

Министерство образования Омской области
Бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Называевский аграрно-индустриальный техникум»

Дипломная работа по теме: «Разработка технологического процесса сварки и
изготовления котла отопления»

Выполнил: Зубакин Вадим Сергеевич
Студент группы: №32
Руководитель: Свитова. Е.М

г.Называевск-2023

Содержание

Введение.....	3
1. Котлы и их виды.....	4
2. Особенности отопительного котла.....	7
3. Оборудование для изготовления котла.....	9
4. Организация рабочего места и выбор оборудования и материалов.....	10
5. Изготовление отопительного котла своими руками.....	15
6. Дефекты при работе и техника безопасности.....	16
Список использованной литературы и интернет источники.....	19

Введение:

В связи быстрым ростом цен на природный газ все больше людей переходят на отопление своего дома с помощью твердотопливных котлов, работающих на дровах, опилках и других древесных отходах. Преимущество таких котлов заключается в удобной конструкции, несложном принципе работы и монтаже. Более того, они позволяют экономить время и личные денежные средства. Но чтобы котел своими руками работал правильно и с максимальной отдачей, очень важно правильно составить и рассчитать чертежи.

Отопительный котёл — это устройство на основе закрытого сосуда, в котором теплоноситель (чаще всего вода или пар (**паровой котёл**)) нагревается до заданной температуры и служит для обеспечения потребителей теплом и (или) горячей водой. Нагретая или испаренная жидкость выходит из котла для использования в различных процессах или системах отопления, включая нагрев воды, центральное отопление, производство электроэнергии на основе парового котла, приготовление пищи и санитарию.

Проект посвящен разработке технологического процесса сварки и изготовления котла для отопления. В ходе данного проекта будет рассмотрена вся цепочка процессов создания котла, начиная от подбора материалов, проектирования, изготовления до сборки и введения его в эксплуатацию.

Целью данной работы является создание оптимального технологического процесса, который позволит получить котел высокого качества с минимальными затратами на производство и с учетом особенностей его эксплуатации.

Для достижения поставленной цели предполагается изучение существующих методов и технологий сварки, а также определение оптимального материала для изготовления котла.

1. Котлы и их виды

Если сравнивать твердотопливный котел и классическую печь, то можно заметить, что они мало отличаются друг от друга. Они обладают практически одинаковым коэффициентом полезного действия. Благодаря простому устройству отопительных котлов их можно изготовить своими руками в домашних условиях с использованием доступных каждому материалов и непрофессионального инструмента. Главное — правильно составить или подобрать чертежи.

Как показывает практика, изготовление котлов для систем отопления частных домов достаточно распространено. При правильном выполнении всех теплотехнических расчётов, при наличии грамотно составленного чертежа и схемы разводки магистрали такие аппараты достаточно эффективно справляются со своей задачей и позволяют сэкономить значительную сумму денег, поскольку подобные устройства заводского изготовления стоят достаточно дорого.

Изготовление отопительных аппаратов своими силами — задача скрупулёзная, сложная и трудоёмкая. Для того, чтобы с ней справиться, нужно уметь пользоваться сварочным аппаратом и иметь навыки владения инструментами для механической обработки материалов. Проектируя систему отопления для частного дома, многие владельцы для того, чтобы сократить расходы на покупку оборудования, предпочитают самодельные котлы отопления заводским.

Виды котлов:

По виду используемого топлива котлы отопления делятся на:

- Твердотопливные (пеллетные, дровяные, угольные) ,
- Жидкотопливные (дизельные, мазутные),
- Газовые
- Электрические
- Комбинированные

Рассмотрим некоторые виды котлов подробнее:

Твердотопливный котёл — отопительное устройство, выполненное из стали или чугуна, которое выделяет тепловую энергию в процессе горения твёрдого топлива. В качестве топлива для твердотопливных котлов используют торф, дрова, уголь, кокс или топливные гранулы.

Топливные гранулы - биотопливо, получаемое из торфа, древесных отходов и отходов сельского хозяйства. Представляет собой цилиндрические гранулы стандартного размера — недорогую альтернативу газу и нефти



Бытовой пеллетный котел с горелкой ретортного типа

Газовый котёл - устройство для получения тепловой энергии в целях, главным образом, отопления помещений (объектов) различного назначения, нагрева воды для хозяйственных и иных целей, путём сгорания газообразного топлива. Газообразным топливом для газовых котлов чаще всего является природный газ — метан или пропан-бутан. На сегодняшний день во многих регионах природный газ является наиболее дешёвым видом топлива.

Принцип работы котлов заключается в том, что при подаче газа к котлу включают пьезоэлектрический розжиг. От искры зажигается запальник, который всегда горит. Подача газа к горелке при не горящем запальнике недопустима из-за возможности взрыва газа. От запальника загорается основная горелка, она греет теплоноситель в котле до заданной термостатом температуры, после чего автоматика отключает горелку. При падении температуры в котле, термодатчик (термопара) дает команду

клапану на открытие подачи газа и горелка зажигается снова.

Следует, однако, учитывать то, что газы (и природный, и сжиженный) являются пожаро- и взрывоопасными. Кроме того, при нарушении воздухообмена (недостаточном притоке или плохой тяге в дымоходе) часть продуктов сгорания может оставаться в помещении. Это может повлечь отравление людей угарным газом. Газовые водонагреватели требуют наличия дымохода для безопасного отвода продуктов сгорания и достаточного количества приточного воздуха.

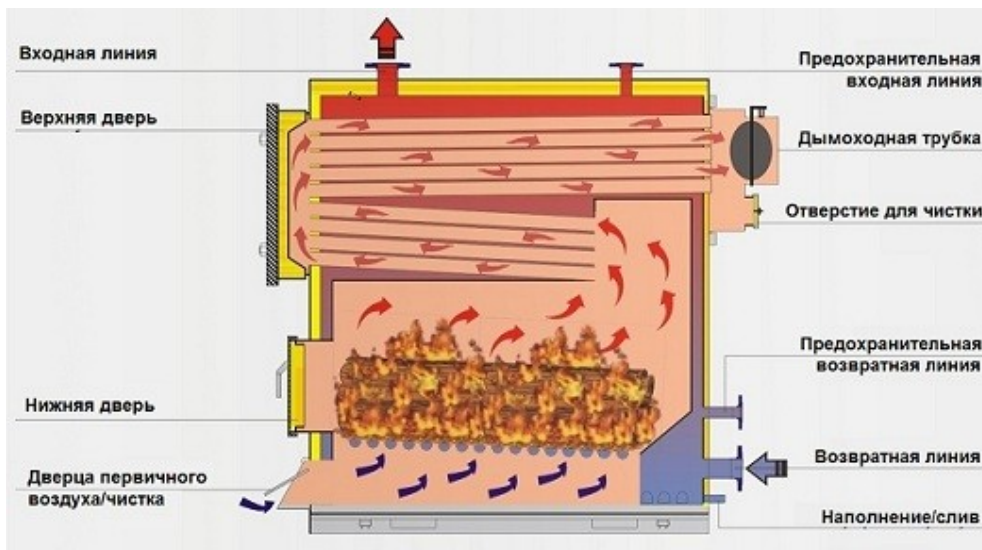


Электрический котёл - (электрокотёл) — прибор, предназначенный для нагрева теплоносителя выделяемым электрическим током тепла. Электрокотлы, санитарную воду чаще называются электрическими водонагревателями или электробойлерами. Электрокотел часто используется в качестве резервного источника при теплоснабжении от аппаратов, которые работают от возобновляемых источников энергии, к примеру, тепловых насосов, мощности которых не всегда достаточно для обогрева помещений в период сильных холодов

Принцип работы электрического котла прост. Электричество преобразуется в тепло в тэнах, имеющих большое омическое сопротивление. Теплоноситель нагревается от них или индукционных элементов и с помощью насоса прокачивается по системе. За счет постоянной циркуляции вода равномерно и быстро нагревается.



2. Конструктивные особенности отопительного котла:



Несмотря на огромное количество сходства с обычной печью, отопительный котел обладает рядом отличий. Они касаются способа отдачи тепла помещению.

В конструкцию отопительных котлов входят следующие элементы:

1. Бункер, в котором происходит сжигание твердого топлива. Для этого он оборудуется колосниками, обеспечивающими подачу требуемого количества воздуха.
2. Резервуар для воды, которая выступает в качестве теплоносителя в этой системе отопления, и трубчатый теплообменник.
3. Дымоход, обеспечивающий систему необходимой тягой и отводом продуктов сгорания.
4. Система дроссельных заслонок, предназначенных для регулирования тяги и перекрытия каналов после того, как огонь в печи полностью угаснет.

Чтобы отопительный котел, изготовленный своими руками, обеспечивал равномерный температурный режим в жилом помещении, его в обязательном порядке оборудуют водяным аккумулятором тепла. Он выполнен в виде емкости определенного размера, установка которой осуществляется в верхней части котла. Его основная задача заключается в накоплении тепловой энергии

во время активной топки. По окончании этого процесса начинается циркуляция жидкости по всей отопительной системе, в результате чего происходит обогрев воздуха в доме.

Помимо этого при устройстве отопительного котла своими руками можно установить дополнительный бак, для изготовления которого используется нержавеющая сталь. Его монтаж должен быть произведен прямо над аккумулятором тепла. Его задача заключается в обеспечении горячей водой для бытовых нужд. И хотя он не является обязательным элементом отопительной системы, он способствует созданию условий для комфортной жизни в загородном доме.

Прежде чем приступить к работе по созданию отопительного оборудования, необходимо составить точные чертежи самого котла и всех составляющих его частей. Типовые устройства широко представлены в специальной литературе, интернете или периодических изданиях. Но чтобы более рационально использовать жилую площадь, лучше всего самостоятельно разработать индивидуальный проект отопительного оборудования, работа которого осуществляется исключительно на твердом топливе.

3. Оборудование для изготовления котла

Для изготовления котла отопления на твердом топливе своими руками потребуются сварочные работы. Поэтому нелишним будет найти сварочный аппарат. Кроме сварочного аппарата для работы потребуются такие инструменты, как:

- 1. болгарка;
- 2. щипцы и пассатижи;
- 3. электрическая дрель;
- 4. сверла;
- 5. рулетка, строительный уровень, угольники.

Для получения отличного результата потребуются навыки проведения сварочных работ и работ с металлорежущими инструментами. Нужно заранее приготовить **защитное снаряжение для глаз и рук.**

Сварить такой агрегат **своими руками можно**, если иметь некоторые навыки в обращении со сварочным аппаратом и инструментами для механической обработки материалов. Самой важной частью системы является барабан. К нему подсоединяем трубы водяного контура и приборы для контроля и измерений.

В верхнюю часть агрегата при помощи насоса нагнетается вода. Вниз направлены трубы, по которым вода поступает в коллекторы и подъёмный трубопровод. Он проходит в зоне сгорания топлива и там происходит нагревание воды. По сути, здесь задействован принцип сообщающихся сосудов.

Для начала необходимо хорошо продумать систему и изучить все её элементы. Потом необходимо закупить все необходимые расходные материалы и инструменты:

Болгарка сварочный аппарат.

Лист металла толщиной в 4 мм.

Металлическая труба диаметром в 300 мм с толщиной стенки 3 мм.

Металлические трубы, диаметр которых составляет 60 мм.

Металлические трубы, диаметр которых составляет 100 мм.

4. Организация рабочего места и выбор оборудования и материалов.

4.1. Организация рабочего места начинается с выбора места, где будет находиться сварщик. Необходимо выбрать хорошо освещенное и вентилируемое помещение, где можно установить сварочный аппарат и необходимое оборудование.

Для оборудования рабочего места необходимо приобрести сварочный аппарат, который должен соответствовать требованиям безопасности и качества. Рекомендуется выбирать аппараты известных производителей, которые имеют все необходимые сертификаты и соответствуют нормам безопасности. Также необходимо закупить защитную экипировку, которая включает в себя защитный костюм, перчатки, очки и респиратор.

Важным элементом рабочего места является стол для сварки. Он должен быть устойчивым и иметь достаточную площадь для размещения деталей, которые будут свариваться. Для удобства работы можно установить на стол специальные крепления для деталей и инструментов.

Важно обеспечить хорошую вентиляцию помещения, где будет находиться сварщик, чтобы уменьшить риск отравления газами. Рабочее место должно быть оборудовано специальными вентиляционными системами, которые обеспечат постоянную циркуляцию воздуха.

Кроме того, необходимо обеспечить наличие пожаротушителя и организовать место для хранения газовых баллонов и других опасных материалов.

4.2. Выбор источника питания. Для сварки на переменном токе основным источником питания являются сварочные трансформаторы. Их основными функциями являются питание сварочной дуги и регулирование сварочного тока. Такие трансформаторы делят на две группы: трансформаторы с нормальным магнитным рассеянием и дополнительной реактивной катушкой-дресселем и трансформаторы с повышенным магнитным рассеянием. Применяют их при ручной и автоматической сварке под флюсом. Упрощенно схему работы трансформатора можно представить так: на стальном сердечнике находятся первичная и вторичная обмотки. Ток из сети, проходя через первичную обмотку, намагничивает сердечник, образуя тем самым переменный магнитный поток, который индуцирует ток во вторичной обмотке. Первичная обмотка сварочного трансформатора ТСК-500 неподвижна, в то время как

вторичная передвигается по сердечнику, регулируя сварочный ток. Обмотка состоит из двух катушек, которые закреплены на двух стержнях магнитопровода. Она находится в нижней части сердечника. На определенном расстоянии от первичной расположена вторичная обмотка. Она также состоит из двух катушек, соединенных параллельно. Обмотка перемещается по сердечнику с помощью винта и рукоятки, находящейся на крышке кожуха трансформатора. Вторичная обмотка жестко соединена с плитой. Изменение расстояния между обмотками регулирует сварочный ток. Если рукоятку вращать по часовой стрелке, то вторичная обмотка приближается к первичной, уменьшая индуктивное сопротивление. Наблюдается возрастание сварочного тока. Вращение рукоятки против часовой стрелки увеличивает расстояние между обмотками. Это способствует возрастанию индуктивного сопротивления и уменьшению сварочного тока. С вторичной обмотки ток поступает на выход. Сварочный ток можно регулировать в пределах от 165 до 650 А. Сварочные генераторы постоянного тока обеспечивают устойчивость горения сварочной дуги, так как изменение величины сварочного тока влечет за собой уменьшение или увеличение магнитного потока. Питание электродуги происходит за счет съема напряжения с зажимов угольных щеток на коллекторе. Движение сварочного агрегата происходит при помощи двигателя внутреннего сгорания. В сварочных преобразователях ту же функцию выполняет электродвигатель. Соединение сварочного трансформатора и блока выпрямителя образует сварочный выпрямитель. Иногда для получения падающей характеристики сюда подключают дроссель. Принцип действия выпрямителей основан на свойстве полупроводников проводить ток только в одном направлении. Наибольшее распространение получили выпрямители с кремниевыми и селеновыми полупроводниковыми элементами. В сварочных выпрямителях применяют трехфазную мостовую схему выпрямления. При такой схеме возникает меньшая импульсация выпрямленного напряжения, и питающая сеть переменного тока получает более равномерную нагрузку. Выпрямители имеют высокие динамические свойства из-за меньшей электромагнитной инерции. Здесь ток и напряжение при переходных процессах меняются почти мгновенно. Здесь отсутствуют вращающиеся части, что делает установку надежной и простой в эксплуатации. Выпрямители с падающими внешними характеристиками используются как для ручной дуговой сварки и резки, так и для автоматизированной. Существует несколько типов выпрямителей. Выпрямитель типа ВДГ используется при механизированной сварке в углекислом газе. Переключение режимов сварки дистанционное. Выпрямители типа ВДУ (универсальные сварочные) применяются для однопостовой

механизированной сварки под флюсом и в углекислом газе. Обратная связь по току используется для получения падающих внешних характеристик. Магнитный усилитель применяется в качестве датчика. Тип ВДГУ можно использовать для ручной дуговой сварки электродами. Выпрямители типа ВДГИ предназначены для импульсно-дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах. Выпрямители типа ВКСМ, В ДМ, В ДУМ (многопостовые сварочные) рассчитаны на номинальные длительные токи 1000–5000 А. По номинальной силе тока одного поста и коэффициенту одновременности нагрузки (0,6–0,7), устанавливается число постов. Например, выпрямитель ВДМ-1601УЗ предназначен для питания семи и девяти сварочных постов ручной дуговой сварки. Имеет жесткие внешние характеристики. Другой выпрямитель – ВДУМ-4Х401УЗ – предназначен для питания четырех сварочных постов при механизированной сварке в углекислом газе и ручной дуговой сварке. Выпрямитель здесь тиристорный, имеющий жесткие и падающие внешние характеристики. Во время эксплуатации выпрямитель должен подвергаться планово-предупредительному контролю. Один раз в два месяца необходимо очищать кремниевые вентили от пыли и грязи сжатым воздухом и тщательно проверять затяжку контактных соединений. У нового выпрямителя следует проверить сопротивление изоляции относительно корпуса. Сопротивление изоляции первичного контура должно быть не ниже 1 МОм, а вторичного – не ниже 0,5 МОм. Если сопротивление снижено, то выпрямитель просушивают внешним нагревом или обдувом теплым воздухом. Выпрямители, хранившиеся более одного года, следует включать на 20 минут на напряжение, равное половине номинального значения, а затем на 4 часа – на номинальное переменное напряжение без нагрузки.

4.3. Характеристика стали.

Плотность – 7700–7900 кг/м³.

Удельный вес – 75537–77499 н/м³ (7700–7900 кгс/м³ в системе МКГСС).

Удельная теплоемкость при 20 °С – 462 Дж/(кг·°С) (110 кал/(кг·°С)).

Температура плавления – 1450–1520 °С.

Удельная теплота плавления – 84 кДж/кг (20 ккал/кг).

Коэффициент – 39 ккал/(м·час·°С) (45,5 Вт/(м·К)).

Коэффициент линейного теплового расширения при температуре около 20 °С: сталь Ст3 (марка 20) – (1/град); сталь нержавеющей – (1/град).

Предел прочности стали при растяжении: · сталь для конструкций – 38–42 (кГ/мм²);

сталь кремнехромомарганцовистая – 155 (кГ/мм²);

сталь машиностроительная (углеродистая) – 32–80 (кГ/мм²);
 сталь рельсовая – 70–80 (кГ/мм²);\

Таблица 1. Разновидности некоторых сталей

Марки стали	Термообработка	Твердость (сердцевина-поверхность)
35	Нормализация	163–192 НВ
40	Улучшение	192–228 НВ
45	Нормализация	179–207 НВ
45	Улучшение	235–262 НВ
40Х	Улучшение	235–262 НВ
40Х	Улучшение + закалка токами выс. частоты	45–50 HRC; 269–302 НВ
40ХН	Улучшение	235–262 НВ
40ХН	Улучшение + закалка токами выс. частоты	48–53 HRC; 269–302 НВ
35ХМ	Улучшение	
35ХМ	Улучшение + закалка токами выс. частоты	48–53 HRC; 269–302 НВ
35Л	Нормализация	163–207 НВ
40Л	Нормализация	147 НВ
45Л	Улучшение	207–235 НВ
40ГЛ	Улучшение	235–262 НВ

4.4. Выбор электродов.

Для ручной дуговой сварки применяют стержни сварочной проволоки, на которые наносится покрытие – вещество для усиления процесса ионизации. В состав такого покрытия входят: – шлакообразующие компоненты, представляющие собой руды (титановые и марганцевые) и различные минералы (полевой шпат, гранит, кремнезем, плавиковый шпат); – газообразующие – неорганические (мрамор CaCO₃, мащезит MgCO₃ и др.) и органические (крахмал, древесная мука и т.п.) вещества; – легирующие элементы и элементы-

раскислители – кремний, марганец, титан и другие, а также сплавы этих элементов с железом, алюминий как раскислитель вводится в покрытие в виде порошка-пудры; – связующие компоненты – водные растворы силикатов натрия и калия, называемые жидким стеклом; – формовочные добавки – вещества, придающие покрытию лучшие пластические свойства (бетонит, каолин, декстрин, слюда и др.). Для устойчивого горения дуги в покрытие вводят вещества, содержащие элементы с низким потенциалом ионизации (соли щелочных металлов, калиевое и натриевое жидкое стекло и др.). С целью повышения производительности сварки в покрытие добавляют железный порошок, содержание которого может составлять до 60% массы покрытия. Все электроды для ручной сварки можно разделить на следующие группы: В-для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами – 49 типов; Л – для сварки легированных конструкционных сталей в временным сопротивлением разрыву свыше 60 р МПа – пять типов (Э70, Э85, Э100, Э125, Э150); Т – для сварки легированных теплоустойчивых сталей – девять типов; У – для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву; Н – для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами – 44 типа. Цифры в обозначениях типов электродов для сварки конструкционных сталей означают гарантируемый предел прочности металла шва. Ниже дана таблица применения электродов.

5. Изготовление отопительного котла своими руками.

Если вы планируете изготовление котла отопления своими руками, то рекомендуется начать с простых моделей, чтобы научиться основам и избежать ошибок.

Сборка простого котла отопления может состоять из следующих шагов:

Необходимо выбрать подходящий материал для корпуса котла. Рекомендуется использовать металлические трубы диаметром не менее 50 мм.

После выбора материала, нужно сформировать корпус котла. Для этого можно использовать сварку или металлические зажимы. Важно убедиться, что корпус котла прочный и устойчивый.

Далее нужно добавить к корпусу котла топку для горения топлива. Рекомендуется использовать металлический бочон или другой металлический контейнер, который будет служить топкой.

После этого нужно установить на дне топки металлическую решетку, на которую будет укладываться топливо.

Далее нужно добавить в котел систему подвода воды и отвода пара. Для этого необходимо использовать металлические трубы диаметром не менее 25 мм.

Важно убедиться, что трубы расположены таким образом, чтобы обеспечить эффективный циркуляцию теплоносителя.

После установки системы водоснабжения, нужно добавить систему циркуляции теплоносителя. Для этого необходимо установить насос, который будет обеспечивать циркуляцию теплоносителя по системе отопления.

Наконец, нужно подготовить дымоход и установить его на котел. Дымоход должен быть достаточно длинным и прочным, чтобы обеспечивать эффективное удаление продуктов сгорания.

Наконец, необходимо провести тестовый запуск системы отопления и убедиться в ее эффективности и безопасности. При необходимости, можно внести корректировки и внесение улучшений в систему отопления.

Важно помнить, что изготовление котла отопления своими руками может потребовать значительных усилий и знаний в области металлообработки и теплообмена. Поэтому, если вы новичок, то рекомендуется начать с простых моделей и получить опыт перед тем, как перейти к более сложным проектам.

6. Дефекты при работе и техника безопасности.

Дефекты, образующиеся при сварке, и их устранение Каждый производственный процесс предполагает определенные отклонения от требований технической норм. Если такие отклонения выходят за пределы установленных допусков для конкретного изделия – это брак, дефект, который должен быть устранен. Если устранение дефекта невозможно, изделие не может быть принято к эксплуатации. В сварочном производстве изделием является правильно сваренное изделие, узел, конструкция. В изделиях, выполненных сваркой, дефекты различаются по месту их расположения и по причинам возникновения. Рассмотрим их. Причины возникновения дефектов – это те, возникновение которых связано с неправильной подготовкой и сборкой элементов, нарушением режима сварки, неисправностью оборудования, небрежностью и низкой квалификацией сварщика и другими нарушениями технологического процесса.

К дефектам этой группы относятся:

несоответствие швов расчетным размерам

непровары

подрезы

прожоги

наплывы

незаваренные

кратеры

Дефекты по причинам их возникновения связаны с явлениями, происходящими в процессе кристаллизации и формирования самой сварочной ванны и окончательного формирования шва. Это и трещины в самом шве и в околошовной зоне, шлаковые включения, поры. Дефекты по месту их расположения – это трещины и поры, выходящие на поверхность металла, непровары, прожоги, подрезы, наплывы – все они относятся к наружным дефектам и могут быть обнаружены внешним осмотром. К внутренним дефектам относятся те же трещины, непровары, включения и поры, но находящиеся внутри шва и не выходящие на поверхность. Их обнаруживают только методами неразрушающего контроля.

Техника безопасности при изготовлении котла.

Воздух в рабочих помещениях при металле загрязняется разными частицами пыли. Наряду с кратковременным отравлением, которое проявляется в виде головокружения, головной боли, тошноты, рвоты, слабости отравляющие вещества также могут откладываться в тканях организма человека, тем самым вызывая профессиональные хронические заболевания. При выполнении разметочных работ необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

установку заготовок на плиту и снятие с плиты необходимо выполнять только в:

- 1. рукавицах комбинированных.
- 2. заготовки, приспособления надёжно устанавливаются не на краю плиты, а ближе к середине.
- 3. перед установкой заготовок на плиту следует её проверить.

При газовой сварке возможны взрывы ацетиленового и кислородного баллонов в момент их открытия, если на штуцере баллона или на клапане редуктора имеется масло, также возможен пожар в помещении, воспламенение одежды и ожоги у электрогазосварщика при неосторожном обращении с газовой горелкой, ожоги глаз в случае неиспользования электрогазосварщиком светофильтров. Поэтому необходимо строго соблюдать и выполнять правила техники безопасности при выполнении газосварочных и других огневых работ.

1. При эксплуатации бензопил следует соблюдать требования инструкции по их применению.
2. При эксплуатации необходимо убрать баллон с бензином, как можно дальше от открытого огня и попадания прямых солнечных лучей.
3. Предохранять кислородные баллоны от толчков и ударов при транспортировке и хранении. Их транспортировка должна осуществляться на специальных носилках, тележках, рессорных транспортных средствах и в контейнерах. На рабочих местах баллоны должны крепиться в вертикальном положении на значительном расстоянии от нагреваемых приборов, и попадания прямых солнечных лучей. Совместное хранение баллонов с

горючими газами и кислородом не допускается. Особенно следует обращать внимание на наличие масла или грязи на штуцере вентиля кислородных баллонов.

4. Сварочный участок должен быть укомплектован средствами пожаротушения. **Электробезопасность.** Поражение электрическим током происходит при прикосновении с токоведущими частями электропроводки и сварочной аппаратуры, применяемой для дуговой, контактной и лучевой видов сварки. Электрический ток, проходящий через тело человека, величиной более 0,05А (при частоте 50 Гц) вызывает в организме человека тяжёлые последствия и даже смерть (0,1 А). Сопротивление человеческого организма зависит от его состояния (утомление, влажность кожи, состояние здоровья, присутствие алкоголя) и меняется в широких пределах от 100 до 20 000 Ом.

Список использованной литературы и интернет источники:

1. **Источник:** Волченко В.Н. «Контроль качества сварных конструкций». – М.: Машиностроение, 1986.
2. **Источник:** Алешин Н.П., Щербинский В.Г. «Контроль качества сварочных работ». – М.: Высшая школа, 1986.
3. **Источник:** Контроль качества сварных и паяных соединений. Учебное пособие/ С.А. Федоров, МАТИ, М, 1989.
4. **Источник:** <https://teplosten24.ru/otopitelnyj-kotel-svoimi-rukami.html>
5. **Источник:** <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=469692#text>
6. **Источник:** <https://dekormyhome.ru/remont-i-oformlenie/tehnologija-izgotovleniia-otopitelnogo-kotla-svoimi-rykami.html>
7. **Источник:** https://ru.wikipedia.org/wiki/Отопительный_котёл#Котлы_твердотопливные