МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

А.П.ПОСЛАВСКИЙ, В.В.СОРОКИН

ВОССТАНОВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ АРГОНО-ДУГОВОЙ СВАРКОЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
Оренбургского государственного университета

Оренбург 2003

ББК 39.33-04я7
П 61
УДК 629.1.01: 621.791.754.293 (07)

Рецензент
Профессор, к.т.н. В.П. Апсин

П 61 **Пославский А.П., Сорокин В.В.**
Восстановление автомобильных деталей из алюминиевых сплавов аргоно-дуговой сваркой: Методические указания к лабораторной работе. – Оренбург: ОГУ, 2003. – 18 с.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Технология восстановления деталей», для студентов специальности 230100 – Сервис и техническая эксплуатация транспортных и технологических машин и оборудования.

© Пославский А.П.,2003
© Сорокин В.В.,2003
© ОГУ, 2003

1 Цель работы

Изучение аргоно-дуговой сварки, как способа восстановления автомобильных деталей. Знакомство с применяемым оборудованием и материалами. Приобретение практических навыков аргоно-дуговой сварки. Определение характеристик процесса сварки. Определение качества сварного соединения.

2 Общие сведения

Дуговая сварка в среде защитных газов имеет множество разновидностей, которые можно классифицировать по следующим основным признакам: по типу защитных газов, по характеру газовой защиты в зоне сварки, по типу электрода и др. К особенностям дуговой сварки в защитных газах относятся:

- высокая концентрация дуги, обеспечивающая минимальную зону структурных превращений и относительно небольшие деформации изделия,
- высокая производительность,
- высокоэффективная защита расплавленного металла, особенно при использовании в качестве защитной среды инертных газов,
- возможность наблюдения за ванной и дугой,
- возможность сварки металлов различной толщины,
- отсутствие необходимости удалять после сварки флюсы или обмазки,
- возможность сварки в любых пространственных положениях.

Основные параметры дуги – температура, напряженность поля столба, средняя плотность тока и эффективный радиус сечения столба обуславливаются физическими свойствами газов в дуговом промежутке. Если столб дуги с плавящимся электродом заполнен парами электродного металла, то при сварке неплавящимся электродом количество паровой фазы мало и состав плазмы обуславливается лишь составом защитного газа.

Для сварки неплавящимся электродом применяют в основном инертные газы аргон и гелий, а также смеси с молекулярными газами. Аргон и гелий обладают высоким потенциалом ионизации, что затрудняет первоначальное возбуждение дуги. Однако напряженность поля в дуге имеет сравнительно низкое значение, и дуговой разряд в инертных газах отличается высокой стабильностью. Инертные газы применяют для сварки химически активных металлов, например алюминия, магния.

Аргонодуговая сварка осуществляется плавящимся и неплавящимся электродами. При восстановлении деталей используется в основном сварка неплавящимся вольфрамовым электродом с ручной подачей присадочного материала в зону горения дуги (рис. 1).

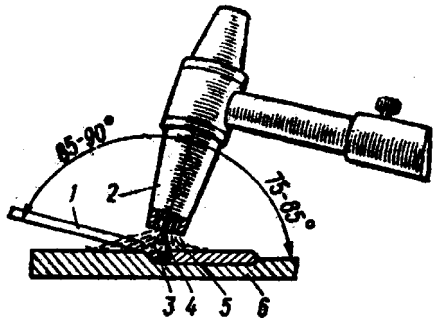

Рисунок 1 – Защита зоны горения дуги

Для защиты сварочной ванны от окисления в зону горения дуги под небольшим давлением подают защитный газ.

Общий вид рабочего поста для сварки алюминия аргонодуговой сваркой представлен на рисунке 1.

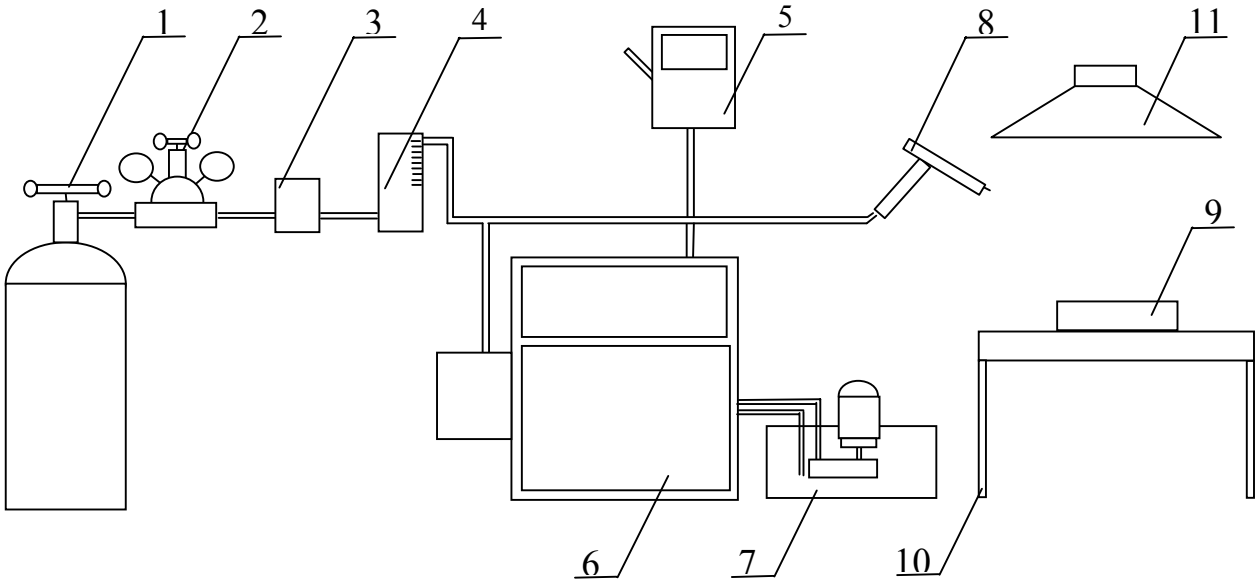

Рисунок 2 – Схема рабочего поста для аргонодуговой сварки

1 – баллон с аргоном; 2 – газовый редуктор; 3 – электропневмоклапан; 4 – ротаметр; 5 – шкаф электропитания; 6 – установка ИСВУ-315-1; 7 – станция охлаждения; 8 – горелка; 9 – свариваемое изделие; 10 – рабочий стол; 11 – вытяжной зонт.

Наиболее универсальным защитным газом является аргон. Благодаря надежной защите сварочной ванны от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха при аргонодуговой сварке появляется возможность восстановления деталей из трудносвариваемых материалов. В ремонтном производстве этим

видом сварки восстанавливают головки цилиндров, картеры сцепления, корпуса водяных насосов и другие детали, изготовленные из алюминиевого сплава АЛ-4 и АЛ-9.

2.1 Особенности сварки

Алюминиевые сплавы обладают рядом специфических свойств, затрудняющих их сварку.

Главным затруднением для сварщика является то, что алюминиевый сплав при нагреве не меняет своего цвета, поэтому при недостаточном навыке сварщик может не заметить начало расплавления металла, результатом чего явится проваливание стенки детали под собственной тяжестью.

Алюминий и его сплавы отличаются высоким сродством кислороду, водороду и азоту. Окисление алюминия происходит при всех температурах, поэтому поверхность деталей из алюминиевых сплавов всегда покрыта окисной пленкой, которая по своим физическим свойствам значительно отличается от основного металла. Она намного тяжелее сплава, а температура плавления окисной пленки 2050^0С, в то время как температура плавления алюминия и его сплавов 650-670^0С. Попадая в сварочную ванну, окисная пленка затрудняет сплавление с кромками и ухудшает формирование шва. Вследствие высокой адсорбционной способности к газам и парам воды оксидная пленка является источником газов, растворяющихся в металле, и косвенной причиной возникновения в нем несплошностей различного рода. Частицы окисной пленки, попавшие в ванну, а также часть пленок с поверхности основного металла, не разрушенных в процессе сварки, могут образовывать окисные включения в швах, снижающих свойства соединений и их работоспособность. В условиях электродуговой сварки в инертных газах удаление окисной пленки происходит в результате электрических процессов, происходящих у катода (катодное распыление). В этих условиях возникает необходимость повышения требований к качеству предварительной обработки деталей перед сваркой с целью получения тонкой и однородной пленки по всей поверхности свариваемых кромок. Предварительная обработка уменьшает возможность образования газовых пор, содержащих атомарный водород и не успевающий выделиться вследствие больших скоростей кристаллизации сварочного шва. Основным источником водорода является влага, адсорбированная поверхностью металла в входящая в состав окисной пленки в виде гидратированных окислов. Атомарный водород образуется в результате протекания реакции

$$2Al + 3H_2O = Al_2O_3 + 6H$$

Предупреждению пористости при сварке алюминия может способствовать сокращение удельной поверхности присадочной проволоки

за счет увеличения ее диаметра и уменьшения доли участия присадочного металла в образовании шва.

При сварке алюминиевых сплавов кристаллическая структура и механические свойства металла шва могут изменяться в зависимости от состава сплава, используемого присадочного материала, способов и режимов сварки. Для всех способов сварки характерно наличие больших скоростей охлаждения и направленного отвода тепла. При кристаллизации в этих условиях часто развивается дендритная ликвация, что приводит к появлению в структуре металла эвтектики. Эвтектика снижает пластичность и прочность металла. В связи с этим в швах возможно возникновение кристаллизационных трещин в процессе кристаллизации. Поэтому в качестве присадочного металла при сварке все большее применение находят проволоки с добавками модификаторов(цирконий, титан, бор). Введение этих элементов в небольших количествах позволяет улучшить кристаллическую структуру металла швов и снизить их склонность к трещинообразованию.

2.2 Подготовка деталей к сварке

При подготовке деталей из алюминиевых сплавов под сварку профилируют свариваемые кромки, удаляют поверхностные загрязнения и окислы. Обезжиривание и удаление поверхностных загрязнений осуществляется с помощью органических растворителей (уайт-спирит, технический ацетон, растворители РС-1 и РС-2 и др.) или обработкой в специальных ваннах щелочного состава. Удаление поверхностной окисной пленки является наиболее ответственной операцией подготовки детали. При этом в основном удаляют старую окисную пленку, полученную в результате длительного хранения и содержащую значительное количество адсорбированной влаги.

Окисную пленку можно удалять с помощью металлических щеток из проволоки диаметром 0,1-0,2 мм при длине ворса не менее 30 мм или шабрением. После зачистки кромки обезжиривают растворителем. Продолжительность хранения деталей перед сваркой после зачистки 2-3 ч.

2.3 Оборудование и материалы

Для осуществления аргонно-дуговой сварки используют установки УДГ-301, УДГ-501, ВСВУ-315, ИСВУ-315-1, ТИР-300, ТИР-300ДМ и др. В качестве неплавящегося электрода при аргонно-дуговой сварке используют вольфрамовые прутки марки ВА-1А, ВТ-15 или ВЛ-10. Диаметр вольфрамового электрода выбирают в зависимости от сварочного тока. Неплавящиеся электроды из вольфрама относятся к дорогостоящим сварочным материалам. Поэтому необходимо выполнять определенные условия для снижения расхода вольфрама при горении дуги. Интенсивный расход возникает в результате прямого контакта электрода с расплавленным

металлом или его парами, в результате чего на рабочей поверхности вольфрамового электрода образуются более легкоплавкие сплавы.

В качестве присадочного материала применяют проволоку марки Св-АК5, Св-А97, Св-АК10 или Св-АК12. Возможно также применение полосок нарезанных из листового алюминия толщиной 4-5 мм. Присадочный материал перед применением необходимо обезжирить растворителем, а непосредственно перед сваркой зачищают шлифовальной шкуркой.

В качестве защитного газа применяют аргон чистотой не менее 99,9% (по ГОСТ 10157-73, сорта: высший, первый и второй) или смеси аргона с гелием. Аргон также является дорогостоящим расходным материалом. Основными мерами снижения расхода аргона в процессе сварки являются:

-правильная настройка защитной струи посредством ротаметра,

-ведение процесса сварки с максимально возможной производительностью,

-включение в состав оборудования электромагнитного клапана, управляемого подачей защитного газа непосредственно во время сварки. Кнопка управления электромагнитным клапаном у некоторых типов горелок расположена на рукоятке.

2.4 Техника и режимы сварки неплавящимся электродом

Питание дуги осуществляется переменным током от источников с падающими внешними характеристиками.

Перед тем как приступить к сварке, необходимо как можно точнее определить режимы сварки (таблица 1).

Таблица 1 - Режимы аргонно-дуговой сварки алюминиевых сплавов неплавящимся электродом

Толщина металла в зоне сварки, мм	Сварочный ток, А	Диаметр присадочного материала, мм	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Расход аргона, л/мин
2,0-3,0	90-100	3-4	3,0	3-4
3,0-4,0	100-150	4-5	3,0	4-5
4,0-6,0	140-220	5-6	4,0	5-7
6,0-8,0	200-280	5-6	5,0	6-8
8,0-11,0	270-350	6-7	6,0	8-12

Возбуждение дуги и разогрев электрода осуществляется на графитной пластинке, которую располагают рядом с точкой начала сварки. О готовности электрода к сварке, свидетельствует образование на электроде раскаленного шарика. В дальнейшем на протяжении всей сварки до обрыва дуги электрод должен сохранять такую форму.

К месту сварки горелку переводят быстрым движением. Следует избегать касания раскаленным электродом металла, это приводит к загрязнению вольфрама, нарушению устойчивости горения дуги и ухудшению формируемого шва. Если все же произошло случайное касание раскаленным электродом металла, сварку следует прекратить и очистить электрод от прилипших к нему частиц алюминиевого сплава. Для этого дугу зажигают на графитовой пластинке и выдерживают ее в течение 20-30 с, пока испарятся посторонние включения и на конце электрода вновь появится чистый раскаленный шарик.

Подачу присадочного материала в зону дуги начинают лишь после того, как образуется сварочная ванна с чистой поверхностью. Если сварочная ванна имеет матовый оттенок, а вокруг нее откладывается копоть, то необходимо несколько увеличить подачу аргона. Если же дуга горит неустойчиво, то расход газа следует несколько уменьшить.

Длина дуги должна быть стабильной на протяжении всей сварки и поддерживаться на расстоянии 4-5 мм от поверхности сварочной ванны. При увеличении этого расстояния уменьшается тепловая мощность дуги, увеличивается ширина зоны расплавления, деталь сильнее нагревается, отчего увеличивается ее коробление.

При заварке трещины присадочную проволоку, и вольфрамовый электрод располагают вдоль трещины. Конец проволоки не должен во время сварки выходить из зоны газовой защиты и попадать в столб дуги.

Для лучшей видимости процесса сварку ведут справа налево, а присадочную проволоку подают спереди. Шов, наложенный на трещину, должен быть слегка выпуклым и возвышаться над основной поверхностью на 2-3 мм. Поверхность шва должна быть светлой с четко выраженной мелкой чешуйчатостью. Затемненная матовая поверхность или закопченность шва свидетельствуют о ненормальной газовой защите, низком качестве аргона, подсосе воздуха вследствие неплотностей газового тракта. Плохое формирование шва происходит по причине неправильно выбранных режимов сварки или неправильной технике ведения процесса.

Для сварки алюминиевых сплавов также используют сварку вольфрамовым электродом импульсной дугой. При этом можно сваривать алюминиевые сплавы толщиной от 0,2 мм и более. Для сварки импульсной дугой необходимы специализированные источники тока типа ИПКИ-100,. ИПКИ-350, ВСВУ- 315, ИСВУ-315-1 и др.

3 Используемое оборудование и материалы

Для проведения лабораторной работы используется источник питания ИСВУ-315-1. Функциональная блок-схема установки ИСВУ-315-1 представлена на рисунке 3. На рисунке 4 изображена лицевая часть установки.

3.1 Описание и работа установки ИСВУ-315-1

1. Назначение. Установка предназначена для ручной дуговой сварки переменным непрерывным и импульсным током алюминия и его сплавов неплавящимся электродом в защитной среде инертных газов (аргон, гелий и их смеси).

. Она обеспечивает:

а) зажигание дуги пробоем дугового промежутка высоковольтной искрой импульсного осциллятора,

б) поддержание горения дуги с помощью импульсного стабилизатора,

в) плавное регулирование сварочного тока,

г) заварку кратера с помощью задержки и регулируемого спада сварочного тока,

д) защиту элементов установки от напряжений высокой частоты осциллятора с помощью индуктивно-емкостного фильтра,

е) подачу инертного газа до начала сварки и прекращение подачи после окончания сварки,

ж) включение и выключение сварки с помощью выключателя.

Конструктивно установка ИСВУ-315-1 выполнена моноблочно в виде шкафа размерами 700*550*850 мм. В верхней части шкафа размещена панель аппаратуры управления, регулирования и сигнализации. В нижней части шкафа размещены: силовой сварочный трансформатор, дроссель, блок тиристоров, и блоки управления источником питания. В целях безопасности доступа к силовой части установки, дверца шкафа снабжена конечным выключателем. При открытой дверце питание отключено. На боковой части шкафа с внешней стороны расположен блок осциллятора.

Панель аппаратуры управления (рис. 4) свободна для доступа с целью настройки и корректировки параметров процесса сварки и содержит следующие функционально самостоятельные блоки:

- блок управления режимом сварки,
- блок формирования импульсов,
- блок регулирования тока,
- релейный блок,
- триггерный блок.

На блоке управления режимом сварки размещены: включатель питания, переключатель режима (импульсный или непрерывный), и амперметр измерения сварочного тока.

Блок формирования импульсов содержит потенциометр регулирования амплитуды импульсов.

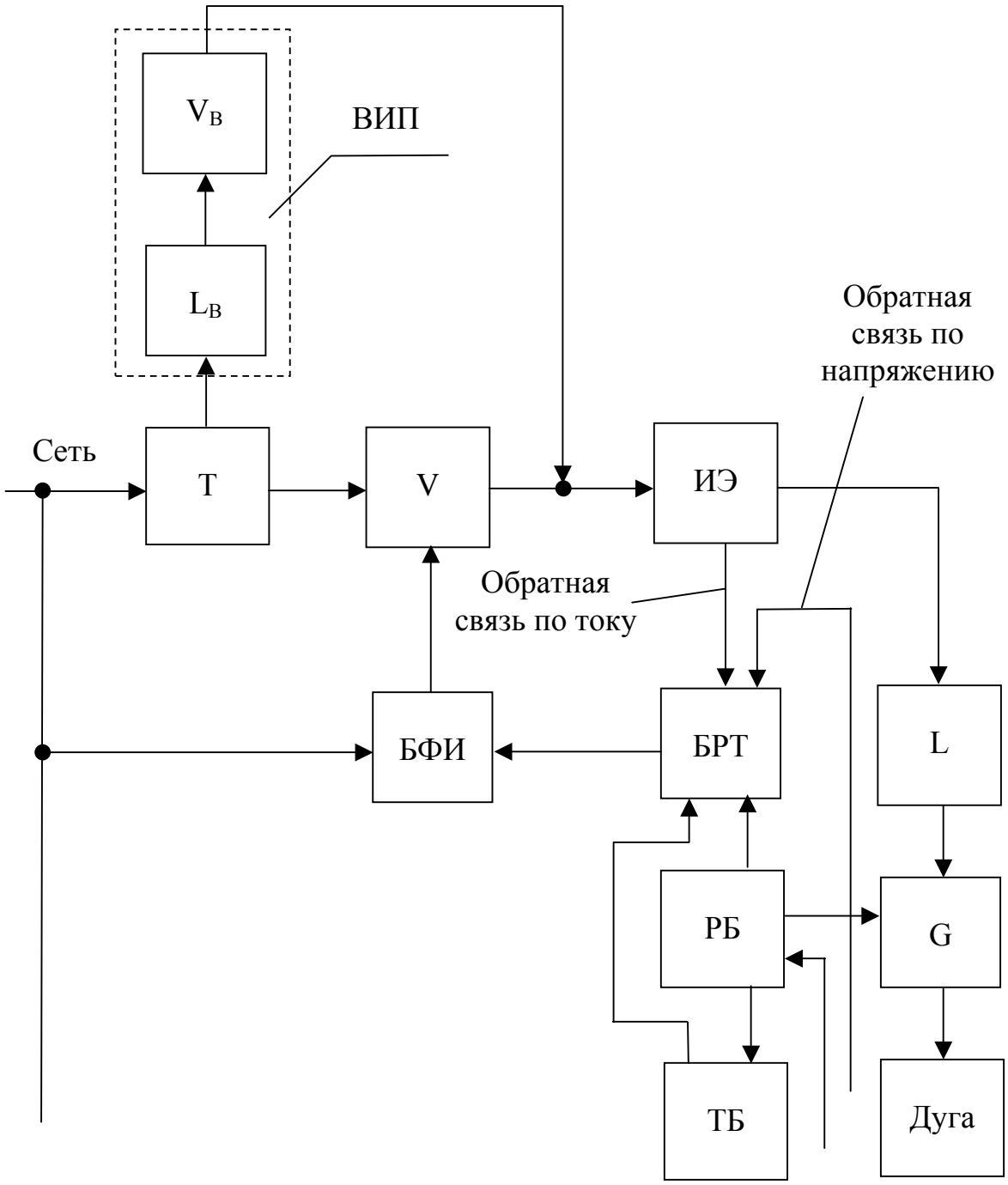

Рисунок 3. Функциональная блок-схема установки ИСВУ-315-1

Т – силовой трансформатор, V – силовой тиристорный выпрямительный блок, ВИП – вспомогательный источник питания для возбуждения дуги, ИЭ – измерительный элемент, L – дроссель в цепи выпрямленного тока, G – осциллятор, БФИ – блок формирования импульсов, БРТ – блок регулирования тока, ТБ – триггерный блок, РБ – релейный блок.

Блок регулирования тока позволяет переключать схемы управления сварочным током как с источника питания, так и с выносного пульта; посредством резисторов регулировать сварочное напряжение и силу сварочного тока; задавать форму импульсов; регулировать величину спада

сварочного тока после отключения; поддерживать необходимую величину дежурного тока.

Релейный блок сигнализирует о моментах включенного состояния источника питания и о режиме охлаждения. Регулирует ток отключения и позволяет управлять включением источника от горелки, с пульта или автоматически.

Триггерный блок позволяет устанавливать необходимую продолжительность импульсов , а также продолжительность паузы между импульсами.

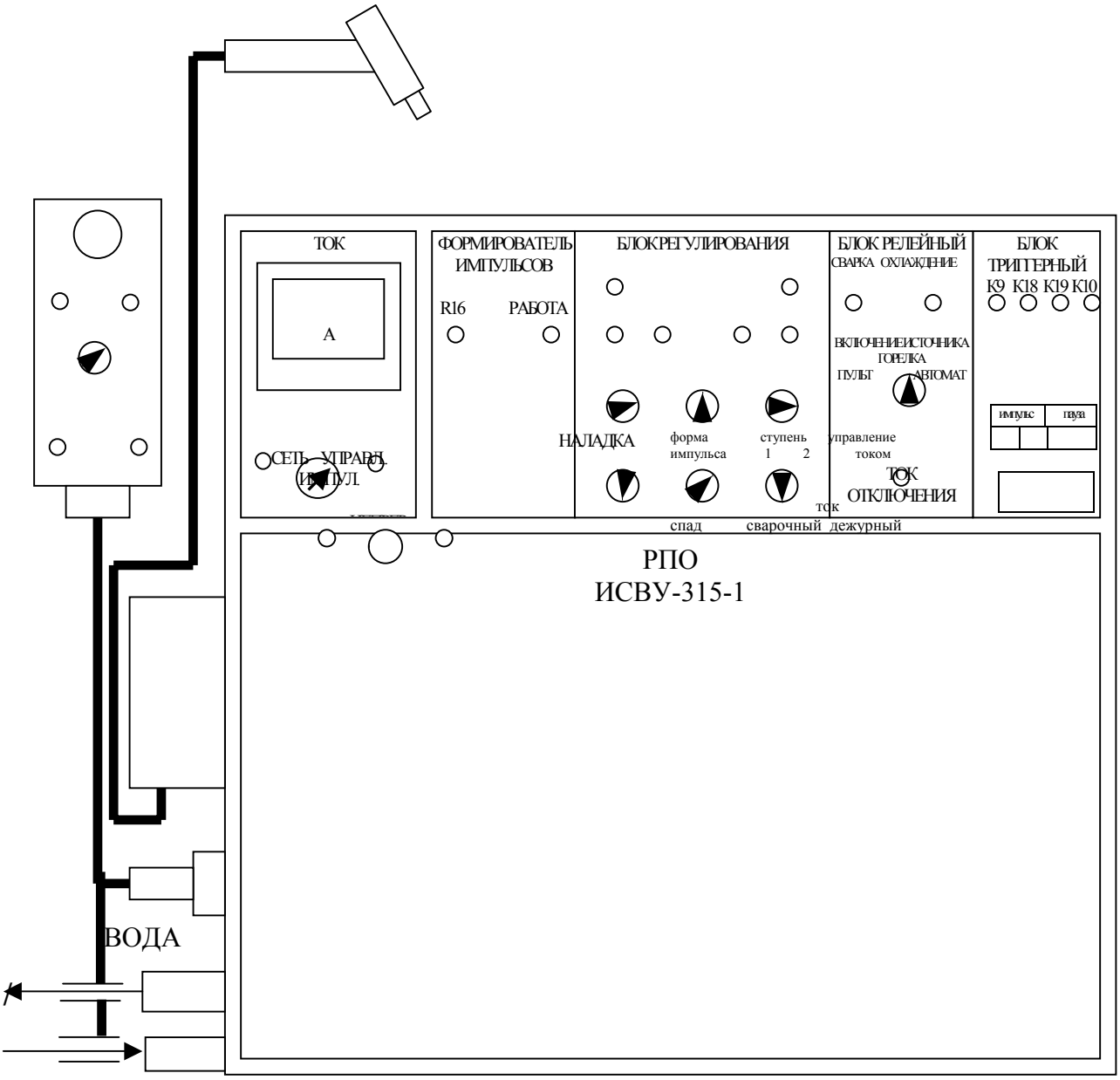

Рисунок 4 – Установка ИСВУ-315-1

3.2 Техническая характеристика

Техническая характеристика установки ИСВУ-315-1 приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики установки ИСВУ-315-1

№№ п.п.	Наименование параметра	Ед. изм.	Значение параметра
1	Напряжение питания	В	380
2	Потребляемая мощность	кВт	
3	Частота переменного тока	Гц	50
4	Напряжение холостого хода	В	90
5	Напряжение на дуге	В	18 - 30
6	Номинальный сварочный ток при ПВ=60%	А	315
7	Пределы регулирования тока	А	15 - 315
8	Расход охлаждающей воды	л\ч	250-300
9	Расход аргона гелия	л\ч	5 – 10 10 - 20

3.3 Дополнительное оборудование

Сварка осуществляется сварочной горелкой ГРАД-2. Она имеет канал подачи защитного газа и канал водяного охлаждения. Неплавящийся электрод заправляется снизу и удерживается при помощи цангового зажима, обеспечивающего сварку на токах до 200 А. Для удобства работы сварщика горелка снабжена микровыключателем, встроенным в корпус на ручке, которым производится включение электромагнитного клапана, перекрывающего трубопровод подачи защитного газа.

В качестве неплавящегося электрода используется вольфрамовый электрод марки ВА-1А диаметром 3 мм.

Для защиты сварочной ванны применяется аргон первого сорта по ГОСТ 10157-73, содержащий 99,99% Ar. Газ поставляется в баллонах емкостью 40 л. Полностью заправленный баллон находится под давлением 15 МПа. Для сварки газ редуцируется до давления не более 0,005 МПа. Расход аргона контролируется по показаниям ротаметра.

В качестве присадочного материала используются алюминиевые прутки из проволоки АЛ-4 диаметром 4 мм.

4 Порядок проведения работы

4.1 Определить толщину восстанавливаемой детали штангенциркулем. Исходя из толщины детали, определить сварочные режимы по таблице 1.

4.2 Очистить свариваемые кромки от загрязнений и удалить окисную пленку.

4.3 Включить источник питания. Произвести предварительные настройки режима сварки.

4.4 Открыть кран подачи аргона на баллоне и отрегулировать расход аргона по ротаметру.

4.5 Одеть защитный брезентовый костюм, рукавицы и сварочную маску.

4.6 Выполнить сварку подготовленных деталей.

4.7 Закрыть кран подачи аргона.

4.8 Отключить источник питания.

4.9 Оценить качество выполненного шва. Определить внешним осмотром состояние сварного шва.

4.10 Произвести разрушение образца по сварочному шву (по рекомендации учебного мастера)

4.11 Определить дефекты сварочного соединения и дать оценку пригодности технологического процесса сварки или рекомендации по изменению параметров процесса сварки.

4.12 Оформить протокол лабораторных испытаний.

5 Контроль качества сварного соединения

Показатели качества сварного соединения определяют путем их контроля как совокупность ряда свойств, таких как надежность, степень работоспособности, прочность, структуру металла шва и околошовной зоны, коррозионная стойкость, отсутствие дефектов, число и характер исправлений и т.п. На всех стадиях технологии необходима проверка качества самих контрольных операций: метрологическая проверка приборов, контроль соблюдения режимов, чувствительности и достоверности дефектоскопии, дефектоскопических материалов, квалификации и состояния операторов и т. п. Высокое качество соединений зависит прежде всего от уровня и состояния технологического процесса производства. Обнаружение дефекта служит сигналом не только к отбраковки продукции, но и к оперативной корректировке технологии. В соответствии с ГОСТ 15467-79 термин дефект определяют как каждое отдельное несоответствие продукции требованиям, установленным нормативной документацией. Однако в практике контроля сварных соединений распространено и более широкое понятие о дефектах, как несплошностях или пороках – допустимых и недопустимых. По стадии появления пороков в цепочке технологических операций различают дефекты подготовки (и сборки) изделий под сварку и сварочные дефекты. Дефекты подготовки и сборки часто приводят к появлению собственно сварочных

дефектов, поэтому подготовку к сварке необходимо тщательно контролировать. Правильность подготовки и сборки контролируют внешним осмотром и измерением с помощью специальных шаблонов и инструментов.

Сварочные дефекты – несплошности различают по их типам и видам. Кроме несплошностей в сварных соединениях могут иметь место макро- и микронеоднородности и другие несовершенства структуры. Тип дефекта может быть определен практически любым методом контроля. Классификация по типам дефектов связана с их геометрическими признаками и массовостью (Таблица 3).

Таблица 3 – Классификация дефектов

Вид дефекта	Условное обозначение	Характер дефекта	Условное обозначение
Трещины	Т	Трещина	
		вдоль шва	Тв
		поперек шва	Тп
		разветвленная	Тр
Непровары	Н	Непровар	
		в корне	Нк
		между валиками	Нв
		по разделке	Нр
Поры	П	Отдельная пора	П
		Цепочка	ЦП
		Скопление	СП
Шлаковые включения	Ш	Отдельные включения	Ш
		Цепочка	ЦШ
		Скопление	СШ
Вольфрамовые включения	В	Отдельные включения	В
		Цепочка	ЦВ
		Скопление	СВ
Окисные включения	О	-	-

Вид дефекта удается определить не всегда. Для соединений, выполненных сваркой плавлением, согласно ГОСТ 23055-78 установлено 6 видов дефектов:

- трещины,
- непровары,
- поры,
- шлаковые включения,
- вольфрамовые включения (для сварки неплавящимся электродом)
- окисные включения.

Трещины весьма опасны для эксплуатации соединений и, как правило, недопустимы.

Величина непровара влияет на потерю прочности примерно пропорционально относительной глубине этого непровара или его площади.

Дефекты включения (поры, шлаковые, вольфрамовые и окисные включения) при их относительной суммарной площади в сечении шва до 5 – 10% практически мало влияют на статическую прочность соединения. Особенно это относится к пластичным материалам.

По воздействию на материал или изделие методы испытаний группируют по двум классам: методы разрушающего контроля (РК) и методы неразрушающего контроля (НРК). Разрушающие испытания проводят обычно на образцах-свидетелях, на моделях и реже на самих изделиях. Образцы-свидетели сваривают из того же материала и по той же технологии, что и сварные соединения изделия. Они позволяют получить числовые данные, прямо характеризующие прочность, качество или надежность соединений. При неразрушающих методах контроля, осуществляемых обычно на самих изделиях при помощи различных приборов, оценивают те или иные физические свойства, лишь косвенно характеризующие качество, прочность или надежность соединения.

Наиболее простым и доступным в ремонтном производстве методом контроля качества сварки является внешний осмотр, осуществляемый на этапах подготовки и сборки заготовок под сварку, выполнения швов в процессе сварки и готовых сварных швов. Обычно внешним осмотром контролируют все сварные изделия независимо от применения других видов контроля. Внешний осмотр во многих случаях достаточно информативен. Это наиболее дешевый и оперативный метод контроля.

Осмотром невооруженным глазом или в лупу проверяют наличие трещин, подрезов, свищей, прожогов, натеков, непроваров корня и кромок. Определяют дефекты формы швов, распределение чешуек, характер распределения металла в усилении шва, величину мениска, проплава и т. п.

Внешний вид поверхности шва характерен для каждого способа сварки, для его пространственного положения, марки материала и других условий. Поэтому часто сварные швы принимают по внешнему виду в сравнении с эталонами. Только после внешнего осмотра изделия или соединения подвергают каким-либо физическим методам контроля для определения внутренних дефектов.

6 Содержание отчета

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя краткий конспект основных теоретических положений, рассмотренных в разделах 2 и 3, а также протокол проведения работы с рассчитанными сварочными режимами и основными показателями процесса.

7 Контрольные вопросы

7.1 Особенности сварки алюминия и его сплавов.
7.2 Сущность способа аргоно-дуговой сварки
7.3 Состав оборудования поста аргоно-дуговой сварки
7.4 Особенности и основные характеристики источников питания для аргоно-дуговой сварки
7.5 Какие виды дефектов возникают при сварке алюминия
7.6 Что является причиной пористости сварочного шва
7.7.Какими методами достигается сокращение потребления расходных материалов
7.8 Как определяются основные параметры сварки
7.9 Что такое плазма и каковы ее основные характеристики
7.10 Назначение триггерного блока и его роль для процесса сварки

Список использованных источников

1 Восстановление автомобильных деталей: Технология и оборудование:Учеб. для вузов/В.Е.Канарчук, А.Д.Чигринец, О.Л.Голяк, М.Шоцкий. –М.: Транспорт, 1995. – 303 с.

2 Капитальный ремонт автомобилей: Справочник/Л.В.Дехтеринский, Р.Е.Есенберлин, К.Х.Акмаев и др.; Под ред. Р.Е.Есенберлина. - М.: Транспорт, 1989. – 335 с.

3 Ремонт автомобилей: Учебник/Румянцев С.И., Борщев В.Ф.,Боднев А.Г. и др.: Под ред. С.И.Румянцева. М.: Транспорт, 1981. -462 с.

4 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т./Ред.кол.: Г.А.Николаев(пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1978. т.2/Под ред. А.И.Акулова. 1978. – 462 с.