

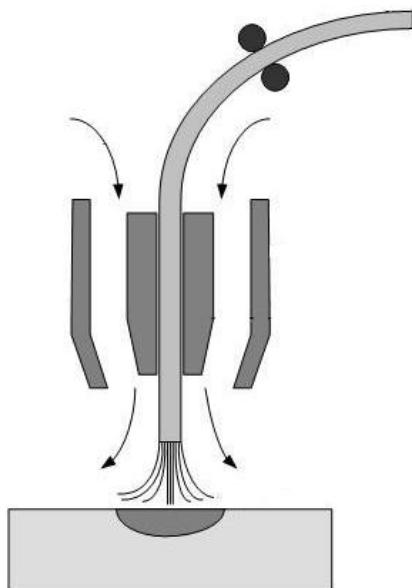
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Инженерный институт

Основы технологии производства машин

Полуавтоматическая сварка

Методические указания по выполнению
лабораторно-практической работы



Новосибирск 2020

Кафедра надежности и ремонта машин

УДК 631.372, 621.43

ББК 39.33

Рецензент: канд. техн. наук, доцент *А.А. Мальшко*

Составитель: старший преподаватель *А.П. Илясов*

Основы технологии производства машин. Полуавтоматическая сварка: метод. указания по вып. лабор.-практ. работы / Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженер. ин-т; сост. А.П. Илясов. – Новосибирск, 2020. – 18 с.

В методических указаниях представлены основные термины и определения. Изложены сведения об особенностях технологии полуавтоматической сварки металлов плавящимся электродом, рекомендован выбор режима сварки, а также приведена методика сварки.

Методические указания предназначены для студентов очной формы обучения по направлениям: Агроинженерия; Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; Технология транспортных процессов.

Утверждены и рекомендованы к изданию учебно-методическим советом Инженерного института НГАУ протокол № 6 от 31.01.2017 г.)

© Новосибирский государственный аграрный университет, 2020

© Инженерный институт, 2020

Лабораторно-практическая работа **Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом**

Цель работы: Ознакомление с основами технологии полуавтоматической сварки стали плавящимся электродом, оборудованием и технологией процесса сварки. Получить навыки сварки металлов полуавтоматической сваркой плавящимся электродом.

Материальное обеспечение **лабораторно-практической работы**

Оборудование и инструмент:

- Аппарат сварочный;
- Баллон с газом;
- Редуктор газовый;
- Стол сварочный;
- Молоток сварщика;
- Маркер, мелок;
- Линейка;
- Средства индивидуальной защиты.

Материалы:

- Ветошь;
- Сварочная проволока;
- Листовой металл 1; 2 мм.

Задание к лабораторно-практической работе:

1. Изучить технологию полуавтоматической сварки плавящимся электродом.
2. Изучить технику безопасности при выполнении работ.
3. Ознакомиться с устройством и принципом работы сварочного аппарата.
4. Ознакомиться с инструментом для полуавтоматической сварки плавящимся электродом.
5. Произвести подготовку поверхности и разметку перед сваркой.
6. Произвести настройку сварочного аппарата и газового редуктора.
7. Выполнить сварку деталей на различных режимах.
8. Сдать рабочее место учебному мастеру (преподавателю).
9. Составить отчет о работе и сдать преподавателю.

Организация проведения лабораторно-практической работы

40 минут – работа с подгруппой. Вводная информация преподавателя: постановка задачи, ознакомление с общими вопросами по подготовке поверхности, инструменты и материалы, которыми она проводится. Ознакомление с технологиями полуавтоматической сварки плавящимся электродом (применяемое оборудование и инструмент).

Пройти и расписаться в журнале инструктажа по охране труда при использовании аппарата ручной электродуговой сварки металла (см. ПРИЛОЖЕНИЕ).

30 минут. Подготовка рабочего места. Подготовка поверхности деталей к свариванию. Выбор режимов и настройка аппарата.

60 минут. Получение навыков по полуавтоматической сварке плавящимся электродом.

30 минут. Ответить на контрольные вопросы. Оформить отчет и защитить у преподавателя.

Основные термины и определения

Сварка - это способ создания неразъемного соединения за счет сил межатомного взаимодействия между свариваемыми кромками.

Сварочная дуга – это длительный мощный электрический разряд в ионизированной токопроводящей газовой среде между электродом и свариваемым металлом.

Свариваемость – свойство металла или сочетания металлов образовывать при установленной технологии сварки соединение, отвечающее требованиям, обусловленным конструкцией и эксплуатация изделия.

Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в углекислом газе – процесс сварки, при котором подача сварочной проволоки в зону сварки механизирована, а возбуждение дуги и перемещение газосварочной горелки в направлении сварки и её завершения осуществляются сварщиком вручную.

Общие сведения

Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом в углекислом газе и в смесях с кислородом и аргоном применяют при изготовлении изделий из низко - и среднеуглеродистых, низко-среднелегированных и легированных сталей. Благодаря своим преимуществам она успешно заменяет ручную электродуговую сварку электродами с покрытием, как на производстве, так и в строительстве. Полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа исключительно эффективна при сварке тонколистовых сталей, где газовая и электродуговая сварка широкого применения не находят.

Формообразование сварного шва при полуавтоматической сварке плавящимся электродом в углекислом газе.

При сварке плавящимся электродом дуговой разряд существует между концом непрерывно расплавляемой сварочной электродной проволоки и изделием. Жидкий металл на торце электродной проволоки силами поверхностного натяжения стягивается в каплю, которую, электромагнитные силы переносят в сварочную ванну, как показано на рисунках 1 и 2. Сварка в углекислом газе сопровождается частичным выбросом металла за пределы сварочной ванны. Данное явление называется разбрызгиванием. Брызги в виде капель, оседая на прилегающих к шву участках изделия, привариваются к металлу, что требует последующей трудоёмкой операции по их удалению.

В зависимости от диаметра электродной проволоки и параметров режима сварки изменяется перенос металла и формирование шва. Разновидности переноса металла через дугу показаны на рисунках 1 и 2.

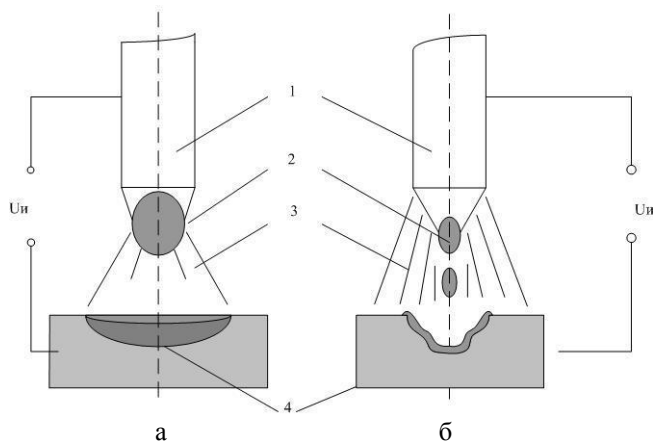


Рис.1. Разновидности переноса металла в дуге: а) крупнокапельный, б) мелкокапельный, 1- сварочная проволока; 2 - капля расплавленного металла; 3 - сварочная дуга; 4 - сварочная ванна.

При струйном переносе достигается минимальное разбрызгивание и лучшее формирование шва. Крупнокапельный перенос приводит к усиленному разбрызгиванию металла, ухудшению качества шва и необходимости выполнения специальных мероприятий для исключения приварки брызг к металлу свариваемого изделия. Сварку в углекислом газе сталей толщиной до 3 мм выполняют тонкой проволокой при короткой дуге с периодическими замыканиями. Такой режим называют циклическим. Перенос металла при циклическом режиме сварки с периодическими короткими замыканиями показан на осциллограмме рисунка 3.

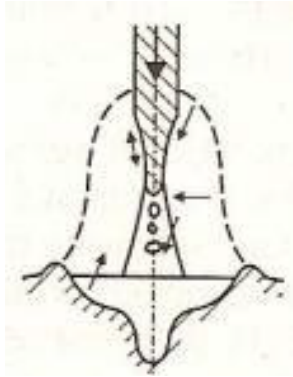


Рис.2 Струйный перенос металла. Пунктиром показана область расплавления электрода теплом дуги, а стрелками – направления электромагнитных сил, формирующих и перебрасывающих мелкие капли в сварочную ванну.

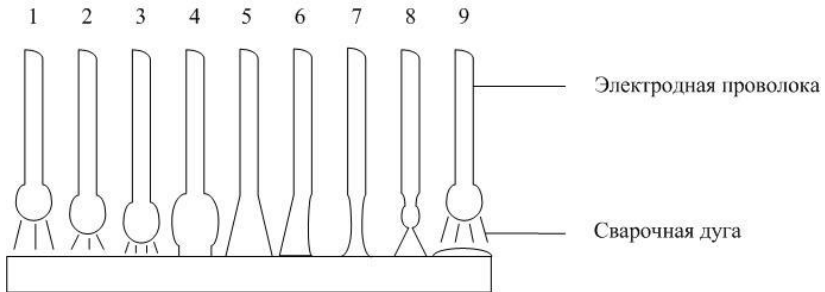


Рис. 3 Форма образующегося металла шва в поперечном сечении.

После возбуждения дуги на стадиях 1, 2 и 3 происходит формирование и рост капли, что создаёт благоприятные условия для плавного объединения капли со сварочной ванной. Во всех стадиях процесса скорость подачи электродной проволоки постоянна, а скорость ее плавления в периоды 3 и 4 уменьшается и становится меньше скорости подачи. Поэтому торец электрода с каплей приближается к сварочной ванне до короткого замыкания 4. При коротком замыкании резко возрастает сварочный ток – до 150 – 200 А и, как результат, увеличивается сжимающее действие электромагнитных сил (6 – 7), которые разрывают перемычку жидкого металла между электродом и изделием (8, 9), частично разбрызгивая его при этом. Далее процесс повторяется с частотой в пределах 90 – 450 замыканий в секунду. Для каждого диаметра электродной проволоки в зависимости от её материала, защитного газа, и т.д. существует диапазон сварочных токов, в котором возможен процесс сварки с короткими замыканиями. При оптимальных параметрах процесса сварки, потери электродного металла на разбрызгивание

не превышают 7 %. Циклический режим отличается минимальным тепловложением и используется при сварке сталей толщиной до 3 мм.

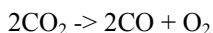
Режимы струйного и крупнокапельного переноса применяют при сварке металла толщиной более 3 мм. Они связаны со сравнительно высокой энергией дуги, большим объёмом жидкого металла сварочной ванны, ограничивающим сварку нижним и горизонтальным пространственными положениями.

Для защиты сварочной ванны, уменьшения разбрызгивания и улучшения формирования шва при струйном и крупнокапельном режимах, используются смеси углекислого газа с инертными газами и с небольшими добавками кислорода.

Электрическая дуга, одновременно расплавляя проволочный электрод и кромки свариваемых заготовок, образует общую сварочную ванну с жидким металлом. Перемещение дуги вдоль соединения со сварочной скоростью приводит к охлаждению металла в хвостовой части ванны и адгезии (прилипанию) атомов наиболее тугоплавких элементов к её дну и стенкам. От этих атомов, являющихся центрами зарождающихся кристаллитов, растут удлинённые кристаллы. Кристаллизация заканчивается их смыканием, с образующейся зернистой структурой в сварном шве.

Процессы взаимодействия углекислого газа с металлом сварочной ванны.

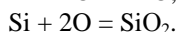
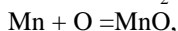
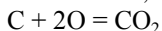
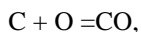
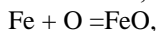
Углекислый газ является активным газом. При высоких температурах происходит диссоциация (разложение) его с образованием свободного кислорода:



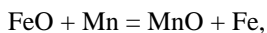
Молекулярный кислород под действием высокой температуры сварочной дуги диссоциирует на атомарный по формуле:



Атомарный кислород, являясь очень активным, вступает в реакцию с железом и примесями, находящимися в стали, по следующим уравнениям:



Чтобы подавить реакцию окисления углерода и железа при сварке в углекислом газе, в сварочную ванну вводят раскислители (марганец и кремний), которые тормозят реакции окисления и восстанавливают окислы по уровням:



Для удаления кислорода и получения качественного металла в сварном шве необходимо в зоне дуги и в сварочной проволоке иметь достаточ-

ное количество раскислителей Si, Mn, Ti и других элементов. Поэтому для сварки в CO_2 разработаны специальные сварочные проволоки с содержанием Si и Mn марок: Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-08ХГС и др.

Благодаря хорошему раскислению металла сварочной ванны качество сварных швов лучше, чем при сварке покрытыми электродами (они содержат меньше кислорода, азота, водорода, а также неметаллических включений). При этом образующиеся оксиды кремния и марганца, не растворимые в жидкой стали и образуют на поверхности шва тонкую плёнку шлака, легко удаляемую металлической щеткой.

Оборудование полуавтоматической сварки. При дуговой сварке в защитных газах плавящимся электродом применяются источники сварочного тока с жесткой характеристикой и эффективным саморегулированием дуги. На рис. 4 приведена схема полуавтомата.

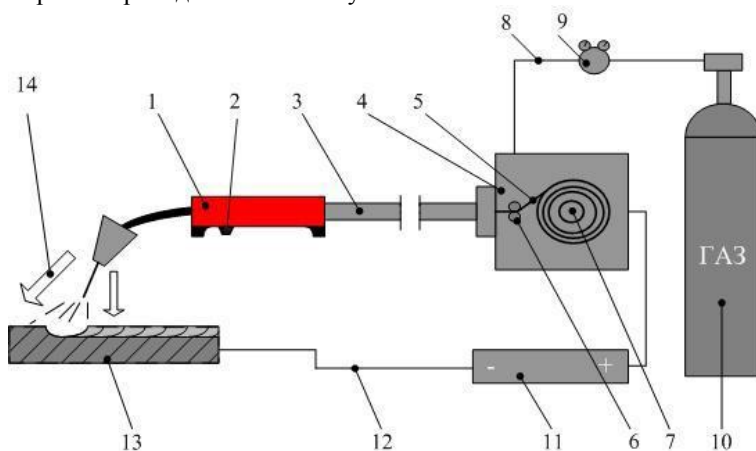


Рис.4. Полуавтомат для сварки плавящимся электродом в углекислом газе: 1 - сварочная горелка с держателем пистолетного типа; 2 - клавиша «пуск»; 3 - гибкий шланг с проходящими цепями управления, с кабелем, подводящим ток к контактному мундштуку внутри сопла горелки, с трубкой для прохода сварочной проволоки; 4 - проволокоподающий механизм; 5 - сварочная проволока; 6 - подающие ролики; 7 - бухта сварочной проволоки; 8 - шланг для подвода защитного газа; 9 - редуктор; 10 - баллон с газом; 11 - сварочный выпрямитель; 12 - кабель для подвода тока; 13 - свариваемая деталь; 14 - струя защитного газа, вытесняющая воздух из зоны плавления и кристаллизации металла шва.

Защитный газ, выходя из сопла горелки, вытесняет воздух из зоны сварки, как показано на рисунке 5.

Для полуавтоматической сварки используется сварочная проволока диаметром $0,5 \div 2,0$ мм. Марка сварочной проволоки выбирается в зависимости от свариваемого материала.

Защитный газ выбирается в зависимости от свариваемого материала.

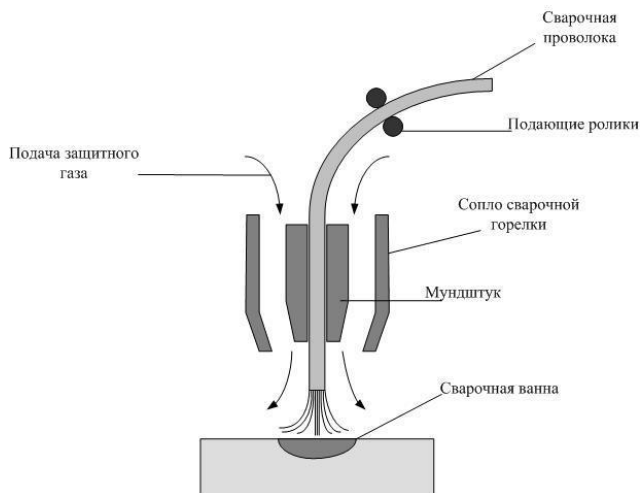


Рис5. Схема подвода защитного газа, сварочной проволоки и сварочного тока к плавящемуся электроду (сменный мундштук).

Используют защитные газы: углекислый газ, смеси его с аргоном и с кислородом. Углекислый газ для сварки поставляется в стальных баллонах черного цвета емкостью 40 литров, под рабочим давлением 20 МПа в жидком виде. При испарении образуется около 13 м³ газа.

Технология сварки. При полуавтоматической сварке в углекислом газе обычно применяют постоянный ток обратной полярности, так как сварка током прямой полярности приводит к неустойчивому горению дуги и уменьшению коэффициента наплавки. Диаметр электродной проволоки и параметры режима сварки выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла по таблице 1.

Таблица 1 - Рекомендуемые параметры режима полуавтоматической сварки в CO₂

Толщина металла, мм	Ø св. проволоки, мм	Сила тока, А	Напряжение, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	Расход защитного газа, л/мин	Вылет электрода, мм
0,5	0,5	60-90	18-19	120-180	6-7	6-10
1,5	0,8-1,0	95-125	19-20	150-200	6-7	6-10
2,0	1,2	130-170	21-21,5	150-250	6-7	10-13
3,0	1,2-1,4	200-300	22-25	380-490	8-11	10-13
4,0-5,0	1,2-1,6	200-300	25-30	490-680	11-16	10-20
6,0-8,0 и более	1,2-1,6	200-300	25-30	500-680	11-16	10-20

С увеличением силы сварочного тока увеличивается глубина провара и повышается производительность процесса сварки. Чем длиннее дуга, тем больше напряжение. Чем короче дуга, тем стабильнее процесс сварки, меньше разбрызгивание и выше качество шва. С увеличением напряжения дуги увеличивается ширина шва и уменьшается глубина его провара. Скорость подачи электродной проволоки подбирают так, чтобы обеспечивалось устойчивое горение дуги при выбранном напряжении.

С увеличением вылета электрода из токоподводящего мундштука ухудшается устойчивость горения дуги и формирование шва, а также увеличивается разбрызгивание. При сварке с малым вылетом из сопла горелки затрудняется наблюдение за процессом сварки и подгорает контактный наконечник. При чрезмерном увеличении этого расстояния возможно загрязнение металла шва кислородом и азотом воздуха, и образование в нём пор.

Для получения хорошего качества сварных швов необходимым условием является поддержание постоянной длины дуги.

Рекомендуемые расстояния от сопла горелки до изделия, приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Рекомендуемые расстояния от сопла горелки до изделия в зависимости от диаметра проволоки.

Диаметры проволок, мм	0,5; 0,8	1,0; 1,2	1,6; 2,0
Расстояние от сопла горелки до изделия, мм	от 5 до 15	от 8 до 18	от 15 до 25

Наклон электрода относительно шва оказывает большое влияние на глубину провара и качество шва. В зависимости от угла наклона сварку можно производить углом назад и углом вперёд, как показано на рисунке 6.

При сварке углом назад в пределах 5 – 10 град. улучшается видимость зоны сварки за дугой, повышается глубина провара и наплавленный металл получается более плотным.

При сварке углом вперёд лучше наблюдать за свариваемыми кромками и направлять электрод точно по зазору. Ширина валика при этом возрастает, а глубина провара уменьшается. Этот способ рекомендуется применять при сварке тонкого металла, где существует опасность сквозного прожога.

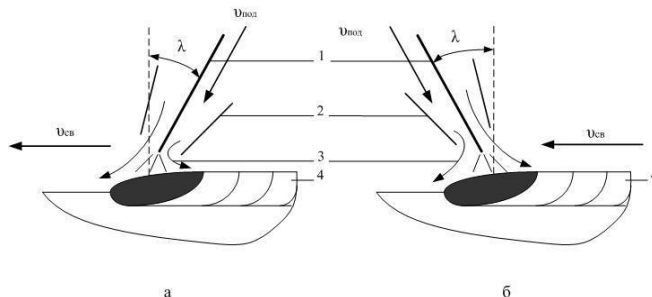


Рис.6 Способы полуавтоматической сварки в углекислом газе: а) углом вперед; б) углом назад; 1-проволока; 2-сопло; 3-защитный газ; 4-сварной шов.

Для увеличения ширины шва, уменьшения его высоты и улучшения плавности перехода от усиления шва к основному металлу перемещение электрода выполняют по схемам, приведенным на рис. 7.

Чтобы в наплавленном металле не было пор, кромки сварных соединений необходимо зачищать от ржавчины, грязи, масла и влаги на ширину до 30 мм по обе стороны от зазора. Окалина практически не влияет на качество сварного шва, поэтому детали даже после газовой резки могут свариваться сразу после зачистки шлака.

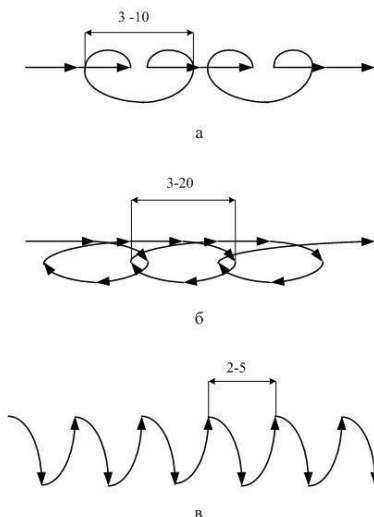


Рис.7. Схемы перемещения электрода при сварке плавящимся электродом в защитных газах для увеличения ширины шва: а и в – для получения равномерного провара по всей ширине шва, б – для получения плавного перехода от усиления шва к основному металлу на одну сторону от его продольной оси.

Общее описание аппарата Динамика 200.

Аппарат Динамика 200 (рис. 8) предназначен для полуавтоматической сварки на постоянном токе, а также для ручной дуговой сварки покрытым электродом и аргонодуговой сварки на постоянном токе. Аппарат может широко применяться для сварки углеродистой стали, нержавеющей стали и различных сплавов, для авто ремонта и для проведения строительных и монтажных работ. Благодаря высокой мощности, аппарат обеспечивает сильную и стабильную дугу.

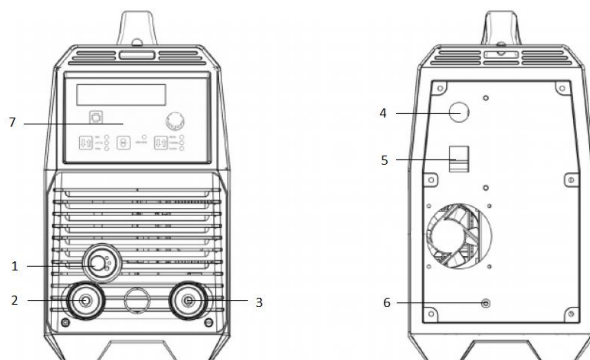


Рис. 8. Расположение элементов управления Динамика 200: 1 – разъем «ЕВРО» подключения полуавтоматической горелки; 2 – разъем подключения кабеля «+»; 3 – разъем подключения кабеля массы «-»; 4 – питающий кабель; 5 – кнопка включения аппарата; 6 – газовый штуцер; 7 – панель управления.

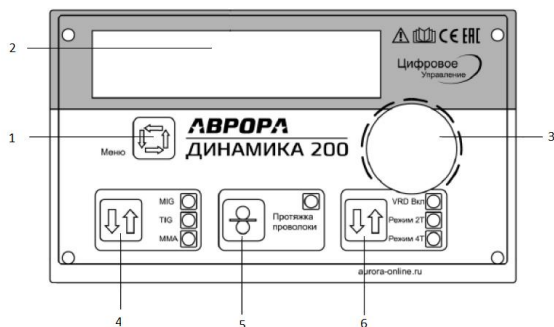


Рис. 9. Панель управления: 1 – меню только для сварки MIG (коррекция сварочного напряжения, коррекция индуктивности, выбор диаметра проволоки); 2 – светодиодный цифровой дисплей; 3 – ручка настройки параметров сварки; 4 – выбор вида сварки (MIG, TIG, MMA); 5 – протяжка проволоки; 6 – режим работы горелки MIG (2Т, 4Т).

Благодаря использованию мощных IGBT-транзисторов и быстродействующих диодов как основных электрических компонентов инвертора, выпрямленное напряжение сети (50/60Гц) преобразуется в высокочастотное переменное напряжение (60КГц), которое подается на первичную обмотку понижающего ферритового трансформатора. Полученное на вторичной обмотке переменное высокочастотное напряжение преобразуется в постоянное. Такой принцип работы позволяет использовать силовой трансформатор значительно меньшего размера и уменьшить вес инверторного оборудования, что ведет к увеличению КПД аппарата на 30%.

Панель управления режимами сварки изображена на рис. 9.

Технические характеристики аппарата Динамика 200 Аврора приведены в табл. 3.

Таблица 3 - Технические характеристики аппарата.

Параметры	Динамика 200		
Напряжение питания, В	230		
Частота, Гц	50/60		
Вид сварки	MIG	MMA	TIG
Потребляемая мощность, кВА	7,7		
Напряжение холостого хода, В	54		
Диапазон сварочного тока, А	30-200	10-160	10-180
Диапазон напряжения дуги, В	15,5-24	20,4-26,4	10,4-16,4
Диаметр проволоки, мм	0,8 / 1,0		
Диаметр катушки, мм	100 / 200		
Газ	CO ₂ , газовая смесь, аргон		
ПН при максимальном сварочном токе (25 ⁰ С), %	60		
ПН при максимальном сварочном токе (40 ⁰ С), %	30		
Коэффициент мощности, Cos φ	0.73		
КПД, %	85		
Класс защиты	IP21S		
Класс изоляции	F		
Вес, кг	14,5		
Габаритные размеры, мм: Д×Ш×В	440×180×350		

Порядок выполнения работы

Осмотр и сборка оборудования могут производиться только тогда, когда аппарат отключен от сети.

Подготовка прибора к работе состоит из следующих операций:

1. Присоединить к разьему «ЕВРО» (рис.8 поз.1) полуавтоматическую горелку, к силовой клемме аппарата (рис.8 поз.3) кабель заземления.
2. Установить катушку с проволокой, протянуть проволоку через подающий механизм в канал сварочной горелки. Зафиксировать ролики. Снять сопло на горелке и токосъёмный наконечник. Нажать на кнопку подачи проволоки (рис.9 поз.5) на панели управления аппарата. Когда проволока покажется из горелки, вторым нажатием остановить подачу. Установить наконечник и сопло горелки на прежнее место.
3. Установить регулятор давления на газовый баллон. Проверить наличие пластичной прокладки в накидной гайке, плотно затянуть её гаечным

ключом. Подсоединить газовый шланг аппарата к штуцеру регулятора давления при помощи хомутов.

4. Подключить аппарат к сети.

5. Включить аппарат выключателем "Сеть" (рис.8 поз.5).

6. Откройте вентиль газового баллона, нажмите на кнопку управления горелки, чтобы проверить поступление газа. Отрегулируйте подачу газа.

7. Нажмите на кнопку (рис.9 поз.4) панели управления аппарата, чтобы загорелся индикатор «MIG».

8. Вращая ручку (рис.9 поз.3), отрегулируйте скорость подачи проволоки и сварочное напряжение.

9. Произвести сварку подготовленных деталей.

10. Выключить аппарат выключателем "Сеть" (рис.8 поз.5).

11. Закрыть вентиль газового баллона.

12. Отключить аппарат от сети.

Порядок работы состоит из следующих операций:

1. Зачистите свариваемый материал. Металл на расстоянии 10-20 мм от шва должен быть очищен от ржавчины, маслянистой пыли, воды, краски и т.п.

2. Включить аппарат выключателем "Сеть" (рис.8 поз.5).

3. Откройте вентиль газового баллона, нажмите на кнопку управления горелки, чтобы проверить поступление газа. Отрегулируйте подачу газа.

4. Вращая ручку (рис.9 поз.3), отрегулируйте скорость подачи проволоки и сварочное напряжение.

5. После зажигания дуги старайтесь сохранять расстояние между рабочей поверхностью и электродом приблизительно 5 – 15 мм. Необходимо соблюдать это расстояние постоянно во время сварки. Угол наклона электрода от вертикальной оси должен быть 5 – 10°.

6. Проверьте визуально качество сварочного шва.

7. После окончания сварочных работ закрыть вентиль газового баллона.

8. Выключить аппарат выключателем "Сеть" (рис.8 поз.5).

ОТЧЁТ ПО РАБОТЕ

Отчет по работе заполнить в журнале «Отчет по лабораторным работам» (выдается преподавателем перед циклом лабораторно-практических работ в электронном виде).

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОХРАНА ТРУДА НА ПОСТУ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

- Не допускается входить в аудиторию №123 «Лаборатория сварочных технологий» без прохождения вводного инструктажа по охране труда.

- Не подходить к посту электродуговой сварки без разрешения преподавателя.

- В лаборатории запрещено самовольное перемещение студентов по постам.

- Не настраивать аппарат без разрешения преподавателя.

- Не включать аппарат без разрешения преподавателя.

- Не устанавливать деталь на стол для сварки без разрешения преподавателя.

- Не брать инструмент для выполнения подготовительных работ без разрешения преподавателя.

- Выполнять работы на посту допускается только в спецодежде (маска, перчатки, костюм сварщика).

- Не надевайте контактные линзы; интенсивное излучение дуги может привести к их склеиванию с роговицей.

- Студентам, наблюдающим за процессом резки, разрешено смотреть сварочную дугу только в защитной маске на расстоянии 1,5 м от зоны сварки.

- Спецодежда должна быть сухой.

- В процессе сварки металла не наклоняться низко над свариваемыми деталями.

- Прежде чем касаться руками изделий после сварки, дождитесь их полного охлаждения.

- Не касаться рукой сопла сварочной горелки после сварки.

- Сварочную горелку класть только на специальную подставку.

- Не покидать рабочее место без разрешения преподавателя.

Составитель: **Илясов Александр Петрович**

Основы технологии производства машин

Полуавтоматическая сварка

**Методические указания по выполнению
лабораторно-практической работы**

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка: В.Я. Вульферт

Подписано к печати 27 декабря 2020 г. Формат 60 × 84^{1/16}
Объем 0,9 уч.-изд. л. Изд. №4. Заказ №6
Тираж 20 экз.

Отпечатано в типографии НГАУ
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

ДЛЯ РАБОЧЕЙ ТЕТРАДИ

Отчет по лабораторно-практической работе «Полуавтоматическая сварка плавящимся электродом»

Цель работы:

Перечислите основные виды переноса металла электрода через сварочную дугу.

Изобразите схему полуавтоматической сварки плавящимся электродом.

Перечислите достоинства и недостатки полуавтоматической сварки плавящимся электродом

Перечислите факторы, влияющие на качество сварочного шва

Таблица для заполнения

Материал заготовки	
Толщина материала, мм	
Диаметр проволоки, мм	
Эскиз детали и сварочной горелки (указать направление реза, расстояние от горелки до детали, угол наклона горелки относительно плоскости сварки)	

№ Опыта	Величина тока, А	Угол наклона горелки, °	Длина шва, мм.	Ширина шва, мм.	Качество шва

Выводы:
