередь, выделяют три вида по конструктивной сложности:

1) наиболее простой по конструкции (ключи, отвертки, пробойники, плоскогубцы, напильники и т.п.);

2) сложные приспособления с механизмами усиливающими ручное действие;

3) механизированный ручной инструмент с приводом от постороннего источника энергии.

Во второй группе, оборудование для ремонтных работ на посту, выделяют три вида оборудования в зависимости от технологии их применения:

1) оборудование для постов со смотровыми канавами;

2) оборудование для постов напольного типа

3) универсальное оборудование для разборочно-сборочных и крепежных работ на посту (передвижные гаражные гайковерты, тележки для агрегатов и т.д.).

В третьей группе, оборудование и приспособления для работ на участках тоже выделяют три вида оборудования по технологии его использования:

1) стенды для разборочно-сборочных работ узлов и агрегатов;

2) оборудование для металлообработки;

3) прессы для разборки-сборки.

На сварочном участке выполняют следующие виды работ: наплавка и сварка. Вообще, сваркой называют технологию получения неразъёмного соединения за счет установления межатомных и межмолекулярных связей между соединяемыми частями деталей при нагреве, и/или пластическом деформировании.

При сварке применяют широкую номенклатуру источников энергии: электрическую дугу, электрический ток, пламя газовой горелки, излучение лазера, электронный луч, трение, ультразвук.

Наплавка - нанесение дуговой сваркой слоя металла на какую либо поверхность. При восстановлении и ремонте наплавку выполняют металлом, примерно того же химического состава, из которого изготовлено изделие, Однако, как при изготовлении новых деталей так и при ремонте иногда на поверхности предпочтительнее получить слой металла, отличающийся по своему составу от металла детали. Это предпочтительно, если условия эксплуатации поверхности существенно отличаются от условий эксплуатации остального материала детали. Например, если деталь определяет общую прочность, зависящую от свойств металла сечения, то поверхность детали зачастую работает на абразивный или абразивно-ударный износ. Условия работы поверхностного слоя могут осложняться высокой температурой, воздействием агрессивной окружающей среды и др. Допустим, клапаны двигателей, их уплотнительные поверхности работают при высоких температурах, шток подвергается ударным нагрузкам. В ряде случаев такие детали целиком выполняют из металла, обеспечивающего требования к эксплуатационной надежности его поверхностей. Но часто целесообразней деталь выполнить из дешевого металла и только на поверхность, работающую в особых условиях, нанести нужный по толщине слой материала с отличным химическим составом.

1.3 Описание восстанавливаемого изделия

Анализ показал, что на станциях технического обслуживания мало оборудования и технологий для восстановления поврежденных или изношенных деталей автомобилей. В целом, при наличии широкого выбора запасных частей, наверное, нет необходимости в их наличии на предприятиях автосервиса. Однако некоторые детали являются

дорогостоящими. Наиболее материалоемкими и дорогостоящими являются блоки цилиндров автомобиля.

В блоке цилиндров двигателя внутреннего сгорания происходит преобразование потенциальной энергии топливо-воздушной смеси в кинетическую энергию поршня, через детали трансмиссии передаваемую на колеса автомобиля. Основные габаритные размеры блока цилиндров двигателя автомобиля ВАЗ (в зависимости от литража и модели) находятся в пределах 392х384х338, вес в пределах 35 кг, рисунок 1.1.

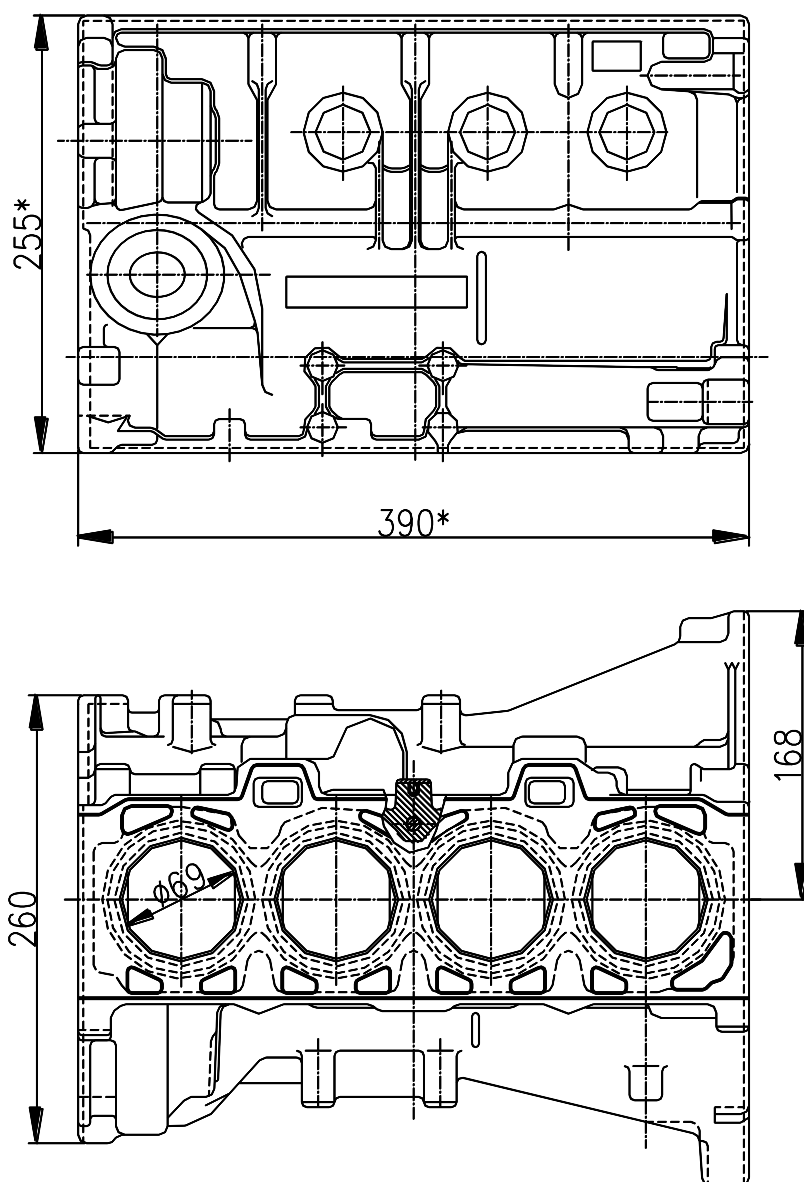


Рисунок 1.1 - Общий вид блока цилиндров

Блок цилиндров двигателя автомобиля эксплуатируется в условиях повышенных температур, статических динамических и вибрационных нагрузок. Срок эксплуатации блока цилиндров может достигать десятилетий. Температурный перепад составляет от -30°C , при стоянке в зимнее время до $+80^{\circ}\text{C}$ – нормальная эксплуатационная температура. В отдельных случаях температура эксплуатации может превышать $+80^{\circ}\text{C}$.

Технологический процесс получения блока цилиндров включает в себя операции литья и последующей механической обработки.

Процессы литья широко распространены в автомобилестроении. Основными методами получения отливок являются литье в песчаные формы, по выплавляемым моделям, кокильное, под давлением, центробежное. Выбор метода литья зависит, главным образом, от программы выпуска, материала, требуемой точности размеров и форм поверхностей заготовки. Для изготовления литых заготовок наиболее часто применяют серые чугуны, углеродистые и легированные стали, а также бронзы, латунь, алюминиевые сплавы, обладающие высокими литейными свойствами, механической прочностью и пластичностью.

В двигателестроении литьем по выплавляемым моделям изготавливают толкатели топливных насосов, крыльчатки жидкостных насосов и другие детали. Широко применяется способ литья в постоянные металлические формы — кокильное литье. Кокиль изготавливают из стали, модифицированного чугуна и алюминиевых сплавов. Перед заливкой металла кокиль подогревают, затем на его рабочие поверхности для уменьшения скорости затвердевания и охлаждения заготовки наносят теплоизоляционные покрытия из огнеупорных материалов (кварцевой муки, графита и др.) и связующего материала (жидкого стекла). При изготовлении сложных заготовок применяют кокили с комбинированным разъемом. Этим способом получают заготовки с минимальной толщиной стенок 1,5 ... 2 мм и массой 0,1 ... 500 кг (например, алюминиевые поршни, корпуса привода распределителя зажигания, гильзы и др.).

Технологический процесс получения заготовок заключается, в основном, в изготовлении моделей, формовании литейных форм, плавке металла и заливке его в формы, выбивке, обрубке и очистке отливок.

Блок цилиндров двигателя автомобиля, в основном, выполняют из серого чугуна. Иностранное обозначение Gh190B, российский аналог Сч-25. Чугуны широко используются в двигателестроении. Они дешевы и обладают хорошими механическими и технологическими свойствами. Детали, выполненные из чугунов, имеют высокие значения прочности на сжатие, износостойкости, циклической вязкости.

Для чугунов характерной особенностью, определяющей их физические и механические свойства, является присутствие в его структуре включений графита.

По форме включений графита чугуны подразделяют на 4 класса:

- серый чугун (СЧ) - включения графита имеют форму пластин. Соотношение длины пластины к толщине существенно больше 10;
- ковкий чугун (КЧ) - компактные включения графита;
- высокопрочный чугун (ВЧ) - включения графита имеет шаровидную форму, за счет действия модификаторов, магния в основном;
- вермикулярный чугун (ЧВГ) - включения графита представляет из себя укороченные и утолщенные пластины с отношением длины пластины к толщине в пределах 2 ... 10.

По наличию в составе дополнительных элементов чугун классифицируется на:

- нелегированный, в составе которого до 3,5 ... 4% кремния, до 1,5 ... 2% марганца, до 0,3% фосфора, до 0,2 ... 0,25% серы и до 0,1% хрома, никеля, меди;
- низколегированный, в составе которого содержание каждого легирующего элемента не более 1,0 ... 1,5%;
- среднелегированный, в составе которого до 7% легирующих элементов;

- высоколегированный, в составе которого содержание легирующих элементов более 7 ... 10%.

Следует помнить, что добавки сотых и даже тысячных долей процента магния, азота, висмута, бора, считаются легирующими.

Чтобы получить высококачественные чугуны в литейном производстве автозаводов применяют постадийную обработку жидкого чугуна. Данный технологический прием позволяет целенаправленно управлять структурой чугунных отливок и их фазовым составом. Поэтому легирование выполняют на стадии подготовки расплава за счет использования шихтовых материалов или непосредственно вводя легирующие элементы в расплав в плавильном агрегате. Очистку от кислорода и серы как правило проводят в ковше. Модифицирование предпочтительно выполнять перед заливкой или, что проще, в литейной форме.

Сочетание перечисленных методов количественно и качественно меняет структуру чугуна, в том числе форму и характер распределения включений графита. В свою очередь это влияет на механические и технологические свойства чугунов.

Технологичность серого чугуна находится на высоком уровне. У него хорошие литейные свойства: температура плавления эвтектики 1147°C; высокая жидкотекучесть; малая (до 1%) литейная усадка; малая склонность к пористости; стойкость к образованию горячих трещин. Перечисленные свойства обеспечивают стабильное получение отливок достаточно сложных конфигураций с малой толщиной стенки. Это является ценным качеством для деталей такой формы, как блок цилиндров. Кроме того, хорошо обрабатывается резанием. Чугун имеет достаточные для эксплуатационных воздействий на блок цилиндров значения прочности.

Применяют в машиностроении, в основном, серый чугун следующих марок: СЧ15, СЧ18, СЧ20, СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30, СЧ35. Цифры в марке показывают на величину временного сопротивления в кг/мм². Основные

механические свойства некоторых марок серого чугуна приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1 - Механические свойства серых чугунов

Показатели свойств и единицы измерения	Марки чугуна				
	СЧ15	СЧ20	СЧ25	СЧ30	СЧ35
Временное сопротивление, МПа	150	200	250	300	350
Прочность, МПа:					
при сжатии	600	750	850	960	1080
при изгибе	350	420	490	560	630
при кручении	173	240	290	345	403
Предел выносливости, МПа:					
образец без надреза	68	90	115	135	145
образец с надрезом	68	87	105	122	129
Модуль упругости, ГПа	90	100	110	130	135
Демпфирующая способность, %	32	30	28	25	22

Как было сказано выше, свойства чугунных деталей зависят от микроструктуры – формы графитовых включений. Реальная прочность чугуна зачастую ниже расчетной даже с учетом размеров сечения металлической матрицы (без площади графитовых включений). Данное отличие реальной и расчетной прочности можно объяснить тем, что пластины графита являются концентраторами напряжений. У концов включений графита напряжения существенно, от 8ми до 15ти раз, больше средних напряжений при объемном напряженном состоянии.

По причине подобного характера распределения напряжений у серых чугунов низкая пластичность. Вообще, пластичность чугуна в первую очередь зависит от формы и величины графитных включений. При сжатии прочность чугуна выше, чем при растяжении.

1.4 Базовая технология

Вообще, на предприятиях автосервиса редко применяют технологии восстановления дефектных чугунных деталей автомобилей. В случае нужды обращаются на специализированные сварочные участки. Там применяют сварку ацетилено-кислородным пламенем.

Восстановлению подлежат следующие дефекты:

- на плоскости прилегания головки несквозные дефекты, имеющие диаметр не более десяти миллиметров и расположенные на расстоянии не менее пяти миллиметров от наружного диаметра отверстий и зон резьбовых отверстий;
- на плоскости прилегания крышек коренных подшипников дефекты диаметром не более пяти миллиметров на расстоянии не менее пяти миллиметров от резьбовых отверстий и прилегающих ребер (на боковой поверхности подшипника заварка не допускается);
- на плоскостях со стороны маховика и со стороны шестерни несквозные дефекты диаметром не более десяти миллиметров;
- на боковых наружных стенках дефекты диаметром не более десяти миллиметров, за исключением сквозных дефектов в зоне водяной рубашки.

Сначала проводят дефектацию. Обнаруженные при визуальном осмотре дефекты, подлежащие исправлению, отмечают белым мелом.

Затем очищают блок от различных загрязнений.

После очистки блоки цилиндров греют в печи. Печи, как правило, применяют электронагревательные с автоматическим контролем температуры. Греют блоки до температуры $670^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$, по достижении указанной температуры дают выдержку, минут 20-30, чтобы массивный блок прогрелся равномерно по всему сечению. Выгруженные отливки незамедлительно подвергают сварке. Сварку выполняют сварочной горелкой СУ с наконечником номер 4 или 5. Ацетилено-кислородное пламя нейтральное без избытка кислорода. В качестве присадочного материала применяют чугунные прутки, в качестве флюса используют раскисляющий порошок на основе буры.

Пламя газовой горелки сосредоточивают на поверхности дефекта, доводят поверхность плавления. Расплавление осуществляют восстановительной частью пламени – 2...3 мм от светящегося ядра. После расплавления

стенок дефекта до здорового металла, чугунным прутом, сварочную ванну тщательно очищают от неметаллических примесей.

Сварку начинают с дна подготовленного таким образом дефекта. Чугунный присадочный пруток погружают в сварочную ванну и непрерывно ее перемешивая, периодически погружают пруток в емкость с флюсом и посыпают флюсом поверхность расплавленного металла.

При заварке краевых дефектов (бобышки, пластики, ребра, уголки) не допускают, чтобы жидкий металл стекал манипулируя пламенем горелки и присадочным прутом. В начале угол наклона присадочного прутка к поверхности должен быть около 80 градусов, потом плавно уменьшаться практически до нуля градусов.

Высота наплавленного металла над основной поверхностью блока цилиндров не должна быть более одного миллиметра.

Чтобы обеспечить нормальную твердость сварного шва после сварки замедляют скорость охлаждения медленно отводя горелку от сварочной ванны на расстояние от 50 до 100 миллиметров и выдерживают наплавленный металл под действием пламени горелки до одной минуты.

Сварка должна быть выполнена за время не более десяти минут, после чего отливку сразу помещают в печь для высокого отпуска.

Для отпуска блока используют ту же печь Температура в печи должна быть $600^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$.

На каждый поддон допускается устанавливать по две отливки.

Время выдержки блоков при отпуске должно составлять не менее 20 минут.

После охлаждения блоков их передают на контроль.

1.5 Особенности сварки и наплавки чугуна

Чаще всего сварку при восстановлении деталей из чугуна применяют для устранения трещин, пробоин и изломов. Чугуны относятся к группам плохо свариваемых металлов. Причина этого высокое содержание углерода,

свыше 2%, Si 1,6-2,0%, Mn 0,5-1,2%, S до 0,12%, P до 0,8% и высокой скоростью охлаждения.

Сварку затрудняют трещины в околошовных зонах при сварке и охлаждении после сварки. К причинам появления трещин относят: возникновение при сварке больших внутренних напряжений, возникновение зон отбела в металле шва. Высокая твердость указанных зон делает проблемной последующую механическую обработку и, также способствует образованию трещин. За счет выгорания углерода и кремния, и быстрого перехода чугунов из жидкого состояния в твердое не успевает произойти дегазация сварочной ванны, что приводит к пористости сварного шва.

Чугунные детали, поработавшие длительное время в условиях высоких температур, плохо свариваются. Дело в том, что углерод и кремний окисляются и чугун охрупчивается. Также сложно сваривать чугунные детали, длительное время эксплуатировавшиеся в контакте с маслом из-за высокой пористости сварного шва. А блок цилиндров, как раз, в таких условиях и эксплуатируется.

По температуре свариваемой детали способы сварки чугуна классифицируют на холодный, полугорячий - полный или местный подогрев до температур 300...400°C, горячий - полный нагрев до температур 600...800°C.

Для холодной сварки необходимы технологические приемы снижающие отбеливание чугуна и остаточные напряжения в самой детали. Рекомендуемая сила сварочного тока от 90 до 120 А при диаметре электрода 3 мм. Сварку следует вести короткими валиками по 40...50 мм. Каждый валик необходимо охлаждать до температуры 330-340°C и проковывать сразу после выполнения сварки.

В состав сварочных материалов можно вводить углерод, кремний, алюминий, титан, никель, медь для более полного процесса графитизации, т.е. обеспечения минимального количества несвязанного углерода. Структура при этом получается перлитно-ферритная, мягкая.

За счет ведения в состав сварочных материалов кислородсодержащих компонентов избыточный углерод максимально удаляется.

Карбидообразующие элементы, вольфрам, хром, ванадий, молибден обеспечивают связывание углерода в труднорастворимые карбиды.

С учетом изложенного холодную сварку можно вести стальными электродами, стальными электродами с введенными в покрытие карбидообразующими элементами, стальными электродами с применением специальных шпилек, чугунными электродами, комбинированными электродами, медными электродами, электродами из монель-металла, электродами из никелевого аустенитного чугуна.

Сварка стальными электродами у которых нет специальных покрытий используется при ремонте малоответственных деталей с небольшими размерами и с малым объемом наплавки. Плотность и прочность соединения в данном случае не оговариваются и не требуется мехобработка. Поскольку стальные электроды дешевы, для расширения их использования разработан и внедрен метод "отжигающих" валиков.

При сварке электродом с защитно-легирующим покрытием выполняют V- или X - образную разделку кромок. Сварку таких деталей выполняют отдельными участками длиной не превышающей 100...120 мм. После наплавки участка шов должен остыть до 60...80°C. Хорошие результаты при сварке по данному методу получаются при использовании электродов УОНИ -13/45. Ток постоянный, полярность обратная. Сварка электродами ОММ-5 и К-5 выполняется и на постоянном, и на переменном токе.

Сварку с применением шпилек и скоб применяют для соединения ответственных деталей. Данный метод обеспечивает получение большой прочности и может быть применен для приварки лап к чугунному корпусу заднего моста, приварки пружин к переднему брусу рамы и т.п..

В подготовленных кромках детали сверлят ряд отверстий, нарезают в них резьбу и заворачивают стальные шпильки. Сварка ведется как на постоянном так и переменном токе с применением электродов типов Э42, Э42А, Э50 и

Э50А. Диаметр электрода зависит от толщины соединяемых чугуновых деталей. Для толщины менее 5 мм составляет 3...4 мм, для толщины 5...10 мм равен 4...5 мм. Сначала выполняют сварку шпилек кольцевыми швами. Затем выполняют заварку методом отжигающих валиков. Для диаметра электрода 3 мм сила сварочного тока должна составлять 90...100 А, для диаметра 4 мм - 130...160 А, 5 мм - 180...200 А.

Сварку чугуновыми электродами применяют для ремонта раковин и трещин. Дуговая сварка чугуновыми электродами выполняется прутками из чугуна марки Б. В составе покрытия такого электрода находится алюминиевый порошок, графит, ферросилиций, углекислый барий и мел. Компоненты покрытия замешивают на жидком стекле.

При сварке чугуновыми электродами получаемый металл сварного шва близок по своему химическому составу к основному металлу. Однако встречаются отдельные отбеленные участки, а это затрудняет последующую механическую обработку. При холодной сварке чугуновыми электродами применяют режимы, приведенные в таблице 1.2.

Для изделий, работающих в условиях незначительных статических и динамических нагрузок применяют сварку медными электродами. Данный способ обеспечивает получение плотных швов. Чаще сварку медными электродами применяют при ремонте малогабаритных деталей. Стержень у таких электродов изготовлен из меди диаметром 3...6 мм.

Таблица 1.2 - Режимы дуговой сварки чугуновыми электродами

Толщина свариваемого металла, мм	Диаметр электрода, м	Сила тока, А
До 15	6	270...300
Свыше 15 до 30	8	300...400
- // - 30 до 40	10	450...500
- // - 40	12	500...650

Стержень обернут низкоуглеродистой проволокой или лентой. Затем наносят покрытие из жидкого стекла и мела. Сварку ведут на переменном и постоянном токе. В случае сварки на постоянном токе используют обратную полярность.

Монель-металл это сплав меди и никеля следующего состава: Cu 30%, Ni 65%, Mn 1,5...2% и Fe 3...3,5%. Применяют сварку электродами из монель-металла в случаях, когда к сварному соединению не предъявляют требования большой прочности. Нагрев при сварке ведут электрической дугой или газовым пламенем. Дуговую сварку ведут на постоянном токе обратной полярности. Валики накладывают короткими участками, вразбежку. Каждый валик охлаждают и проковывают. Плотность шва получается на должном уровне. Сварной шов легко обрабатывать режущим инструментом.

Проволока ПАНЧ-11 разработана в Институте электросварки им. Патона. К несомненным ее достоинствам следует отнести возможность сварки открытой дугой без применения дополнительной защиты и подогрева деталей. Проволока ПАНЧ-11 нашла использование при ремонте корпусных деталей машин, к которым относится блок цилиндров. Прочность металла шва плотность высокая. Предел прочности достигает 550 МПа.

Предпочтительно при сварке проволокой ПАНЧ-11 применять постоянный ток прямой полярности. Рекомендуемые режимы сварки для проволоки диаметром 1,2 мм следующие: сварочный ток $I_{СВ} = 100...140\text{А}$; напряжение дуги $U_{СВ} = 14...18\text{ В}$; скорость сварки $V_{СВ} = 0,15...0,25\text{ см/с}$. Для сварки данной проволокой могут быть применены шланговые полуавтоматы, обеспечивающие подачу проволоки диаметр которой 1,0...1,2 мм. В частности серии ПДГ.

Полугорячая сварка чугуна требует предварительного нагрева свариваемых деталей печах, горнах или газовыми горелками до температур 300...400°C.

Используют при полугорячей сварке низкоуглеродистые стальные электроды типа ОММ-5, МР-3, К-5 и УОНИ, стальные электродами со

специальными покрытиями, чугунные электроды. Если источник нагрева ацетиленокислородное пламя применяют чугунные присадочные прутки. Чтобы обеспечить замедленное охлаждение сваренные изделия засыпают сухим песком или мелким древесным углем.

Нагрев при горячей сварке для мелких деталей достигает температур 500...700°C, а для крупногабаритных достигает температур 700...800°C. Нагревают детали в печах и заваривают трещины или выполняют наплавку в горячем состоянии.

Чтобы деталь не остыла ниже 500° С после нагрева сварку ее ведут в термосе со стенками из листовой стали, двойными, и асбестовым наполнителем между ними. В термосе следует предусмотреть люки, для доступа при заварке типичных для данного изделия дефектов.

В качестве присадки при газовой сварке применяют прутки из чугуна типа А или чугунные электроды со стержнями марок А и Б. Применяют в качестве флюса прокаленную техническую буру или смесь следующего состава 50 % буры и 50 % натрия двууглекислого. Применяют также флюсы ФСЧ-1 и ФСЧ-2.

После сварки детали медленно охлаждают вместе с печью или под слоем мелкого древесного угля.

Способом горячей сварки обеспечивают получение прочного, плотного и однородного по химическому составу с материалом детали шва.

К недостаткам данного способа следует отнести сложность применяемого оборудования, низкую производительность и высокую стоимость восстановления деталей.

Применение полугорячей и горячей сварки чугунных деталей ограничено рамками специализированных ремонтных предприятий. Поэтому данные технологии являются для нас нежелательными.

1.6 Задачи работы

Блок цилиндров является ответственной деталью, работающей в условиях достаточно мощных нагрузок как механических так и термических. В процессе эксплуатации блоки цилиндров получают различные повреждения. С учетом большой стоимости блока, как запчастей, и, в некоторых случаях необходимости продолжительного ожидания прибытия запчасти, трудоемкости и материалоемкости отливки целесообразно производить их восстановление. Восстановлению подлежат не все дефекты, например, сквозные дефекты рубашки охлаждения восстановлению не подлежат.

На специализированных предприятиях автосервиса применяют горячую сварку и нагрев ацетилено-кислородным пламенем. Данное технологическое решение обеспечивает высокий уровень качества отремонтированного блока без зон отбела, прослоек карбидов и т.п. Но степень механизации и автоматизации данного техпроцесса низкая. Отчасти это обусловлено тем, что дефекты появляются без какой либо системы по местоположению и размерам и автоматизация и механизация данной технологии проблематична. Также малая производительность данного техпроцесса обусловлена низкой концентрацией энергии у газового пламени, применяемого в качестве источника тепла.

Вместе с тем, есть ряд возможных для блока цилиндров способов сварки чугуна, в том числе обеспечивающих высокую прочность, плотность и должный уровень пластичности соединения.

Исходя из изложенного сформулируем следующие задачи, последовательное выполнение которых позволит достичь цели дипломного проекта:

1. Выбор способа сварки.
2. Разработка технологии восстановления дефектного блока цилиндров

3. Подбор оборудования
4. Разработку мероприятий по технике безопасности;
5. Экономический расчет.

2 Разработка проектной технологии

2.1 Выбор способа восстановления

Газопламенные – это виды обработки, когда обрабатываемый металл греют пламенем от сжигания газов или паров горючих жидкостей, как правило в смеси с кислородом. Температура газового пламени позволяет проводить сварку, паять, резать металл, наплавлять на деталь слой обладающий нужными свойствами, греть отдельные участки деталей для проведения локальной термообработки, правки или очистки.

Для газопламенной сварки кромки соединяемых деталей должны быть нагреты пламенем до температур, превышающих температуру плавления соединяемого металла, рисунок 1.5. Образуется сварочная ванна. Затем горелка перемещается сарщиком по стыку деталей, производя последовательное его оплавление. За горелкой жидкий металл, остывает, кристаллизуется и образует сварной шов. Если есть необходимость получения сварного шва с усилением, в зону пламени осуществляют подачу прутка или проволоки присадочного металла, который расплавляется и попадает в сварочную ванну.

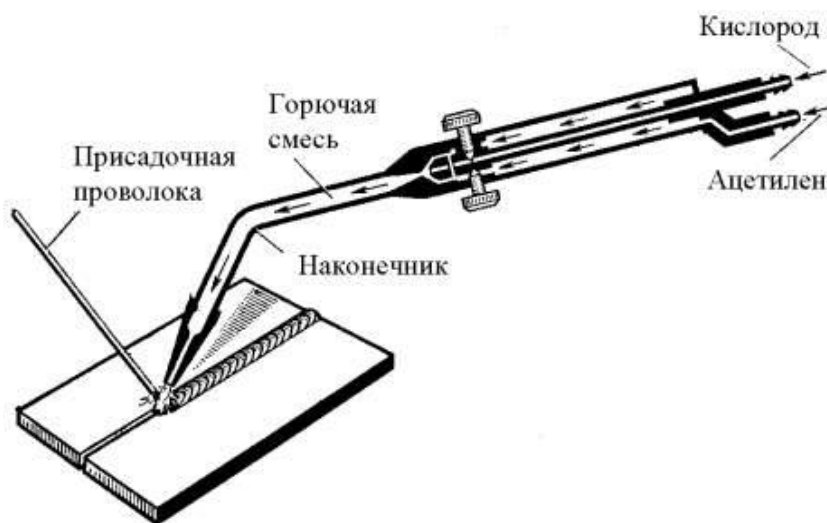


Рисунок 1.5 - Схема газопламенной сварки

К преимуществам данного способа сварки необходимо отнести

следующие: возможность выполнять сварку металла малых толщин; простота процесса сварки металлов, для которых необходим предварительный подогрев и замедленное охлаждение сварного шва, простое и дешевое применяемое оборудование.

Однако, в сравнении с другими источниками нагрева, используемыми при сварке плавлением, пламя газовой горелки- наименее сосредоточенный источник тепла. Если эффективная тепловая мощность, вводимая за единицу времени в металл свариваемой детали одинакова, то газовое пламя вводит через единицу площади в 8...12 раз меньше тепла, чем электрическая дуга. Поэтому размер пятна нагрева от газового пламени в 2,5...3,5 раза превышает размер пятна нагрева от сварочной дуги и достигает 6...8 см. Поэтому, чтобы прогреть металл пламенем горелки до температуры начала плавления, необходимо больше времени, чем при использовании электрической дуги. Поэтому производительность газопламенной сварки с увеличением толщины свариваемых кромок резко снижается.

Кроме того, при медленном нагреве, характерном для газопламенной сварки, свариваемый металл длительное время пребывает в зоне высоких температур. Это приводит к перегреву металла, укрупнению зерна. Как следствие, механические свойства металла шва (прочность, пластичность, вязкость) после газопламенного нагрева при сварке снижаются больше, чем после дугового [2].

Большой размер зоны нагрева газовым пламенем приводит к увеличению деформаций свариваемых деталей. Учитывая, что блок цилиндров весьма точное изделие, требуются дополнительные технические приемы.

Газовую сварку чугуна ведут с использованием в качестве присадочного материала чугунных прутков типа А или изношенных поршневых колец из серого чугуна. В качестве флюса используют прокаленную техническую буру или смесь 50 % буры и 50 % двууглекислого натрия. Применяют также флюсы марок ФСЧ-1 и ФСЧ-2.

В работе [15] для наплавки чугуна предложен индукционный нагрев. Разработана физико-химическая модель наплавки с применением индукционного нагрева. Модель описывает взаимодействие расплавленного металла и шлака, и позволяет прогнозировать химический состав на стадии проектирования технологии наплавки.

Результаты проведенных исследований позволили предложить новые конструкции и способы упрочнения индукционной наплавкой высоколегированных белых чугунов на стали марок 65Г, 50ХГА, деталей работающих в условиях абразивного износа и ударных нагрузок. Разработка повышает их износостойкость в сравнении с деталями, упрочненными известными технологиями в 2,0-2,5 раза.

Преимущества данной технологии – упрочнение наносимого слоя в процессе наплавки и высокая производительность за счет применения концентрированного источника энергии. Однако для реализации технологии требуется дорогостоящее оборудование. Кроме того, исследования проводились для случая наплавки слоя чугуна на сталь. Применительно к геометрии наплавляемого дефекта потребуются, опять таки, дополнительные исследования.

В работе [16] предложен другой вариант высококонцентрированного источника нагрева – плазменная наплавка. Данное техническое решение обеспечивает высокую производительность, за счет применения высококонцентрированного источника нагрева. Кроме того, способ обеспечивает стабильность процесса наплавки, небольшую глубину проплавления основного металла.

Однако и здесь требуются дополнительные исследования, так как параметры режима оптимизированы для случая наплавки втулок цилиндров с кавитационным износом поверхности.

Другим направлением повышения производительности базового технологического процесса является применение технологий полугорячей или холодной сварки. Указанные способы позволяют экономить

энергоносители, и, за счет отсутствия операции предварительного подогрева экономить время.

Однако данные технологии требуют использования специальной присадки для получения сварных швов высокого качества. Например, хорошие результаты дает порошковая проволока ПАНЧ-11 на основе никеля.

Для выдачи рекомендаций по возможности наплавки данной проволокой произвели сварку опытных образцов, после чего исследовали микроструктуру соединений.

Показано, что при сварке с местным подогревом до температур порядка 300-400°C на микроструктуре сварных соединений отсутствуют зоны отбеливания. Макроструктура соединения с указанными местами съемки микроструктур приведена на рисунке 2.1.

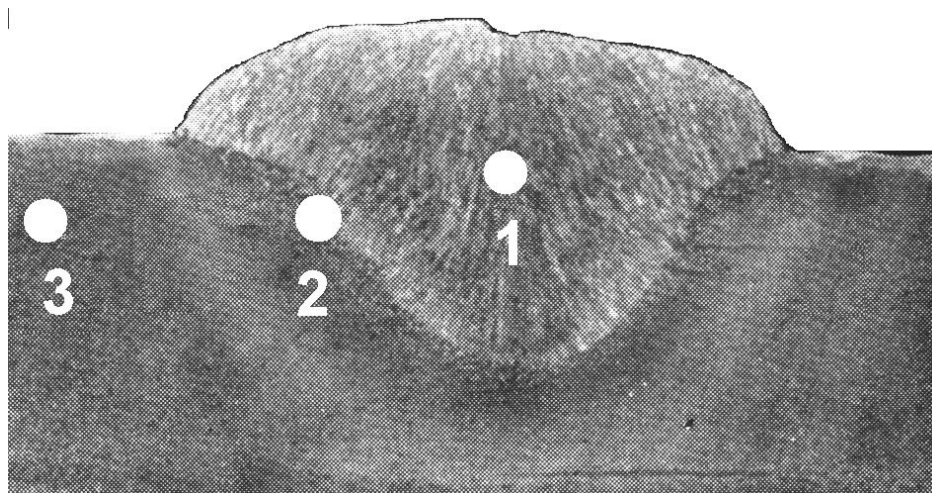


Рисунок 2.1 - Макроструктура наплавленного дефекта, x10

1 – наплавленный металл; 2 – переходная зона; 3 – основной металл

Микроструктуру соединений готовили по стандартной методике. Травление осуществляли 4% раствором азотной кислоты в этиловом спирте. Микрошлиф погружали в раствор на 20-30 сек.

Показано, что на микроструктуре наплавленного металла имеет место двухфазная структура с включениями графита. Наплавленный металл плотный, без пористости.



Рисунок 2.2 - Микроструктура наплавленного металла, х300

На микроструктуре переходной зоны следов отбеливания не выявлено,
рис. 2.3.

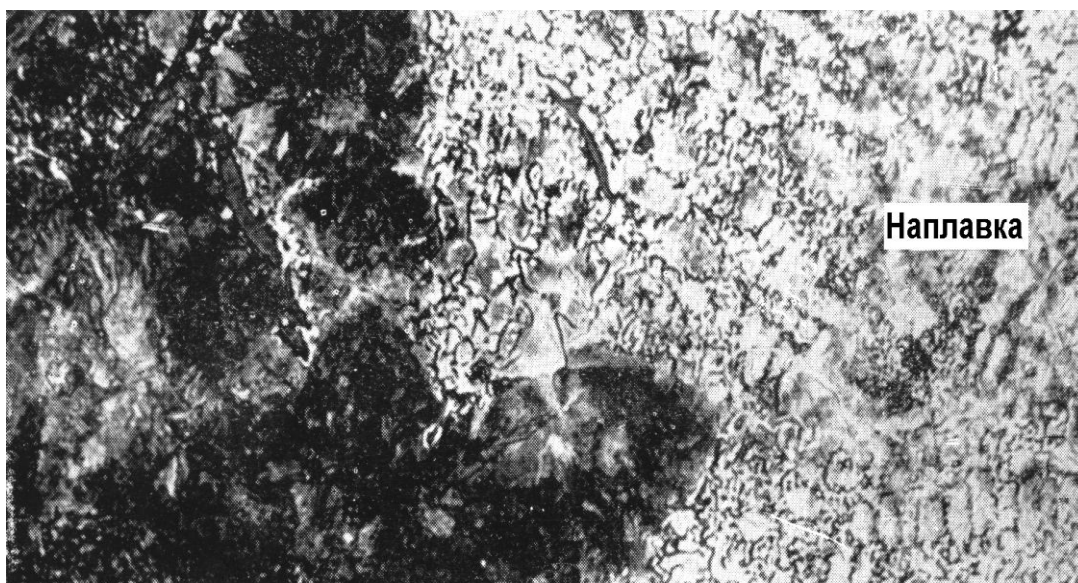


Рисунок 2.3 - Микроструктура переходного металла, х300

Для сравнения, на рис. 2.4. показана структура основного металла.

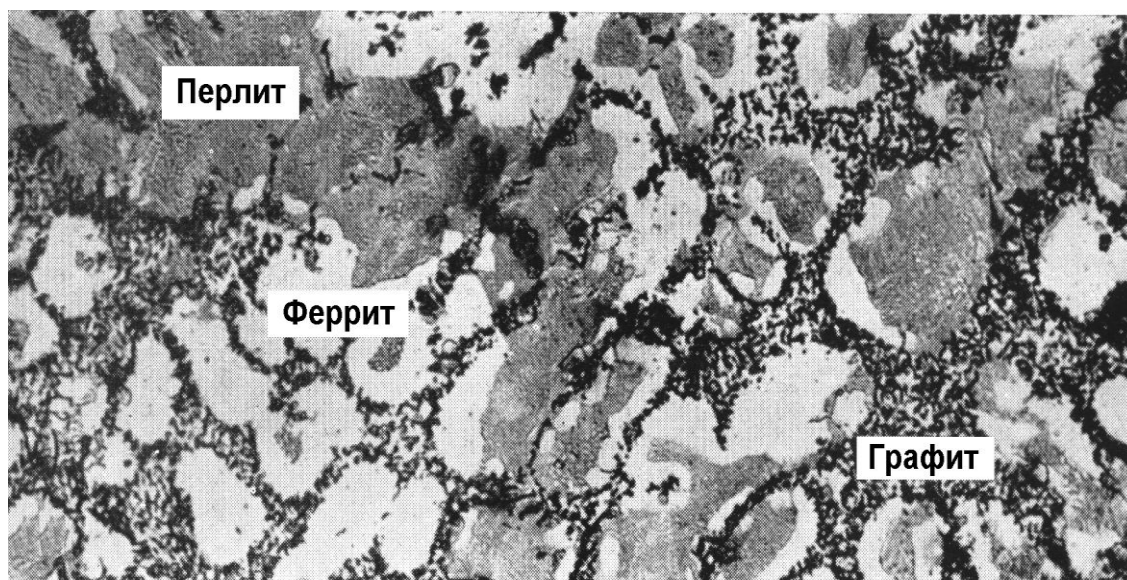


Рисунок 2.4 - Микроструктура основного металла, х300

При сварке без предварительного подогрева в переходной зоне были выявлены отдельные зоны отбеливания. Поэтому рекомендуем полугорячую сварку с местным подогревом.

2.2 Проектная технология ремонта

Технологический процесс исправления дефектов блоков цилиндров из чугуна можно внедрять на станциях технического обслуживания, даже на дорожных. Первая операция технологического процесса не изменяется. Обнаруженные дефекты, подлежащие исправлению, отмечают белым мелом.

Следующая операция – очистка блока от загрязнений. Она также не изменяется.

После очистки отливки передаются на операцию заварки дефектов. Выполняют предварительный местный подогрев блока. Блок греют газовой горелкой до температуры в районе дефекта (в радиусе 100...150 мм) 300-350°C. Нагрев ведут газовой горелкой ГЗУ-2-62, температуру контролируют термоиндикаторными карандашами. По достижении требуемой температуры не позже чем через 2 минуты приступить к сварке. Дугу зажигать на дне дефекта, в центре. Заполнять дефект спиральным движением, рис. 2.5. Валики перекрывать не менее чем на 1/3 ширины, рис. 2.6.

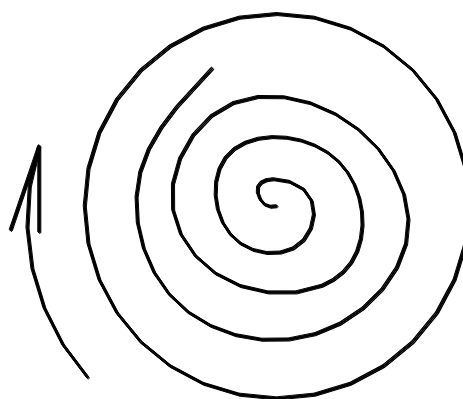


Рисунок 2.5 - Последовательность заполнения дефекта

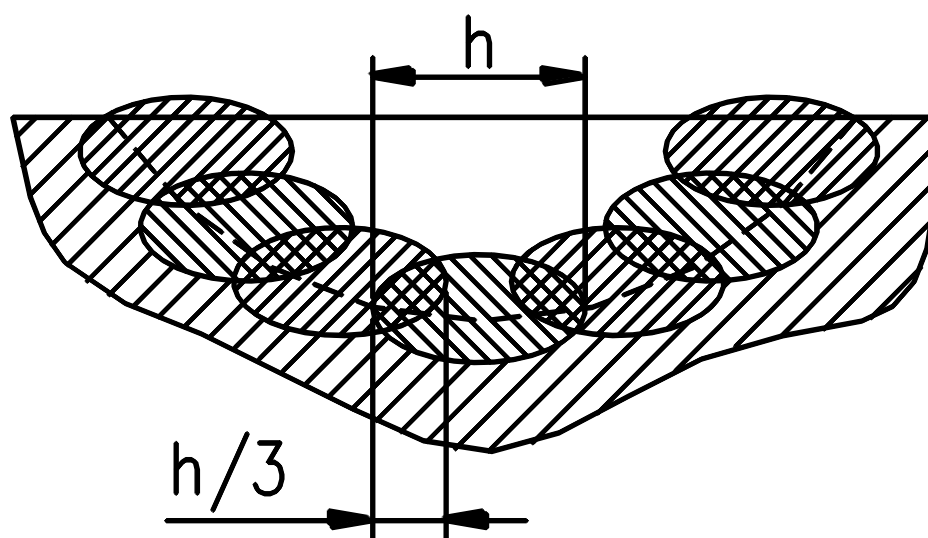


Рисунок 2.6 - Схема перекрытия валиков

Режимы сварки следующие. Ток постоянный, полярность прямая. Сварочный ток: $I = 100 \dots 140$ А, напряжение на дуге: $U = 14 \dots 18$ В, скорость сварки: $V_{св} = 9 \dots 15$ см/мин. После первого прохода сварщик оценивает степень заполнения дефекта и при необходимости продолжает наплавку, каждый раз начиная от центра и далее по спирали, как было указано выше. Перерыв при переходе к наплавке следующего слоя не допускается. Наплавленный металл не должен выступать над поверхностью более чем на 1 мм.

Не позже чем через 10 минут после охлаждения отливки передаются на отпуск. Температура отпуска должна быть $600^\circ \text{C} \pm 20^\circ \text{C}$.

Дверцы печи допускается открывать только при загрузке и выгрузке.

Выдержка блока в нагревательной печи должна составить не менее 20

минут.

После охлаждения отливок их передают на операцию контроля.

Контроль блока цилиндров после исправления дефектов механизированной сваркой проводится, так же как и в базовом технологическом процессе.

3 Подбор оборудования

Для механизированной сварки кроме источника питания требуются устройства, обеспечивающие автоматическую подачу присадочной проволоки в зону горения дуги – сварочные полуавтоматы. Перемещение дуги вдоль свариваемых кромок осуществляет сварщик вручную. Сварочный полуавтомат состоит из горелки, шланга, механизма подачи сварочной проволоки, системы управления, аппаратуры для подачи защитного газа и баллона с газом.

В качестве источника питания выбираем выпрямитель. Необходимость в применении источника питания постоянного тока обусловлена требованиями по применению порошковой проволоки ПАНЧ-11.

Сварочные выпрямители обеспечивают питание сварочной дуги постоянным током. Преобразование переменного тока в постоянный происходит с помощью полупроводниковых вентилях. Сварка на постоянном токе обладает рядом преимуществ. Поэтому выпрямители получили широкое применение сварочной технике. У сварочных выпрямителей на тиристорах и транзисторах есть преимущества. Они обеспечивают стабильность режима сварки при изменениях напряжения питающей сети, дистанционное управление и программируемый режим сварки.

На рисунке 3.1 приведена общая функциональная блок-схема сварочного выпрямителя. Выпрямитель содержит силовой трансформатор СТ; выпрямительный блок СВД и пусковую, контролирующую и защитную аппаратуру ПРiЗА. Дроссель ДР включают в цепь постоянного тока для сглаживания пульсаций, что позволяет уменьшить разбрызгивание при сварке.

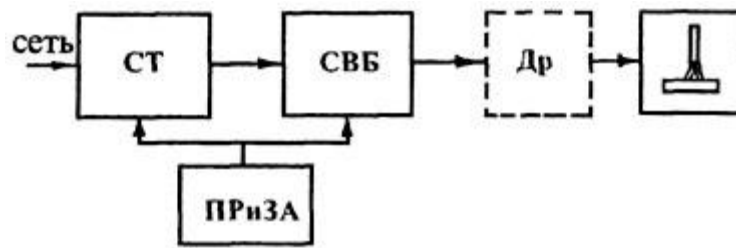


Рисунок 3.1 - Блок-схема сварочного выпрямителя

Силовые трансформаторы, СТ для сварочных выпрямителей применяют те же, что и для сварки переменным током - понижающие с нормальным или развитым рассеянием. Главное отличие в том, что для выпрямителей трансформаторы выполняют в основном не однофазными, а трехфазными.

Применяют в сварочных выпрямителях три вида полупроводниковых приборов: диоды (неуправляемые), тиристоры (управляемые частично) и транзисторы (управляемые полностью).

У диода один p-р-переход и два силовых вывода - анод и катод. Диод способен пропускать ток в прямом направлении и в обратном направлении запирает.

Наибольшее применение в сварочных выпрямителях нашли диоды и тиристоры штыревого и таблеточного исполнения, рисунок 3.2.

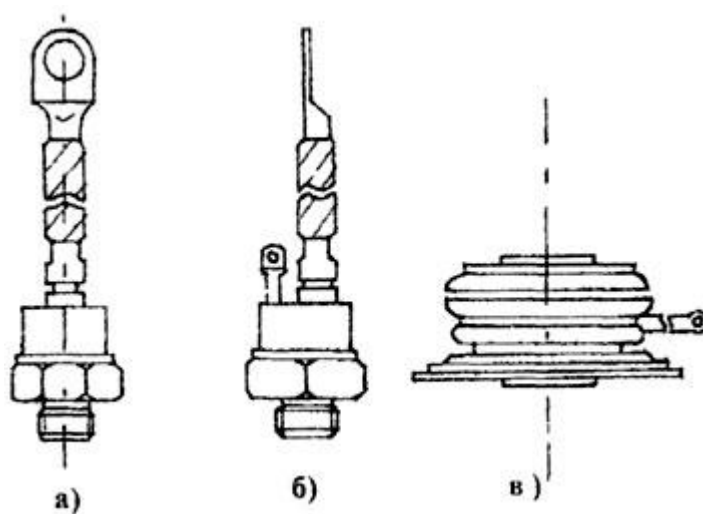


Рисунок 3.2 - Диод (а) и тиристор штыревого (б) и таблеточного (в) исполнения

Один силовой вывод у вентиля штыревого исполнения, анод или катод, выполняют в виде шпильки с резьбой чтобы присоединять к радиатору. Второй вывод выполняют гибким или жестким. Вентили таблеточного исполнения охлаждают с обеих силовых выводов, так как их плоские поверхности представляют собой анодный и катодный выводы.

Вентили в сварочных выпрямителях работают в условиях значительных перегрузок. Перегрузки бывают двух видов: обратными напряжениями и прямыми токами.

Особую опасность для вентиля представляют перегрузки по обратному напряжению. Они могут стать причиной пробоя. Эти перегрузки возникают в момент перехода вентиля от проводящего состояния к непроводящему, при коммутации тока с вентиля на вентиль, при выключении трансформатора в режиме холостого хода. При этом возникает ЭДС самоиндукции, которая существенно превосходит величины допустимых обратных напряжений, на которые рассчитаны вентили. Чтобы защитить вентиль от перегрузок по обратному напряжению применяют шунтирование вентиля цепью $R - C$, рисунок 3.3. Когда на выводах вентиля появляется возрастающая разность потенциалов заряжается конденсатор C , а затем разряжается через силовую цепь вентиля по направлению прямого тока. В результате происходит снижение на 20...30 % скачков напряжения при переходном процессе.

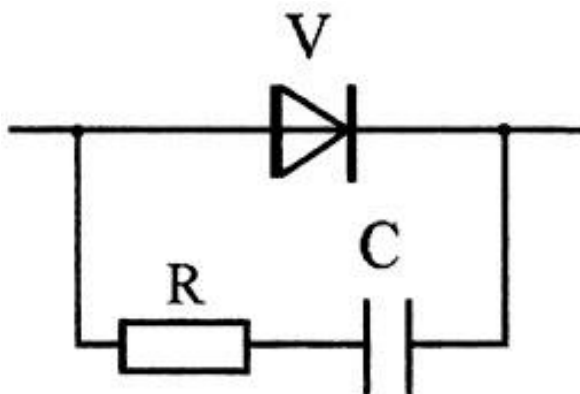


Рисунок 3.3 - Схема защиты вентиля от перенапряжений $R-C$ цепью

Перегрузки прямыми токами появляются в момент возбуждения дуги контактным способом и при коротких замыканиях капель расплавленного металла дугового промежутка в случае крупнокапельного переноса металла. Для падающей внешней характеристике величина тока в такие моменты может превысить номинальное значение в 4...8 раз. В результате таких перегрузок может произойти пробой вентиля из-за перегрева. Особую опасность представляют длительные перегрузки по току при защите от них быстродействующими воздушными автоматами. Для борьбы с данным явлением вентили принудительно охлаждают воздухом и используют специальные радиаторы с высокой интенсивностью отвода тепла.

Чтобы предотвратить перегрев вентиля в случае отказа системы воздушного охлаждения, устанавливают реле контролирующее вентиляцию. В случае отказа вентилятора такое реле выключает питание выпрямителя.

В выпрямителях вентили соединяют по специальным схемам, называемым схемами выпрямления. Применяют много вариантов таких схем: одно- и двухполупериодные, однофазные, трехфазные, шестифазные, с выведенной нулевой точкой, мостовые и другие.

По виду внешней характеристики выпрямители классифицируют на три группы:

- 1) падающая внешней характеристикой;
- 2) жесткая или пологопадающая внешняя характеристика;
- 3) универсальные, у них как падающая, так и жесткая внешняя характеристика.

Выпрямители, у которых падающая внешняя характеристика, применяют при ручной дуговой сварке, сварке под флюсом, сварке неплавящимся электродом в инертном газе, при плазменной обработке (сварке, резке, напылении). У данных выпрямителей несколько вариантов создания падающей характеристики и способов регулирования сварочного тока. Применяют для этих целей трансформаторы с развитым магнитным

рассеянием. Другой вариант – применение дросселя насыщения. В некоторых случаях применяют фазовое регулирование тиристорных выпрямителей и обратную связь по току.

По количеству одновременно питаемых постов выпрямители с жесткой или пологопадающей внешней характеристикой классифицируют на однопостовые и многопостовые.

Однопостовые выпрямители применяют, в основном, для сварки в углекислом газе, и под флюсом. Многопостовые выпрямители применяют для ручной дуговой сварки, под флюсом и в среде углекислого газа.

Также для разных способов дуговой сварки применяют универсальные выпрямители. В основном в них применяют тиристоры и получение требуемых внешних характеристик реализуют путем фазового регулирования и обратной связью по току и напряжению.

Преимущество тиристорных выпрямителей в бесконтактном регулировании напряжения и тока в достаточно широких пределах и в возможности стабилизации выходных параметров в случае изменения напряжения сети. Легко реализуется дистанционное регулирование тока сварки, и легко формируются любые внешние характеристики, и жесткие, и падающие.

Фазовое регулирование, применяемое в тиристорных выпрямителях, заключается в изменении величины угла управления тиристорных, что приводит к изменению величины выпрямленного напряжения.

Сейчас промышленность предлагает широкую номенклатуру универсальных тиристорных выпрямителей, способных получать как крутопадающие, так и жесткие внешние характеристики. Все они укомплектованы пультами плавного дистанционного регулирования сварочного тока и напряжения. Кроме того, на них устанавливают схемы по стабилизации режима при изменении величины напряжения питающей сети.

В случае сварки в углекислом газе у дуги возрастающая вольтамперная характеристика, поэтому устойчивость горения

обеспечивается при падающих, жестких и слегка возрастающих характеристиках источников питания. Однако тип внешней характеристики влияет на особенности переноса металла в дуге. У большинства режимов перенос крупнокапельный с короткими замыканиями, что приводит к повышенному разбрызгиванию. Показано, что минимальное разбрызгивание происходит при соотношении тока короткого замыкания к номинальному 4...5, а это бывает при пологопадающей характеристике. Помимо этого, на разбрызгивание большое влияние оказывает скорость нарастания тока короткого замыкания. Для регулирования скорости нарастания тока короткого замыкания в сварочную цепь включают индуктивность.

Поэтому для нашего случая рекомендуем источник питания с дросселями насыщения с режимом самоподмагничивания. Достоинства таких выпрямителей - отсутствие подвижных частей, плавное регулирование, возможности по стабилизации сварочного тока. Недостатки - большая масса, сравнительно низкий КПД, нет возможности регулировать напряжение холостого хода.

Блок-схема такого выпрямителя на рисунке 3.4. Данный выпрямитель укомплектован: силовым трансформатором СТ у которого нормальное магнитное рассеяние и жесткая внешняя характеристика; дросселем насыщения Дн, нужным для регулирования выпрямленного напряжения;

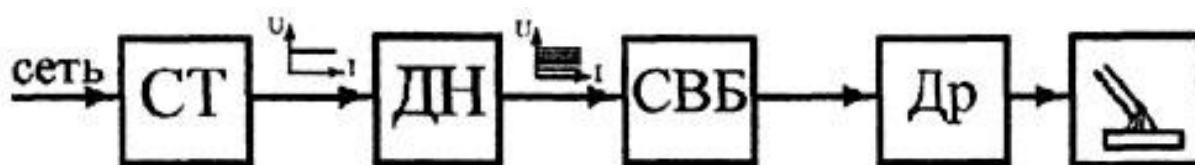


Рисунок 3.4 - Блок-схема выпрямителя с жесткой характеристикой
с дросселем насыщения

выпрямительным блоком ВБ на неуправляемых вентилях и дросселем Др, для снижения разбрызгивания.

Проведем анализ самых распространенных источников питания с дросселями насыщения в режиме самоподмагничивания, табл. 3.1. По

величине сварочного тока они нас устраивают все, напряжение питания у них всех 380 В, но практически во всех автосервисах розетка на 380 В есть.

Электрические схемы универсальных тиристорных выпрямителей обеспечивают получение и крутопадающих и жестких характеристик. У них у всех есть возможность плавного дистанционного регулирования тока сварки и напряжения. Также все обеспечивают стабилизацию режима при скачках напряжения питающей сети.

На блок-схеме универсального тиристорного выпрямителя, рисунок 3.5, силовой трансформатор обозначен СТ и выполняется с нормальным магнитным рассеянием. У него естественная жесткая пологопадающая характеристика. Выпрямительный блок СВБ выполнен из тиристоров соединенных по трехфазной мостовой схеме. Блок фазового управления БФУ формирует импульсы, подаваемые на управляющие электроды силовых тиристоров, фаза которых определяет длительность протекания тока через вентиль, а, следовательно, величину выпрямленного

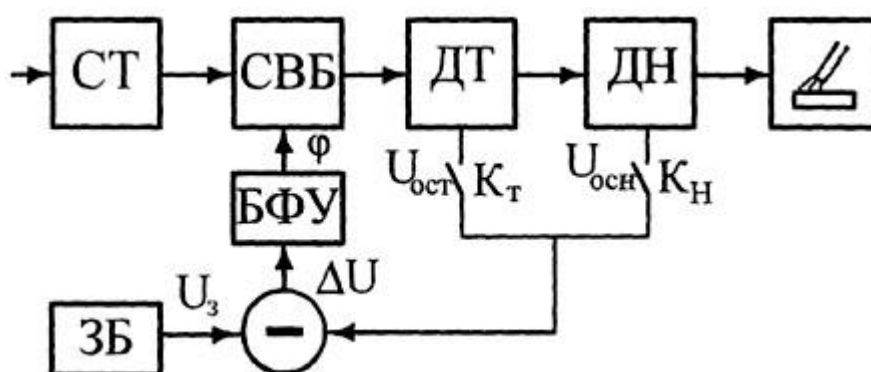


Рисунок 3.5 - Блок-схема универсального тиристорного выпрямителя напряжения. Фаза импульсов ϕ зависит от ΔU - разности заданного напряжения (U_z), вырабатываемого блоком ЗБ и напряжения обратной связи, вырабатываемого датчиком тока ДТ ($U_{ост}$) или датчиком напряжения ДН ($U_{осн}$).

Анализ данных в таблице 3.1. и 3.2. показывает, что тиристорные выпрямители весят больше, поэтому лучше взять источники питания с дросселями насыщения в режиме самоподмагничивания ВС-300Б. Принципиальная электрическая схема его приведена на рис. 3.6.

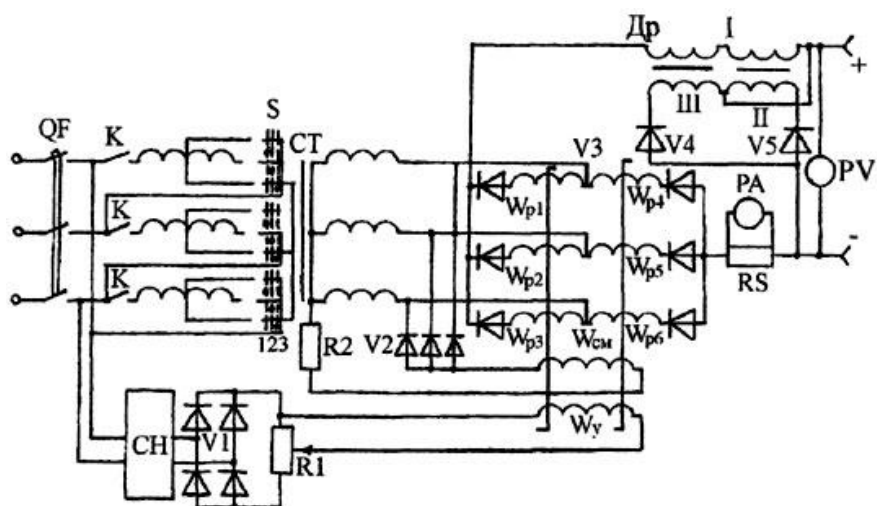


Рисунок 3.6 - Принципиальная электрическая схема выпрямителя ВС-300Б

После выбора выпрямителя выберем полуавтомат. По местоположению подающего механизма полуавтоматы разделяют на толкающего типа и тянущего типа. В полуавтомате толкающего типа проволоку подают с катушки механизмом, установленным рядом с катушкой. Механизм содержит электродвигатель переменного или постоянного тока, коробку скоростей, ведущий и прижимной ролики. Подача проволоки происходит с постоянной скоростью через канал внутри гибкого шланга, далее через держатель и наконечник.

Механизмы подачи могут содержать два или несколько подающих роликов различного конструктивного исполнения и в различных сочетаниях.

Анализ выпускаемого промышленностью сварочного оборудования позволяет остановить выбор на полуавтомате ПДГ-301. Этот полуавтомат выполняет подачу нужного нам диаметра сварочной проволоки и работает в нужном нам диапазоне сварочных токов. Длина шланга полуавтомата ПДГ-301 достаточна для сварки блока цилиндров. Меньше габариты у источника А-547У, но он комплектуется шлангом меньшей длины, который не обеспечит доступ ко всем сварным швам, без изменения положения свариваемого изделия в пространстве.

В качестве источника питания данный полуавтомат комплектуется выпрямителем ПСГ-500. Однако, анализ технической документации данного

аппарата позволяет сделать вывод о том, что в данном случае соединение источника питания с механизмом подачи проволоки следует осуществлять только через специальное устройство – адаптер. Адаптер служит для соединения электрических цепей источника питания и механизма подачи.

Адаптер позволяет подсоединить к одному источнику два механизма подачи, но работать они могут только последовательно. Выбираем следующие адаптеры: K350 или K350-1. Анализ стоимости [8, 9] показывает, что выпрямитель ПСГ-500 стоит больше, чем адаптер K350 и источник питания ВС-300Б вместе

4 Безопасность и экологичность проекта.

4.1 Конструктивно-технологическая характеристика технического объекта.

Тема дипломного проекта: «Разработка технологии восстановления чугунных корпусных деталей для предприятий автосервиса». Технологический процесс исправления дефектов блоков внедряется в автосервисе, на участке, общий вид которого показан на рисунке 4.1.

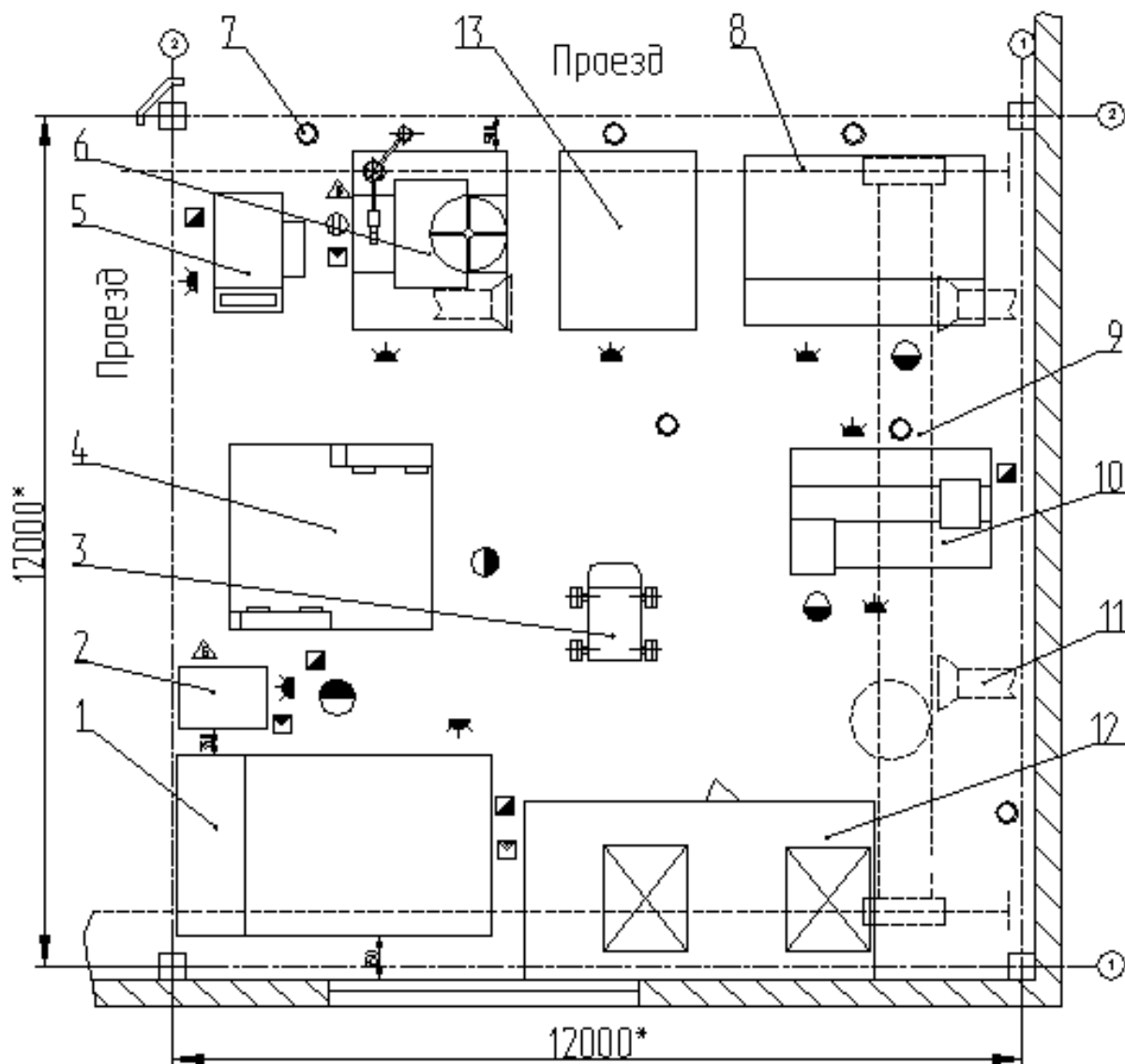


Рисунок 4.1 - Общий вид участка ремонта блоков цилиндра

На участке установлено следующее технологическое оборудование, таблица 4.1.

Таблица 4.1 – Оборудование участка сварки

№ позиции на эскизе участка	Работы, операции.	Наименование оборудования, инструмента
1	3	2
1	Выявление дефектов блока	Пост входного контроля
2	Очистка блока от грязи	Пост очистки
3	Перемещение блока между операциями	Тележка инвентарная
4	Складирование блоков между операциями.	Площадка промежуточная
5	Сварка дефектов	Полуавтомат сварочный ПДГ-301
6	Манипуляция изделием	Вращающийся элемент
7	Удаление аэрозоля и пыли, образующихся при сварке	Вентиляция местная
8	Отжиг блока	Электродпечь
9	Перемещение блоков по участку	Электроталь
10	Контроль восстановленного блока на наличие дефектов	Пост выходного контроля
11	Обеспечение воздухообмена	Вентиляция приточная
12	Хранение инструмента и расходных материалов	Склад для инструментов и расходных материалов
13	Промежуточное хранение изделий	Место складское

Установленное на участке оборудование требуется для выполнения сварочных работ, перемещения блоков по участку и их дефектации, послесварочного контроля блоков, хранения присадочных материалов и необходимого инструмента.

Первая операция проектной технологии входной контроль. Обнаруженные дефекты, которые можно исправить, контролер фиксирует белым мелом.

Затем выполняют операцию очистки. После выполнения очистки дефектные блоки передают на операцию заварки дефектов. Здесь производится предварительный местный подогрев детали. По достижении

заданной температуры не позже чем через 2 минуты приступают к сварке. После первого прохода сварщик оценивает степень заполнения дефекта и при необходимости продолжает наплавку. Перерыв при переходе к наплавке следующего слоя не допускается.

Не позже чем через 10 минут после охлаждения детали передаются на высокий отпуск.

Технологический паспорт участка восстановления представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Технологический паспорт объекта

№ п/п	Технология	Операция, выполняемые работы	Должность работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Сварка блока цилиндров	Входной контроль сварка	Сварщик изделий из тугоплавких металлов,	Выпрямитель ВС-300Б, полуавтомат ПДГ-302	Проволока сварочная ПАНЧ-11.

4.2 Идентификация профессиональных рисков.

Технологический процесс сварки дефектных блоков цилиндра сопряжен с опасностями, вызванными различными причинами. Опасности могут привести человека как к временной так и к полной нетрудоспособности [12]. Все зависит от стечения обстоятельств, от интенсивности воздействия.

При сварке блоков цилиндра можно выделить следующие опасные и вредные производственные факторы: в воздухе у рабочей зоны повышено содержание озона, оксидов азота и аэрозолей, состоящих преимущественно, из оксидов металлов; повышенная температура поверхностей деталей и узлов фермы; повышенное напряжение в электрической цепи; наличие на производственном участке яркого излучения [16].

Анализ рисков, обусловленных опасными и вредными производственными факторами проведем в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Идентификация профессиональных рисков.

№п/п	Производственно-технологическая и/или эксплуатационно-технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и /или вредный производственный фактор	Источник опасного и /или вредного производственного фактора
1	Сварка блока, контроль сварных соединений и геометрии изделия.	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях кузова, инструментов и оборудования; движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы; повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; повышенная температура воздуха рабочей зоны; повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенная пульсация светового потока;	Блок цилиндров, выпрямитель, полуавтомат

4.3 Средства снижения рисков

Приемы и средства уменьшения действия опасных и вредных производственных факторов на рабочих производственного участка рассмотрим в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Средства уменьшения действия опасных и вредных производственных факторов

№ п/п	Опасный и / или вредный производственный фактор	Организационные методы и технические средства защиты, снижения, устранения опасного и / или вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;	Предостерегающие надписи, соответствующая окраска, ограждения.	
2	повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;	вентиляция	респираторы
3	повышенная температура поверхностей оборудования, материалов;		Спецодежда, перчатки
4	повышенная температура воздуха рабочей зоны;	вентиляция	
5	повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;	Заземление электрических машин. Периодический контроль изоляции.	
6	повышенная пульсация светового потока;	Экранирование места сварки щитами,	маска сварщика
7	острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях кузова		Перчатки, спецодежда.

4.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сварки

Пожаром называется неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей, интересам общества, государства [16] .

На участке сварки блока цилиндров возможны пожары. Основные классы пожара на участке и сопутствующие пожару опасные факторы приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	Сварки блока цилиндров	Выпрямитель, полуавтомат	пожары, связанные с воспламенением и горением веществ и материалов электроустановок, находящихся под электрическим напряжением (Е)	Пламя и искры; тепловой поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода; снижение видимости в дыму (задымленных пространственных зонах).	вынос (замыкание) высокого электрического напряжения на токопроводящие части технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

Таблица 4.5 - Средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и ручной)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
Ящики с песком, кошма, огнетушитель ОУ-1	Пожарные автомобили или (вызываются)	Не применяются	Не применяются	Краны пожарные напорные пожарные рукава	Действия согласно плану эвакуации	Лопата, багор, топор	Телефон в помещении начальника участка, кнопка извещения о пожаре

Таблица 4.6 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Наименование технологического процесса, оборудования, технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые требования по обеспечению пожарной безопасности, реализуемые эффекты
Сварка	обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности, проведение учений с производственным персоналом по поводу пожарной безопасности, создание добровольной пожарной дружины.	На участке необходимо иметь первичные средства пожаротушения в достаточном количестве, должны быть защитные экраны, ограничивающие разлет искр.

4.5 Обеспечение экологической безопасности рассматриваемого технического объекта

Таблица 4.7 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта,	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву,)
Сварка	Выпрямитель, полуавтомат	газообразные частицы; сажа;	Утечка масла,.	упаковка от сварочной проволоки,

				бумажная, полиэтиленовая; металлолом, преимущественно стальной; бытовой мусор.
--	--	--	--	---

Таблица 4.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду.

Наименование технического объекта	Сварка
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установить в систему вентиляции участка фильтры, которые улавливают частицы сажи
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Установка фильтров для исключения проникновения масла в воду

Заключение по разделу

В ходе выполнения данного раздела дипломного проекта были выявлены опасные и вредные производственные факторы при лазерной сварке кузова автомобиля.

Анализ возможности их устранения показал, что используя стандартные средства обеспечения безопасности и санитарии производства, можно обеспечить безопасность работников сварочного участка при внедрении в производство разработанных в бакалаврской работе технологических решений.

Специальные и дополнительные средства защиты не нужны.

5 Экономическая эффективность проекта

Устранение дефектов блока цилиндров по базовой технологии выполняют заваркой пламенем газовой горелки. Греют поверхность дефекта до температуры начала плавления чугуна, подают в зону пламени горелки присадочный пруток из чугуна, и наплавляют дефект. В разработанном проектном варианте предусмотрено применение ручной механизированной сварки порошковой проволокой ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм.

Характеристика базового и проектного вариантов представлена в таблице 5.1. В ней указаны недочеты базовой технологии, и как они будут устранены в проектной технологии.

Таблица 5.1

Базовый вариант	Проектный вариант
Низкая скорость нагрева, как следствие производительность низкая.	За счет применения источника нагрева с более высокой концентрацией тепла скорость нагрева выше, производительность выше.
Сварщику приходится совершать присадочным прутом сложные манипуляции, нужен квалифицированный рабочий.	Подача присадочного материала механизирована, можно использовать рабочего меньшего разряда, экономим ФОТ.

5.1 Исходные данные для проведения расчетов

В данный раздел занесем все данные не требующие расчета и собранные во время преддипломной практики (табл. 5.2). Учитывая разнообразие геометрических характеристик дефектов принимали «усредненные» значения размеров дефектов по данным служб технического контроля цеха. Это раковина глубиной 5 мм и диаметром 12 мм.

Необходимые для проведения расчетов данные занесены в таблицу

5.2.

Таблица 5.2

№ п/п	Показатель	Усл. Обозн.	Ед. изм.	Варианты	
				Базов.	Проект
1	2	3	4	5	6
1	Цена присадочного материала: пруток чугунный; проволока ПАНЧ 11	Цэл	Руб/кг	18	1000
2	Коэф. транспортно- заготовительных расходов	Ктз	-	1,05	1,05
3	Часовая тарифная ставка	Сч	Руб/час	74,43	66,32
4	Коэффициент доплат к основной заработной плате	Кд	-	1,88	1,88
5	Коэф. отчислений на дополнительную заработную плату	Кдоп	%	12	12
6	Коэффициент отчислений на социальные нужды	Ксн	%	30	30
7	Балансовая стоимость оборудования	Цоб	Руб	3000	42000
8	Норма амортизации-онных отчислений на оборудование	На	%	18	18
9	Мощность установки	Му	кВт	-	2,0
10	Коэффициент полезного действия установки	КПД	-	-	0,7
11	Стоимость электроэнергии	Цээ	Руб/кВ т	-	2,50
12	Удельный расход горючего газа	Угг	М ³ /час	50	-
13	Стоимость горючего газа	Цгг	Руб/м ³	50	-
14	Стоимость аренды площади	Сэкспл	Руб/м ²	1800	1800
15	Площадь занимаемая оборудованием	S	М ²	8	12

Продолжение таблицы 5.2.

1	2	3	4	5	6
16	Норма амортизационных отчислений на площадь	Напл	%	5	5
17	Коэффициент учитыв. затраты на монтаж (демонтаж оборудования)	Кмонт	%	3	2
18	Стоимость приобретения производственных площадей	Цпл	Руб/м ²	3000	3000
19	Коэф. цеховых расходов	Кцех	%	250	250
20	Коэффициент заводских расходов	Кзав	%	215	215
21	Коэффициент внепроизводственных расходов	Квн	%	5	5
22	Нормативный коэффициент экономии экономической эффективности дополнител. капитальных вложений	Ен	-	0,33	0,33
23	Годовая программа	Нпр	Шт	2000	2000
24	Норма расхода присадочного материала: пруток чугунный; проволока ПАНЧ 11	Нр	Кг	0,003	0,004

5.2 Расчет нормы штучного времени на операции сварки

Расчет норм времени будем производить на изменяющиеся операции технологического процесса по базовому и проектному варианту.

Машинное время будем брать из технологической части дипломного проекта.

Расчёт норм времени ведётся по формуле:

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

где $t_{маш}$ – машинное время, рассчитывается по тех.процессу;

$t_{всп}$ – вспомогательное время, $t_{всп} = 10\%$ от $t_{маш}$;

$t_{обсл}$ – время обслуживания оборудования и рабочего места, $t_{обсл} = 8\%$ от $t_{маш}$;

$t_{отл}$ – время на личный отдых рабочего, $t_{отл} = 5\%$ от $t_{маш}$;

$t_{п-з}$ – время подготовительно-заключительное, $t_{п-з} = 1\%$ от $t_{маш}$.

Для базового и проектного варианта размер дефекта одинаковый.

Машинное время для базового варианта

$$t_{\text{машб}} = 5,7 \text{ мин} = 0,095 \text{ час}$$

$$t_{\text{штб}} = 5,7 + 5,7 \cdot 0,1 + 5,7 \cdot 0,08 + 5,7 \cdot 0,05 + 5,7 \cdot 0,01 = 7,058 \text{ мин.} = 0,117 \text{ час}$$

Машинное время для проектного варианта.

$$t_{\text{машпр}} = 570/160 = 3,56 \text{ мин} = 0,059 \text{ час.}$$

тогда

$$t_{\text{штпр}} = 3,56 + 3,56 \cdot 0,1 + 3,56 \cdot 0,08 + 3,56 \cdot 0,05 + 3,56 \cdot 0,01 = \\ 3,56 + 0,356 + 0,285 + 0,178 + 0,0356 = 4,415 \text{ мин.} = 0,0735 \text{ час.}$$

5.3 Капитальные вложения в оборудование

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

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

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

Прямые капитальные вложения рассчитываются по двум сравниваемым вариантам:

$$K_{\text{пр}} = \sum \text{Цоб} * k_z \quad (5.4)$$

где $\sum \text{Цоб}$ – суммарная цена оборудования, руб.;

k_z – коэффициент загрузки оборудования.

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

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

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

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

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

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

Коэффициент загрузки сварочного оборудования рассчитывается по формуле:

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

Фонд времени работы сварочного оборудования:

$$\Phi_{эф} = (D_K - D_{вых} - D_{np}) * T_{см} * S * (1 - k_{p.n}) \quad (5.7)$$

где: D_K – количество календарных дней в году;

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

D_{np} – количество праздничных дней в году;

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

S – количество рабочих смен;

$k_{p.n}$ – потери времени работы оборудования на ремонт и переналадку

(0,06).

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

$$n_{об.расчетнб} = \frac{2000 * 7,05}{1812 * 60} = 0,12 \text{ шт}$$

$$n_{об.расчетнпр} = \frac{2000 * 4,41}{1812 * 60} = 0,08 \text{ шт}$$

$$k_{3б} = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

$$k_{3пр} = \frac{0,08}{1} = 0,08$$

$$K_{прб} = 3000 * 0,12 = 360 \text{ рублей.}$$

$$K_{прпр} = 42000 * 0,08 = 3360 \text{ рублей.}$$

Сопутствующие капитальные вложения рассчитываются только для проектного варианта:

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

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

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

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

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

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

$$K_{монт} = 42000 * 0,2 = 8400 \text{ рублей}$$

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

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

$$K_{дем} = 3000 * 0,2 = 600 \text{ руб.}$$

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

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

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

$$K_{площ} = 3 * 3000 * 3 * 0,08 = 5400 \text{ рублей}$$

$$K_{общ}^{БАЗ} = K_{пр} = 360 \text{ рублей.}$$

$$K_{общ}^{ПР} = 3360 + 8400 + 600 + 5400 = 17760 \text{ рублей.}$$

Удельные капитальные вложения в оборудование

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

$$K_{уд}^{БАЗ} = 360 / 2000 = 0,18 \text{ рублей.}$$

$$K_{уд}^{ПР} = 17760 / 2000 = 8,88 \text{ рублей.}$$

5.4 Расчет себестоимости сравниваемых вариантов сварки блока

Расходы на сварочные материалы

Расчет технологической себестоимости ведем только по изменяющимся операциям технологического процесса. В нашем случае изменилась операция сварки.

Затраты на вспомогательные материалы

Затраты на чугунные присадочные прутки (базовый вариант)

$$M_B = C_{ЭЛ} \cdot Нр_{ЭЛ}; \quad (5.18)$$

где $C_{ЭЛ}$ – цена прутков, руб/кг;

$Нр_{ЭЛ}$ = норма расхода прутков, кг.

$$M_{ЭЛБ} = 18 \cdot 0,003 = 0,05 \text{ руб};$$

Затраты на горючий газ (только для базового варианта)

$$З_{Г.Г.} = C_{Г.Г.} \cdot Нр_{Г.Г.} \quad (5.19)$$

где $C_{Г.Г.}$ – цена горючего газа, руб/литр;

$Нр_{Г.Г.}$ – норма расхода защитного газа на 1 дефект, литр.

Норму расхода защитных газов определяем при сварке:

$$Нр_{Г.Г.} = Y_{Г.Г.} \cdot t_{маш} + Y_{доп.} \quad (5.20)$$

где $Y_{Г.Г.}$ – норма расхода защитного газа за единицу времени работы горелки, по стандартам предприятия, л/мин.

$Y_{доп.}$ – дополнительный расход газа на подготовительно-вспомогательной операции (продувка магистрали и т.д.), м³.

$$Y_{доп.} = t_{всп} \cdot Д_{ГГ} \quad (5.21)$$

где $t_{всп}$ – вспомогательное время, мин;

$Д_{ГГ}$ – удельная норма расхода горючего газа за единицу времени, м³/мин.

$$Y_{доп.} = 0,356 \cdot 0,01 = 0,003 \text{ м}^3 = 3 \text{ л.}$$

$$Нр_{Г.Г.} = Y_{Г.Г.} \cdot t_{маш} + Y_{доп.} = 5 \cdot 5,7 + 3 = 31,5 \text{ литр}$$

$$З_{Г.Г.} = 0,05 \cdot 31,5 = 1,57 \text{ рублей}$$

Затраты на материалы в базовом варианте

$$M_B = M_{элпр} + З_{ГГ} = 0,05 + 1,57 = 1,62 \text{ рублей}$$

Затраты на порошковую проволоку (проектный вариант)

$$M_{\text{ЭЛПР}} = C_{\text{ЭЛ}} N_{\text{ЭЛ}}; \quad (5.19)$$

где $C_{\text{ЭЛ}}$ – цена электродной проволоки, руб/кг;

$N_{\text{ЭЛ}}$ – норма расхода электродной проволоки, кг.

$$M_{\text{ЭЛПР}} = 30 \cdot 0,003 = 0,09 \text{ рублей}$$

Затраты на электроэнергию, только проектный вариант

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

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

$C_{\text{э-э}}$ – стоимость 1 кВт·ч электроэнергии, руб/кВт·час;

КПД – коэффициент полезного действия установки.

Мощность установки определим по режимам: сила тока и напряжение,

$$M_{\text{упр}} = 120 \cdot 16 = 1920 \text{ Вт} = 2 \text{ кВт}$$

Тогда

$$P_{\text{э-эпр}} = \frac{2 \cdot 2,50 \cdot 0,059 \cdot 1}{0,7} = 0,3 \text{ руб}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования

Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования.

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

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

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

$З_{\text{в.тех}}$ – затраты на воду техническую;

$З_{\text{сж.возд}}$ – затраты на сжатый воздух.

Затраты на амортизацию оборудования

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

где $C_{\text{об}}$ – цена оборудования по базовому и проектному вариантам, руб.;

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

$$A_{обб} = \frac{3000 \cdot 0,11 \cdot 18 \cdot 1}{1812 \cdot 100} = 0,01 \text{руб}$$

$$A_{обпр} = \frac{42000 \cdot 0,07 \cdot 18 \cdot 1}{1812 \cdot 100} = 0,1 \text{руб}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле:

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

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

$$P_{т.р.б} = \frac{3000 * 35 * 0,12}{1812 * 100} = 0,06 \text{рублей.}$$

$$P_{т.р.пр} = \frac{42000 * 35 * 0,071}{1812 * 100} = 0,57 \text{рублей.}$$

Итого, затраты на оборудование

$$З_{обб} = 0,01 + 0,06 = 0,07 \text{рубля.}$$

$$З_{обпр} = 0,01 + 0,57 = 0,58 \text{рублей.}$$

Затраты на содержание и эксплуатацию производственных площадей

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

где: $C_{плщ}$ – цена 1м² производственной площади, руб.;

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

$S_{плщ}$ – площадь, занимаемая сварочным оборудованием, м²;

$$З_{плб} = \frac{3000 \cdot 8 \cdot 0,117 \cdot 5}{4108 \cdot 100} = 0,03 \text{руб}$$

$$З_{плпр} = \frac{3000 \cdot 12 \cdot 0,0735 \cdot 5}{4108 \cdot 100} = 0,03 \text{руб}$$

Затраты на заработную плату основных производственных рабочих и отчисления на социальные нужды.

Фонд заработной платы основных рабочих

$$\Phi ЗП = ЗПЛ_{осн} + ЗПЛ_{доп}.$$

Затраты на основную заработную плату.

$$ЗПЛ_{осн} = t_{шт} \cdot Сч \cdot k_{зпл}$$

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

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

$k_{зпл}$ – коэффициент начислений на основную заработную плату, 1,88.

$$Зоснб = 0,117 \cdot 34,43 \cdot 1,88 = 7,57 \text{ рублей}$$

$$Зоснпр = 0,0735 \cdot 26,32 \cdot 1,88 = 3,64 \text{ рублей}$$

Затраты на дополнительную заработную плату

$$ЗПЛ_{доп} = \frac{k_d}{100} \cdot ЗПЛ_{осн}$$

где k_d – коэффициент, соотношения между основной и дополнительной заработной платой, 10%.

$$Здопб = 7,57 \cdot 12 / 100 = 0,90 \text{ рубля}$$

$$Здоппр = 3,64 \cdot 12 / 100 = 0,44 \text{ рубля}$$

$$\Phi ЗПб = 7,57 + 0,90 = 8,47 \text{ рубля.}$$

$$\Phi ЗПпр = 3,64 + 0,44 = 4,08 \text{ рубля.}$$

Отчисления на социальные нужды

$$Осн = \Phi ЗП \cdot Н_{соц} / 100 \quad (5.36)$$

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

$$Оснб = 8,47 \cdot 35,6 / 100 = 3,01 \text{ рублей}$$

$$Оснпр = 4,08 \cdot 35,6 / 100 = 1,45 \text{ рублей}$$

5.5 Технологическая себестоимость.

$$Стех = ЗМ + Зэ-э + Зоб + Зпл_{ощ} + \Phi ЗП + Осн \quad (5.37)$$

$$Стехб = 1,62 + 8,47 + 3,01 + 0,01 + 0,44 = 13,55 \text{ рублей}$$

$$Стехпр = 0,09 + 4,08 + 1,45 + 0,4 + 0,39 = 6,41 \text{ рублей}$$

Цеховая себестоимость

$$С_{цех} = С_{тех} + Р_{цех}; \quad (5.38)$$

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

$$Р_{цех} = З_{осн} \cdot К_{цех} / 100 \quad (5.39)$$

где $К_{цех}$ – коэффициент цеховых расходов, %;

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

$$С_{цехб} = 13,55 + 7,57 \cdot 2,5 = 13,55 + 18,93 = 32,48 \text{ рублей}$$

$$С_{цехпр} = 6,41 + 3,64 \cdot 2,5 = 6,41 + 9,1 = 15,51 \text{ рублей}$$

Заводская себестоимость

$$С_{произв} = С_{цех} + Р_{произв} = С_{цех} + К_{зав} \cdot З_{осн} / 100 \quad (5.40)$$

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

$К_{зав}$ – коэффициент общезаводских расходов, %

$$С_{завб} = 32,48 + 7,57 \cdot 1,8 = 32,48 + 16,27 = 48,75 \text{ рублей}$$

$$С_{завпр} = 15,51 + 3,64 \cdot 1,8 = 15,51 + 7,82 = 23,88 \text{ рублей}$$

Калькуляция себестоимости изделия

Результаты расчетов себестоимости представим в виде таблицы 5.3.

Таблица 5.3

№ п/п	Показатели	Усл. Обозн	Калькуляция, руб	
			базов	проект
1	2	3	4	5
1	Материалы	М	1,62	0,09
2	Заработная плата	ФЗП	8,47	4,08
3	Отчисления на социальные нужды	Осн	3,01	1,45
4	Расходы на оборудование	Зоб	0,01	0,4
5	Расходы на площади	Зпл	0,44	0,39
	Себестоимость технологическая	Стех	14,02	6,96
6	Расходы цеховые		18,93	9,1
	Себестоимость цеховая	Сцех	32,48	15,51
7	Расходы заводские		16,27	7,82
	Себестоимость заводская	Сзав	48,75	23,33

5.6 Расчет показателей экономической эффективности предлагаемого проекта

От снижения себестоимости восстановления блока получим прибыль:

$$\text{Прож} = \mathcal{E}_{y.\Gamma} = (C_{3AB}^{IP} - C_{3AB}^{BA3}) \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.41)$$

$$\mathcal{E}_{y.\Gamma} = (48,75 - 23,33) \cdot 3000 = 76260 \text{ рублей}$$

Годовой экономический эффект

Форму расчета эффекта следующая:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = [(C_{3AB}^{IP} + E_H \cdot K_{\text{удб}}) - (C_{3AB}^{BA3} + E_H \cdot K_{\text{удп}})] \cdot N_{\text{пр}} \quad (5.45)$$

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = [(48,75 + 0,33 \cdot 0,03) - (23,33 + 0,33 \cdot 0,69)] \cdot 3000 = 73230 \text{ рублей}$$

Срок за который окупятся капитальные вложения

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{общ}}^{IP}}{Pr_{\text{ож}}} \quad (5.46)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{17760}{76260} \approx 0,5 \text{ года}$$

Коэффициент экономической эффективности

$$E_{\text{ср}} = 1/T_{\text{ок}} = 1/0,5 = 2 > E_H.$$

5.7 Снижение трудоемкости и повышение производительности труда при механизированной сварке

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{t_{\text{штб}} - t_{\text{штп}}}{t_{\text{штб}}} \cdot 100\% \quad (5.47)$$

$$\Delta t_{\text{шт}} = \frac{0,117 - 0,0735}{0,117} \cdot 100\% = 37,17\%$$

Снижение трудоемкости произошло за счет повышения скорости сварки

Повышение производительности труда определим

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

$$\Pi_T = \frac{100 \cdot 37,17}{100 - 37,17} = 59\%$$

Выводы по разделу

В проектном варианте снижение трудоемкости составило 37%, снижение себестоимости составило 51%. Производительность труда повысилась на 59%.

Для внедрения разработанного технологического процесса требуются дополнительные капитальные вложения в размере 17760 руб. Срок их окупаемости составит 0,5 года. За счет дополнительных вложений предполагается получить годовой экономический эффект в размере 732300 руб. Коэффициент сравнительной экономической эффективности получился больше нормативного, следовательно можно рекомендовать к внедрению предложенный технологический процесс.

.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Чугун относится к группе плохо свариваемых металлов. Объясняется это высоким содержанием в нем углерода более 2%, кремния 1,6-2,0%, марганца 0,5-1,2%, серы до 0,12%, фосфора до 0,8% и быстрой скоростью охлаждения. Поэтому, ремонт дефектных корпусных деталей автомобиля является сложной технологической задачей. Применяемая в настоящее время на предприятиях автосервиса технология характеризуется большим расходом энергоносителей, что обусловлено высокой температурой нагрева, и высокой трудоемкостью.

Применение присадочного материала на никелевой основе позволило существенно снизить температуру предварительного нагрева, а применение дугового метода нагрева с механизированной подачей присадочного материала в зону сварки позволило снизить время наплавки. Цель проекта достигнута за счет применения никелевой проволоки ПАНЧ-11 диаметром 1,2 мм и за счет применения оборудования: полуавтомата сварочного. Это позволило повысить производительность труда на 59%.

Ожидаемый экономический эффект от внедрения разработанной технологии составит 73230 тыс. рублей.

Цель проекта достигнута

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адаскин А. М. Материаловедение : (металлообработка) : учебник / А. М. Адаскин, В. М. Зуев. - 3-е изд. стер. ; Гриф МО. - Москва : Academia, 2004. - 240 с.
2. Колесник П. А. Материаловедение на автомобильном транспорте : учебник для вузов / П. А. Колесник, В. С. Кланица. - Гриф УМО. - Москва : Academia, 2005. - 318 с.
3. Чебац В.А. Сварочные работы: Учеб. пособие [Текст] / В.А. Чебац - 3-е изд. перераб.- Ростов-на-Дону: изд. центр «Феникс», 2006. - 412 с.
4. 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.
5. Воскобойников В. Г. Общая металлургия : учеб. для вузов / В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А. М. Якушев. - Изд. 6-е, перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Академкнига, 2002. – 764 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. Колганов Л. А. Сварочное производство. Учебное пособие [Текст] / Л.А. Колганов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. - 512 с.
8. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник / Р.А. Фахрутдинов. – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
9. 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.
10. Гитлевич А.Д., Этитоф А.А. Механизация и автоматизация сварочного производства [Текст] / А.Д. Гитлевич, А.А. Этитоф. – М.: Машиностроение, 1987 – 280 с.

11. 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.
12. Мейстер Р. А. Нестандартные источники питания для сварки : учеб. пособие / Р. А. Мейстер. - ВУЗ/изд. - Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2004. - 96 с.
13. 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.
14. Корольков П. М. Термическая обработка сварных соединений трубопроводов и аппаратов, работающих под давлением / П. М. Корольков. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Стройиздат, 1987. - 233 с.
15. Кривцун И. В., Шелягин В. Д., Хаскин В. Ю., Шулым В. Ф., Терновой Е. Г. Гибридная лазерно-плазменная сварка алюминиевых сплавов // Автоматическая сварка, 2007, № 5, с.49-53
16. Изучение сварочного трансформатора : метод. указания к лаб. работе №4 по дисциплине "Электротехнологические установки" / сост. М. А. Бондаренко [и др.] ; науч. ред. В. М. Салтыков ; ТГУ ; Каф. "Электроснабжение промышленных предприятий". - Тольятти : ТГУ, 2003. - 13 с.
17. Косинцев В.И. Основы проектирования химических производств и оборудования / В.И. Косинцев [и др.] – Томск: Томский политехнический университет, 2013. – 395 с.
18. Действия населения в чрезвычайных ситуациях. Пособие. Под общей редакцией В.А. Владимирова. – М.: МЧС России, 1995.
19. Колганов Л. А. Сварочное производство : учеб. пособие / Л. А. Колганов. - Ростов-на-Дону : Феникс, 2002. - 504 с.
20. Фатхутдинов Р.А. Организация производства: Учебник [Текст] / Р. А. Фахрутдинов – М.: ИНФРА – М, 2001.– 672 с.
21. Шахов С.В. Технологические и металлургические особенности лазерной сварки современных авиационных алюминиевых сплавов. Автореферат

- диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Москва: - 2007. — 18 с.
22. Гостюшин А. В. Энциклопедия экстремальных ситуаций [Текст] / А. В. Гостюшин. — М.: Изд. «Зеркало», 1995.-288 с.
23. 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.
24. Рыбаков А.М. Сварка и резка металлов. Учебник для средних профессионально-технических училищ [Текст] / А.М. Рыбаков. - М.: Высшая школа, 1977.
25. Красовский А.М. Основы проектирования сварочных цехов [Текст] / А.М. Красовский. — М.: Машиностроение, 1979 — 319 с.
26. Волченко В.Н. Сварка и сварочные материалы, том . 1 [Текст] / В.Н. Волченко. — М.: Машиностроение, 1991 — 527 с.
27. Ключев В.В. Неразрушающий контроль и диагностика [Текст] /В.В. Ключев. - М.: Машиностроение, 1995. - 390 с.
28. Думов С. И. Технология электрической сварки плавлением: Учебник для машиностроительных техникумов [Текст] / С.И. Думов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, 1987. - 368 с.
29. Трухов А. П. Литейные сплавы и плавка : учеб. для вузов / А. П. Трухов, А. И. Маляров. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2004. - 335 с.
30. Никифоров В. М. Технология металлов и других конструкционных материалов : учеб. для техникумов и колледжей / В. М. Никифоров. - Изд. 8-е, перераб. и доп. - Санкт-Петербург : Политехника, 2004. - 381 с.
31. Рогачева Л. В. Материаловедение : учеб. пособие / Л. В. Рогачева. - Гриф МО. - Москва : Колос-Пресс, 2002. - 135 с.

