

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Оборудование и технология сварочного производства»

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов специальности 1-36 01 04
«Оборудование и технологии высокоэффективных
процессов обработки материалов»
очной и заочной форм обучения*



Могилев 2020

УДК 621.791
ББК 30.61
Т38

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Оборудование и технология сварочного производства» «17» апреля 2020 г., протокол № 10

Составитель канд. техн. наук, доц. А. О. Коротеев

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д. М. Свирепа

Методические рекомендации к лабораторным работам по дисциплине «Цифровые технологии в сварочном производстве» предназначены для студентов специальности 1-36 01 04 «Оборудование и технологии высокоэффективных процессов обработки материалов».

Учебно-методическое издание

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Ответственный за выпуск	А. О. Коротеев
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2020

Содержание

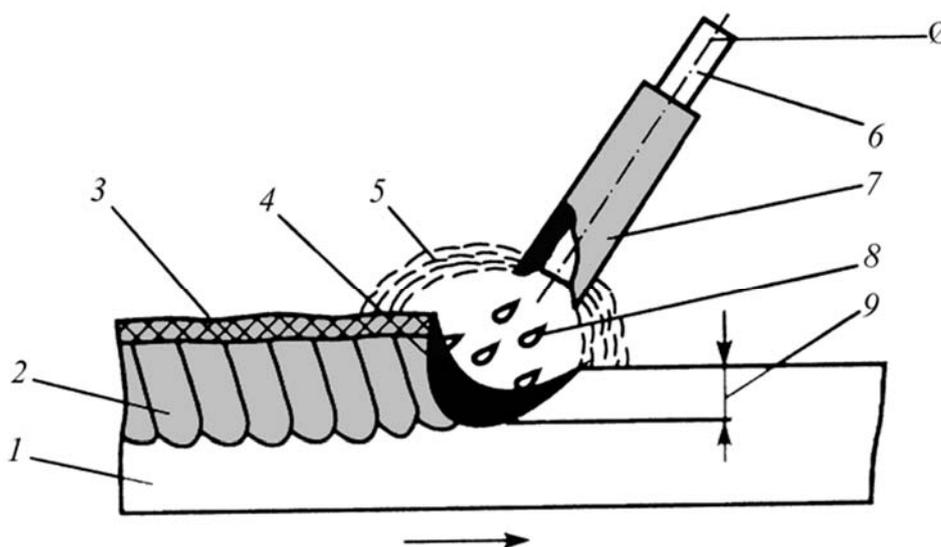
1 Лабораторная работа № 1. Изучение технологии ручной дуговой сварки покрытым плавящимся электродом	4
2 Лабораторная работа № 2. Изучение технологии механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах.....	7
3 Лабораторная работа № 3. Изучение технологии и техники ручной дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в защитных газах черных и цветных металлов.....	11
4 Лабораторная работа № 4. Исследование влияния параметров режима автоматической сварки под флюсом на размеры и форму сварного шва.....	16
5 Лабораторная работа № 5. Изучение технологии контактной точечной, рельефной и шовной сварки.....	22
6 Лабораторная работа № 6. Изучение технологии контактной стыковой сварки.....	29
7 Лабораторная работа № 7. Изучение технологии сварки трением...	32
8 Лабораторная работа № 8. Изучение роботизированной дуговой сварки в среде защитных газов и способов управления источниками питания для сварки.....	34
9 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ.....	39
10 Действия на случай возникновения загорания, пожара.....	40
11 Действия на случай других аварийных ситуаций.....	41
Список литературы.....	42

1 Лабораторная работа № 1. Изучение технологии ручной дуговой сварки покрытым плавящимся электродом

Цель работы: ознакомиться с особенностями процесса, принципом выбора режимов и технологией ручной дуговой сварки покрытым плавящимся электродом; оценить влияние параметров режима сварки на геометрические параметры шва и стабильность процесса.

1.1 Общие теоретические сведения

Ручная дуговая сварка (ММА) – это процесс дуговой сварки, при котором для плавления электрода и изделия используется дуга, горящая между покрытым электродом и сварочной ванной. Покрытый электрод представляет собой металлический стержень, на который нанесено покрытие. Схема процесса ручной дуговой сварки приведена на рисунке 1.1.



1 – свариваемое изделие; 2 – закристаллизовавшийся металл шва; 3 – затвердевший шлак; 4 – сварочная ванна; 5 – газовая атмосфера дуги; 6 – электродный стержень; 7 – покрытие электрода; 8 – капли расплавленного электродного металла; 9 – глубина проплавления

Рисунок 1.1 – Схема ручной дуговой сварки

Для образования и поддержания сварочной дуги к электроду и свариваемому изделию от источника питания подводится постоянный или переменный ток.

Если при сварке на постоянном токе положительный полюс источника питания (анод) присоединен к изделию, говорят, что сварка производится на прямой полярности. Если на изделии отрицательный полюс, полярность обратная.

Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и

основной металл. Металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну, где электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а расплавленный шлак всплывает на поверхность.

Расплавляющееся покрытие электрода образует вокруг дуги и над поверхностью сварочной ванны газовую атмосферу, которая, оттесняя воздух из зоны сварки, препятствует его взаимодействию с расплавленным металлом. В газовой атмосфере присутствуют также пары основного и электродного металлов и легирующих элементов. Шлак, покрывая капли электродного металла и поверхность сварочной ванны, способствует их предохранению от контакта с воздухом и участвует в металлургическом взаимодействии с расплавленным металлом.

Кристаллизация металла сварочной ванны по мере удаления дуги приводит к образованию шва, соединяющего свариваемые детали. Затвердевший шлак образует на поверхности шва шлаковую корку.

Основными параметрами режима ручной дуговой сварки являются диаметр электрода d , сила сварочного тока $I_{св}$ и напряжение на дуге.

Диаметр электрода выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла δ . Он также зависит от пространственного положения сварки и типа соединения. Примерные соотношения δ , d , $I_{св}$ приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. – Соотношения между толщиной свариваемого металла, диаметром электрода и силой сварочного тока

Толщина металла δ , мм	Диаметр электрода $d_э$, мм	Сила тока $I_{св}$, А
2	2,4...2,5	50
3...5	3; 4	70; 125
5...10	4; 5	125; 200
10...20	5; 6	200; 285

Зажигание сварочной дуги производится кратковременным прикосновением конца электрода к изделию. Вследствие протекания тока короткого замыкания и наличия контактного сопротивления торец электрода быстро нагревается до высокой температуры, после отрыва электрода происходит ионизация газового промежутка и возникает сварочная дуга. Для стабильного горения дуги сварщик не должен отводить электрод от изделия на высоту более 4...5 мм.

Обычно зажигание дуги осуществляется либо прямым отрывом электрода после короткого замыкания, либо скользящим движением конца электрода.

Ведение дуги вдоль шва осуществляется таким образом, чтобы обеспечить проплавление свариваемых кромок и получить требуемое качество наплавленного металла при хорошем формировании шва.

Основным достоинством ручной сварки является ее высокая маневренность, т. е. возможность производить сварку на большом расстоянии от источника электропитания дуги, перемещаясь от одного сварного шва к другому за счет длинных сварочных кабелей. Это достоинство в наибольшей степени

проявляется в монтажных и строительных работах, где ручная сварка остается основным способом. Немаловажное значение здесь имеет и простота сварочного оборудования, его мобильность. Кроме того, номенклатура выпускаемых в настоящее время марок электродов позволяет подобрать электроды обеспечения требуемых механических свойств и химического состава для различных сталей.

К недостаткам ручной дуговой сварки можно отнести более низкую производительность и КПД по сравнению с другими способами сварки, сильную зависимость качества соединений от квалификации сварщика.

1.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Сварочный пост для ручной дуговой сварки.
- 2 Сварочные электроды.
- 3 Образцы: пластины из низкоуглеродистой стали.
- 4 Набор слесарного инструмента.
- 5 Набор измерительного инструмента.

1.3 Порядок проведения работы

- 1 Зачистить образцы и подготовить оборудование для сварки.
- 2 Исходя из толщины свариваемых пластин, диаметра электрода, подобрать силу сварочного тока.
- 3 Наплавить валики на различном значении силы сварочного тока (силу тока изменять не более чем на 25А). Наплавку каждого последующего валика производить на охлаждённую пластину. Промаркировать валики.
- 4 Измерить геометрические параметры наплавленных валиков.
- 5 Сделать выводы о влиянии силы сварочного тока на геометрические характеристики шва и на стабильность процесса.

1.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Краткие теоретические сведения.
- 3 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Какую функцию выполняет покрытие электрода?
- 2 Перечислите основные параметры режима ручной дуговой сварки. От чего зависит выбор параметров режима сварки?
- 3 Какая полярность используется при ручной дуговой сварке? Что такое прямая/обратная полярность?
- 4 На основании каких параметров следует выбирать диаметр сварочного электрода?

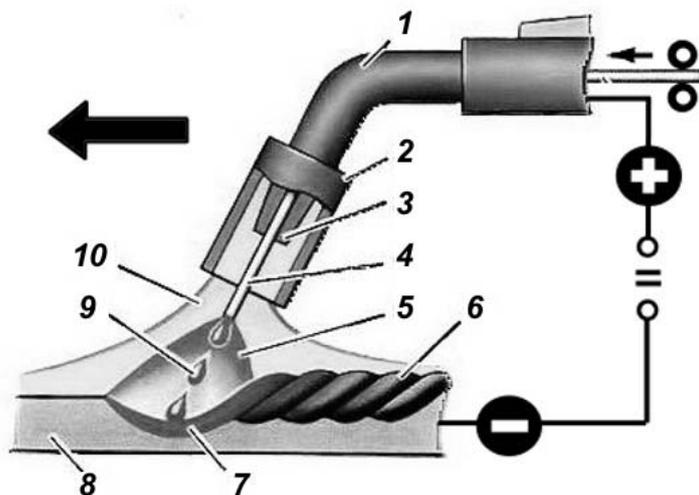
5 Перечислите основные преимущества и недостатки ручной дуговой сварки.

2 Лабораторная работа № 2. Изучение технологии механизированной дуговой сварки плавящимся электродом в защитных газах

Цель работы: ознакомиться с особенностями процесса, принципом выбора режимов и технологией дуговой сварки в CO_2 ; изучить устройство и принцип работы сварочного полуавтомата.

2.1 Общие теоретические сведения

Дуговая сварка в углекислом газе является одним из способов сварки в защитных газах (рисунок 2.1). Она выполняется чаще всего плавящимся электродом – электродной проволокой сплошного сечения или порошковой проволокой на постоянном токе обратной полярности. Защита расплавленного металла сварочной ванны осуществляется струёй углекислого газа, подаваемого в зону горения дуги в зазор между мундштуком 3 и соплом 2 горелки для дуговой сварки 1 [1].



1 – горелка; 2 – сопло горелки; 3 – токоподводящий мундштук; 4 – электродная проволока; 5 – зона горения дуги; 6 – сварной шов; 7 – сварочная ванна; 8 – свариваемое изделие; 9 – капля электродного металла; 10 – защитный газ (в данной работе CO_2)

Рисунок 2.1 – Схема процесса дуговой сварки в защитном газе плавящимся электродом (обратная полярность)

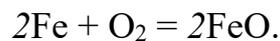
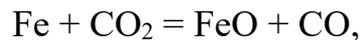
Углекислый газ CO_2 – бесцветный газ со слабым запахом и плотностью $1,839 \text{ кг / м}^3$. Он тяжелее воздуха, что обеспечивает хорошую защиту сварочной ванны. Поставляется в сжиженном состоянии в баллонах черного

цвета, емкостью 40 л. В баллон заливают 25 кг углекислоты, которая хранится обычно при давлении 5...6 МПа. При испарении 25 кг жидкой углекислоты образуется около 12600 л газообразного CO_2 . Для сварки используется техническая углекислота первого (99,5 % CO_2) и второго (98,5 % CO_2) сорта [1].

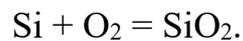
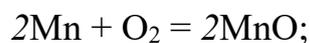
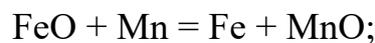
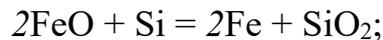
Учитывая, что углекислый газ активный, он может вступать во взаимодействие с расплавленным металлом, поэтому сварка в CO_2 имеет ряд особенностей.

В зоне горения дуги углекислый газ диссоциирует: $2\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO} + \text{O}_2$.

Углекислый газ и образовавшийся кислород взаимодействуют с расплавленным металлом сварочной ванны с образованием оксида железа:



Окисление сварочной ванны ухудшает механические свойства шва и в первую очередь его пластичность. Для предотвращения этого процесса в сварочную ванну вводят элементы-раскислители, хорошо взаимодействующие с кислородом. Обычно это марганец и кремний. Раскислители выводят в шлак избыток кислорода и на участках сварочной ванны, имеющих пониженную температуру, восстанавливают железо из оксидов:



Введение раскислителей в сварочную ванну осуществляется через проволоку. Поэтому при сварке в CO_2 используется сварочная проволока, легированная марганцем и кремнием. При сварке низкоуглеродистых сталей это обычно проволока марки Св08Г2С, содержащая 0,08 % С; 2 % Мn; 1 % Si (ГОСТ 2246–70).

Сварка в углекислом газе обеспечивает:

- высокую концентрацию тепловой энергии дуги и большую, чем при ручной дуговой сварке, проплавляющую способность. Это способствует меньшему разогреву кромок, большей скорости сварки, более высокой экономичности и производительности процесса;

- высокую стабильность процесса в широком диапазоне токов;

- стойкость против образования пор и трещин, обусловленную окислительной атмосферой в зоне сварки;

- возможность наблюдения за сварочной ванной и формированием шва.

Для выполнения дуговой сварки в углекислом газе применяются сварочные полуавтоматы и автоматы. Источником тока в них чаще всего служат выпрямители с жёсткой или пологопадающей характеристикой.

Полуавтомат для сварки в защитных газах состоит из горелки, механизма подачи электродной проволоки, пульта управления, источника питания с встроеным блоком управления, газового редуктора с расходомером, подогревателя газа, соединительных шлангов и проводов [1].

Перемещение сварочной горелки вдоль кромок свариваемых заготовок с требуемой скоростью осуществляется оператором вручную. Горелка служит для направления в зону дуги электродной проволоки и защитного газа и подвода к проволоке сварочного тока. Горелка комплектуется сменными соплами для подвода и направления газа [1].

Механизм подачи обеспечивает непрерывную подачу в зону дуги электродной проволоки с требуемой скоростью по мере её расплавления. На нём размещены кассета с электродной проволокой и пульт управления.

Источник питания обеспечивает преобразование трёхфазного переменного тока в постоянный ток с жёсткой внешней характеристикой, а также регулирование величины сварочного тока и напряжения в требуемых пределах.

Блок управления предназначен для регулирования и стабилизации скорости подачи электродной проволоки, регулирования сварочного тока и напряжения. Газовый редуктор с расходомером даёт возможность регулировать и поддерживать постоянным давление и расход углекислого газа. Подогреватель обеспечивает подогрев и улучшение испарения углекислоты (так как в баллоне она находится в жидком состоянии) и предотвращает замерзание канала прохода газа при перепаде давления [1].

Режим дуговой сварки в углекислом газе определяется силой сварочного тока, полярностью и напряжением дуги, маркой, диаметром и скоростью подачи электродной проволоки, составом и расходом CO_2 , а также наклоном сварочной горелки. Режим выбирается в зависимости от толщины и марки свариваемого материала, типа соединения, пространственного положения шва.

Сила тока и полярность дуги определяют скорость расплавления электродной проволоки и глубину проплавления свариваемого металла. Сила сварочного тока устанавливается в зависимости от необходимой глубины проплавления в условиях сварки конкретного изделия, а также выбранного диаметра электродной проволоки. *С увеличением силы тока увеличивается глубина проплавления и повышается производительность сварки.*

При дуговой сварке в углекислом газе на постоянном токе обратной полярности увеличивается разогрев электрода, уменьшается глубина проплавления основного металла, увеличивается доля электродного металла в шве. В случае использования прямой полярности скорость расплавления металла заготовок в 1,4–1,6 раза выше, чем при ручной сварке покрытыми электродами, но дуга горит менее стабильно и интенсивнее разбрызгивается электродный металл [1].

Напряжение дуги является важным параметром, определяющим характер горения и длину дуги. Оно устанавливается в зависимости от выбранного сварочного тока и может изменяться в некотором диапазоне значений, что позволяет оказывать влияние на условия формирования шва. С увеличением

напряжения дуги увеличивается ширина шва и уменьшается глубина проплавления основного металла.

2.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Пост для механизированной сварки в защитных газах со сварочным полуавтоматом.
- 2 Баллоны с углекислым газом.
- 3 Электродная проволока Св-08Г2С, Св-08ГС.
- 4 Защитные щитки.
- 5 Образцы: пластины из низкоуглеродистой стали размером 30 × 10 × 100.
- 6 Набор слесарного инструмента.

2.3 Порядок проведения работы

- 1 Ознакомиться с сущностью процесса дуговой сварки в углекислом газе.
- 2 Изучить принцип работы и устройство сварочного полуавтомата.
- 3 Подготовить таблицу для записей результатов экспериментов (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Результаты экспериментов

Номер опыта	Марка и диаметр проволоки	Значение параметров режима сварки				Результат (характер горения дуги, разбрызгивание, наличие непроваров)
		Полярность	Сила тока, А	Напряжение дуги, В	Скорость подачи проволоки, м/ч	
1						
2						
3						
...						

4 Выбрать режим сварки лабораторного образца (марку стали указывает преподаватель). Провести настройку оборудования и подготовить образцы для сварки.

5 Сварить образцы на различных значениях параметров режима и проанализировать полученные результаты.

6 Сделать выводы о влиянии параметров режима на стабильность процесса сварки и качество формирования сварного шва.

2.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Упрощённая схема и краткое описание процесса дуговой сварки в углекислом газе.
- 3 Используемое оборудование и материалы.
- 4 Устройство (основные узлы) сварочного полуавтомата.
- 5 Таблица результатов экспериментов.
- 6 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

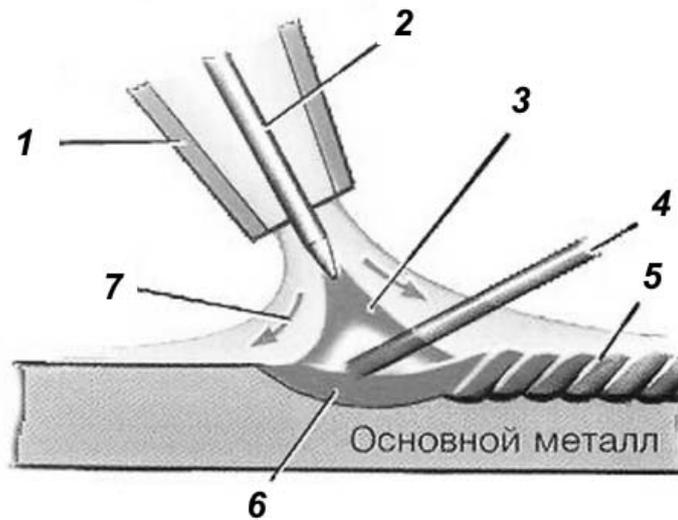
- 1 Основные особенности процесса сварки в углекислом газе. Преимущества и недостатки.
- 2 Почему проволока для сварки в углекислом газе легируется кремнием и марганцем? Что такое раскисление? Куда удаляются продукты раскисления?
- 3 Принцип работы и основные узлы сварочного полуавтомата.
- 4 Для каких целей используется газовый редуктор с расходомером?
- 5 Перечислите основные параметры режима сварки в углекислом газе. От чего зависит выбор параметров режима сварки?

3 Лабораторная работа № 3. Изучение технологии и техники ручной дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в защитных газах черных и цветных металлов

Цель работы: изучить технологии дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом цветных металлов на примере алюминия.

3.1 Общие теоретические сведения

Сварка неплавящимся вольфрамовым электродом в защитном газе использует тепло, образующееся при горении электрической дуги между электродом и основным металлом. Принципиальная схема процесса представлена на рисунке 3.1. Вольфрамовый электрод закрепляется в токопроводящем устройстве специальной горелки, к которой по шлангам подводится токоведущий провод и защитный инертный газ. Истекающая из сопла горелки струя аргона оттесняет воздух и надежно защищает электрод, дугу, сварочную ванну и околошовную зону от окисления и азотирования. Таким образом, процесс осуществляется при струйной защите зоны сварки от контакта с воздухом. Если возникает необходимость в добавочном (присадочном) металле для заполнения шва (получения сварочного валика), то в дугу подается присадочная проволока, как правило, того же или близкого состава, что и свариваемый металл [2].



1 – сопло горелки; 2 – W-электрод; 3 – электрическая дуга; 4 – присадочный пруток; 5 – сварной шов; 6 – сварочная ванна; 7 – поток газа

Рисунок 3.1 – Схема сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в защитном газе

Процесс сварки вольфрамовым электродом в защитном газе в настоящее время широко встречается под аббревиатурой TIG. Tungsten Inert Gas (TIG) – ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в среде инертного защитного газа. Поскольку чаще всего в качестве материала для неплавящихся электродов используется вольфрам, в немецкоязычной литературе используют сокращение WIG (Wolfram Inert Gas); иногда встречается обозначение GTA (Gas Tungsten Arc). Так как наиболее распространено применение аргона в качестве защитного газа, за этим методом закрепилось название «аргонно-дуговая сварка», или АДС.

Однако следует заметить, что такое наименование не совсем правильное, потому что при сварке методом TIG в качестве защитного газа могут использоваться также гелий, азот или различные газовые смеси. Кроме того, сварка с использованием аргона в качестве защитного газа может вестись и с применением плавящегося электрода [2].

Присадочная проволока, как правило, подается вручную, так же как при газовой сварке. Существует, помимо того, множество систем для подачи проволоки в зону горения дуги, пригодных для автоматизации процесса.

Преимущество GTAW-процесса заключается в том, что им можно сваривать значительно большее количество металлов и сплавов, чем любой другой сваркой. TIG-сварка позволяет сваривать сталь, в том числе нержавеющую, никелевые сплавы (монель, инконель и др.), титан, алюминий, алюминиевые и магниевые сплавы, медь, бронзу и даже золото. Можно сваривать разнородные металлы, например, медь с латунью и нержавеющую сталь с низкоуглеродистой сталью. Этим способом можно соединять вручную, полуавтоматически или

автоматически в различных пространственных положениях разнообразные металлы и сплавы толщиной от десятых долей до десятков миллиметров [2].

Концентрированный характер GTAW-дуги с контролируемым точечным тепловложением в изделие дает узкую околошовную зону. Высокая концентрация тепла является преимуществом при сварке металлов с высокой теплопроводностью, например, меди и алюминия.

При сварке GTAW отсутствует перенос расплавленного металла через дуговой промежуток. Это в значительной мере облегчает условия горения дуги и обуславливает более высокую ее стабильность. Нет расплавленных капель металла и нет брызг: если свариваемый металл не загрязнен, то нет и искр. Сокращаются потери на испарение, и ограничивается взаимодействие расплавленного металла с газовой фазой столба дуги.

Присадочный металл по мере необходимости подается в головную часть сварочной ванны. Сварщик вручную контролирует перемещение сварочной горелки и подачу проволоки. В отличие от сварки плавящимся электродом скорость плавления присадочного металла не связана жесткой зависимостью с величиной сварочного тока. Количество присадочного металла, подаваемого в ванну, выбирают из условия обеспечения требуемой доли участия присадочного металла в образовании шва [2].

При сварке на постоянном токе (кроме импульсного режима), в отличие от сварки покрытыми электродами и MIG/MAG процесса, GTAW-дуга горит в полной тишине, без треска, щелчков и жужжания.

К недостаткам GTAW-процесса по сравнению с процессом сварки покрытым электродом и GMAW-процессом относится необходимость применения дополнительных защитных мер против световой и тепловой радиации дуги. Из-за отсутствия дыма и более высокой температуры дуги излучение более сильное, имеющее сдвиг в ультрафиолетовую область, что, в свою очередь, вызывает образование озона и оксидов азота.

При выполнении TIG-сварки необходима улучшенная защита сварщика от ожогов и излучения. Сварочная маска комплектуется светофильтром повышенной плотности. При сварке в стесненных условиях необходимо обеспечить достаточную вентиляцию или подачу чистого воздуха в сварочную маску.

Широкое применение алюминия в технике обуславливается его малым удельным весом (удельный вес алюминия равен $2,7 \text{ г / см}^3$, т. е. примерно в три раза меньше, чем у стали), коррозионной стойкостью в окислительных средах и стойкостью против перехода в хрупкое состояние при низких температурах. Чистый алюминий обладает малой прочностью, поэтому для изготовления ряда сварных конструкций используются сплавы алюминия. Алюминий и его сплавы обладают низкой температурой плавления, высокой теплопроводностью и повышенным по сравнению со сталью коэффициентом линейного расширения [2].

Алюминий и его сплавы делят на две основные группы: деформируемые материалы, применяемые в катаном, прессованном и ковном состояниях, и литейные (недеформируемые) материалы, используемые в виде литья. деформируемые материалы, в свою очередь, делятся на термически

неупрочняемые, к которым относятся алюминий нормальной и высокой чистоты и сплавы алюминия с марганцем, магнием, и термически упрочняемые, к которым относятся сплавы алюминия с медью и цинком типа дюралюминия. К литейным сплавам относятся сплавы типа силумин со значительным содержанием кремния и меди.

Большинство сварных конструкций изготавливается из деформируемых термически неупрочняемых сплавов алюминия в ненагартованном виде. Для термически упрочняемых сплавов типа дюралюминия сварка плавлением находит ограниченное применение в сварных конструкциях. Сварка их выполняется преимущественно при исправлении дефектов литья.

Основным затруднением при сварке алюминия является необходимость удаления с поверхности свариваемых кромок плотной и тугоплавкой окисной плёнки, образующейся на поверхности алюминия и препятствующей сплавлению металла сварочной ванны с основным металлом. Кроме того, окисная плёнка, попадая в шов, образует неметаллические включения.

Удаление плёнки при сварке неплавящимся электродом, как правило, достигается воздействием тока в процессе горения дуги. При сварке постоянным током обратной полярности очищающее действие тока имеет место на протяжении всего процесса горения дуги, однако в этом случае наблюдается чрезмерный разогрев электрода и его перегорание. Поэтому, как правило, при сварке используется переменный ток. При этом окисная плёнка разрушается в те полупериоды, когда изделие является катодом. Наиболее вероятный механизм действия электрического тока при удалении окисной плёнки состоит в том, что движущиеся с большой скоростью положительные ионы бомбардируют поверхность сварочной ванны, разрушают пленку и путем так называемого катодного распыления удаляют её [2].

Серьезным затруднением при сварке алюминия и его сплавов является образование пор в металле шва. В отличие от стали поры при сварке алюминия располагаются преимущественно внутри шва вблизи границы сплавления его с основным металлом и у поверхности шва. Полагают, что основным возбудителем пор в данном случае является водород, что связано с резким изменением растворимости водорода при переходе из жидкого в твёрдое состояние. Азот почти не растворяется в алюминии, а даёт переходящий в шлак нитрид и поэтому не вызывает появления пор.

Дополнительные затруднения при сварке алюминия и его сплавов создаются из-за появления кристаллизационных трещин. Установлено, что образование трещин при сварке технически чистого алюминия и алюминиево-марганцевого сплава АМц находится в зависимости от содержания железа и кремния в металле шва. Увеличение содержания кремния до 0,6 % приводит к снижению стойкости металла против кристаллизационных трещин. Увеличение содержания железа в пределах до 0,7 % приводит к повышению стойкости металла против образования трещин. При этом 0,1 % Si уже достаточно для образования трещин, а 0,1 % Fe ещё не достаточно для их предупреждения. Поэтому наименьшей стойкостью против кристаллизационных трещин обладают алюминий и сплав АМц, содержащие по 0,05...0,15 % железа и кремния. Подогрев таких

сплавов до 200...250 °С, в отличие от стали, не способствует предотвращению трещин, т. к. приводит к существенному увеличению размеров кристаллитов [2].

Вследствие высокого коэффициента линейного расширения алюминия при его сварке необходимо применять специальные меры для борьбы с деформациями (сварка в кондукторах, применение сосредоточенных источников нагрева).

3.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Пост для сварки в защитных газах неплавящимся электродом.
- 2 Присадочный пруток.
- 3 Образцы: отрезки алюминиевой трубы.
- 4 Набор слесарного инструмента.
- 5 Баллоны с аргоном.
- 6 Защитные щитки.

3.3 Порядок проведения работы

- 1 Ознакомиться с сущностью процесса дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом в аргоне.
- 2 Изучить принцип работы и устройство сварочного аппарата.
- 3 Выбрать режим сварки лабораторного образца.
- 4 Сварить образцы при различных значениях параметров режима и проанализировать полученные результаты.
- 5 Сделать выводы о влиянии параметров режима на стабильность процесса сварки и качество формирования сварного шва.

3.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Упрощенная схема и краткое описание процесса дуговой сварки неплавящимся вольфрамовым электродом.
- 3 Используемое оборудование и материалы.
- 4 Режимы сварки образцов.
- 5 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Каковы основные особенности процесса сварки неплавящимся электродом? Какие защитные газы используются для сварки?
- 2 Назовите основные преимущества и недостатки данного способа сварки. Какова его область применения?
- 3 Почему сварку алюминия производят на переменном токе? Каковы основные особенности сварки алюминия рассматриваемым способом?

4 Как осуществляется удаление окисной плёнки с поверхности алюминия в процессе варки? Почему её необходимо удалять и какие методы для этого используются?

5 Каковы основные трудности и наиболее вероятные дефекты при сварке алюминия?

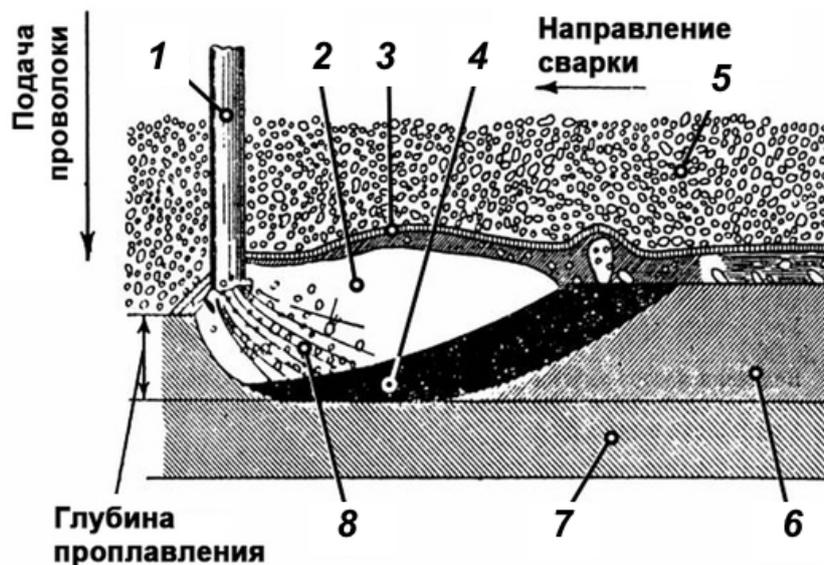
6 За счёт чего поддерживается горение дуги при сварке на переменном токе при смене его полярности? Каковы особенности горения дуги в аргоне?

4 Лабораторная работа № 4. Исследование влияния параметров режима автоматической сварки под флюсом на размеры и форму сварного шва

Цель работы: ознакомиться с особенностями процесса, расчетом параметров режима сварки и технологией дуговой сварки под флюсом; научиться экспериментально проверять зависимость геометрических характеристик сварного шва от силы сварочного тока и напряжения на дуге.

4.1 Общие теоретические сведения

Схема процесса сварки под слоем флюса приведена на рисунке 4.1.



1 – электродная проволока; 2 – газовый пузырь; 3 – шлак; 4 – расплавленный металл сварочной ванны; 5 – слой флюса; 6 – сварной шов; 7 – свариваемое изделие; 8 – сварочная дуга

Рисунок 4.1 – Схема процесса сварки под слоем флюса

Сущность процесса состоит в том, что сварочная дуга горит под слоем гранулированного флюса 5 подаваемого в зону сварки отдельно от электродной

проволоки 1. Флюс защищает зону горения дуги от взаимодействия с атмосферой и создает главным образом шлаковую защиту. Дуга горит между электродной проволокой и основным металлом 7 в газовом пузыре 2, образованном парами и газами, выделяющимися в столбе дуги [2].

Под воздействием теплоты, выделяемой дугой, плавятся кромки свариваемого металла, электродная проволока и часть флюса, примыкающего к зоне дуги, и образуется сварочная ванна 4. По мере удаления дуги происходит кристаллизация сварочной ванны и формирование шва 6. Расплавленный флюс всплывает на поверхность сварочной ванны и при остывании образует шлаковую корку 3, легко отделяющуюся от шва [2].

Флюс представляет собой неметаллический гранулированный порошок, который эффективно защищает расплавленный металл от воздуха. Металлургические взаимодействия между расплавленным металлом и флюсом способствуют получению металла шва требуемого химического состава и механических свойств.

Нерасплавившаяся часть флюса может быть использована повторно. Расход флюса по весу примерно равен расходу электродной проволоки.

Расположение токоподвода на малом расстоянии от сварочной дуги позволяет использовать повышенные токи при сварке (до 2000 А). В случае ручной дуговой сварки это сделать невозможно в связи с неизбежным перегревом электрода и отслоением покрытия [2].

К достоинствам сварки под флюсом относятся: высокая производительность процесса благодаря использованию больших токов, глубокому проплавлению, почти полному отсутствию потерь металла на угар и разбрызгивание (не более 3 %); высокое качество наплавляемой поверхности в результате хорошей защиты флюсом сварочной ванны; незначительное количество неметаллических включений в металле шва; возможность легирования наплавляемого металла через флюс; лучшее использование тепла дуги (по сравнению с ручной сваркой расход электроэнергии уменьшается на 30...40 %); лучшие условия труда сварщика и ряд других [2].

Вместе с тем, этот вид сварки имеет ряд недостатков: значительный нагрев изделия; повышенная текучесть расплавленных металла и флюса, что позволяет вести сварку только в нижнем положении и наплавлять детали диаметром не менее 40 мм; необходимость в отдельных случаях повторной термической обработки; невозможность непосредственного наблюдения за формированием сварочного шва.

Наибольшее применение находят флюсы марок АН-348А, АН-348В, ОСЦ-45, АНЦ-1 и др. Такие флюсы рекомендуются для сварки низко- и среднеуглеродистых сталей. Для сварки и наплавки низко- и среднелегированных сталей используются флюсы АН-348А, АН-60, АН-22 и другие в сочетании с проволоками марок Св-08А, Св-08ГА и проволоками, легированными хромом, молибденом, никелем.

Сварка под слоем флюса, как правило, выполняется на сварочных полуавтоматах и автоматах.

Автоматы для дуговой сварки – сварочный трактор (рисунок 4.2) – это автомат, который в процессе работы перемещается по свариваемому изделию или направляющим, уложенным в одной плоскости с изделием.



Рисунок 4.2 – Внешний вид сварочного трактора

Основными геометрическими параметрами сварного шва являются глубина проплавления, ширина и высота валика. Также к геометрическим параметрам можно отнести площади наплавленного и основного металла и общую площадь шва.

Напряжение оказывает весьма незначительное влияние на глубину проплавления, которым в большинстве случаев можно пренебречь. Ширина шва связана с напряжением прямой зависимостью. С увеличением напряжения ширина шва увеличивается. Из всех элементов режима, напряжение оказывает наибольшее влияние на ширину шва и является параметром, за счёт которого в практике при механизированных способах сварки

в большинстве случаев изменяют ширину шва в желаемом направлении.

Влияние скорости сварки на глубину проплавления носит сложный характер. При малых скоростях сварки (около 10...12 м/ч) глубина проплавления при прочих равных условиях минимальна. Это связано с тем, что при сварке в вертикальном расположении дуги, характерном для этих случаев, снижается интенсивность вытеснения сварочной ванны из-под её основания. При этом у основания дуги образуется слой жидкого металла, препятствующий проплавлению основного металла. Повышение скорости сварки до некоторого значения, зависящего от условий сварки, приводит к увеличению глубины проплавления за счет вытеснения этой прослойки в хвостовую часть сварочной ванны. Дальнейшее увеличение скорости вызывает снижение глубины проплавления за счёт уменьшения погонной энергии.

В общем случае в пределах часто применяемых режимов глубина проплавления лишь незначительно изменяется с изменением скорости сварки.

Ширина шва связана со скоростью сварки обратной зависимостью. Увеличение скорости сварки приводит к уменьшению ширины шва, что связано с уменьшением подвижности дуги. Регулирование скорости является весьма эффективным средством изменения ширины шва при всех способах дуговой сварки.

4.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Сварочный трактор с источником питания.
- 2 Флюс.
- 3 Электродная проволока диаметром 3 мм.
- 4 Образцы: пластины из низкоуглеродистой стали.
- 5 Набор слесарного инструмента.
- 6 Набор измерительного инструмента.
- 7 Емкость с водой для охлаждения образцов.

4.3 Порядок проведения работы

- 1 Подготовить таблицу для записей результатов (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Значение k_n в зависимости от условий проведения сварки

Марка флюса	Диаметр электродной проволоки	k_n		
		Переменный ток	Постоянный ток	
			Прямая полярность	Обратная полярность
ОСЦ-45	2	1,30	1,15	1,45
	3	1,15	0,95	1,30
	4	1,05	0,85	1,15
	5	0,95	0,75	1,10
	6	0,90	–	–
АН-348А	2	1,25	1,15	1,40
	3	1,10	0,95	1,25
	4	1,00	0,90	1,10
	5	0,95	0,85	1,05
	6	0,90	–	–

2 Определить требуемую глубину проплавления (при наплавке валиков на пластину глубина проплавления принимается равной половине толщины основного металла).

3 Исходя из глубины проплавления, рассчитать силу сварочного тока $I_{св}$, А:

$$I_{св} = \frac{H_{np}}{k_n} \cdot 100 \quad , \quad (4.1)$$

где H_{np} – глубина проплавления, мм;

k_n – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки (см. таблицу 4.1).

4 Рассчитать напряжение на дуге U_d , В:

$$U_d = 20 + 0,037 \cdot I_{св}. \quad (4.2)$$

5 Определить скорость сварки $V_{св}$, м/ч:

$$V_{св} = \frac{\alpha_n \cdot I_{св}}{A_n \cdot \gamma \cdot 100}, \quad (4.3)$$

где α_n – коэффициент наплавки, г/(А·ч);

$I_{св}$ – сила сварочного тока, А;

γ – плотность наплавленного металла, для стали $\gamma = 7,8$ г/см³;

A_n – площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход, см².

Коэффициент наплавки при сварке под флюсом имеет значения $\alpha_n = 12 \dots 18$ г/(А·ч).

При наплавке на пластину площадь поперечного сечения металла равна площади поперечного сечения наплавленного валика и рассчитывается по формуле

$$A_n = 0,75 \cdot e \cdot g, \quad (4.4)$$

где e – ширина валика шва;

g – высота валика шва.

Параметры ширины валика шва e , высоты валика шва g задаёт преподаватель.

6 Рассчитать скорость подачи проволоки. Скорость подачи сварочной проволоки V_{mn} должна быть такой, чтобы при заданной скорости сварки обеспечить заполнение зазора и разделки между деталями, а также образование валика шва. Скорость подачи сварочной проволоки определяется по формуле

$$V_{mn} = \frac{4 \cdot \alpha_n \cdot I_{св}}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma}, \quad (4.5)$$

где d – диаметр сварочной проволоки, мм.

7 Занести результаты расчетов в таблицу 4.2.

8 Подготовить образец для выполнения наплавки.

9 Подготовить оборудование к работе.

Порядок работы со сварочным автоматом:

- проверить заземление;
- включить общий рубильник;
- уложить образец на стол, установить трактор в начальное положение и прокатить его на холостом ходу;
- проверить подачу проволоки, опустив её до касания с образцом;
- посыпать флюс;
- включить сцепление на каретке трактора;

- включить сварочный источник питания;
- установить параметры режима сварки (силу тока, напряжение, скорость сварки);
- нажать кнопку «Пуск»;
- не доварив 30...50 мм до края пластины нажать кнопку «Стоп»;
- при необходимости наплавить валики, изменив значение сварочного тока, напряжение дуги и скорости сварки;
- выключить источник питания.

10 После охлаждения образца разрушить его. Замерить значения геометрических параметров валика и занести данные в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты экспериментов

Номер позиции	Сила сварочного тока, А	Напряжение на дуге, В	Скорость сварки, м/ч	Глубина проплавления, мм	Ширина валика шва, мм	Высота валика шва, мм
1						
2						
3						
...						

11 Проанализировать отклонения полученных результатов от расчётных значений.

12 Построить графические зависимости геометрических характеристик шва от параметров режима сварки.

13 Сделать выводы о полученных результатах.

4.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Схема процесса сварки. Применяемое оборудование и материалы.
- 3 Расчёт параметров режима сварки и геометрических параметров сечения шва.
- 4 Таблицы с результатами расчёта и полученными данными эксперимента.
- 5 Графические зависимости геометрических характеристик сварного шва от параметров режима сварки.
- 6 Краткая характеристика результатов экспериментов.
- 7 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Каков порядок расчёта параметров автоматической сварки?
- 2 Как влияет сила сварочного тока на геометрические характеристики шва?
Чем это обусловлено?
- 3 Как влияет напряжение дуги на геометрические характеристики шва?

5 Лабораторная работа № 5. Изучение технологии контактной точечной, рельефной и шовной сварки

Цель работы: изучить особенности конструкции и основных узлов машин для контактной точечной, рельефной и шовной сварки; исследовать сварочный цикл для контактной точечной, рельефной и шовной сварки; освоить технологию контактной точечной, рельефной и шовной сварки; подобрать оптимальные параметры режима контактной точечной, рельефной и шовной сварки.

5.1 Общие теоретические сведения

5.1.1 Технология контактной точечной сварки.

Контактная точечная сварка (КТС) – это способ сварки давлением, при котором образование неразъемного соединения происходит в результате пропускания импульсов сварочного тока через заготовки, сжатые электродами, по ограниченным площадям касания.

При КТС свариваемые детали сжимают усилием $F_{св}$ при помощи электродов, к которым подключена вторичная обмотка сварочного трансформатора (рисунок 5.1).

Детали нагреваются протекающим сварочным током до образования зоны взаимного расплавления, называемой ядром сварного соединения. Нагрев зоны сварки сопровождается пластической деформацией металла межэлектродной зоны.

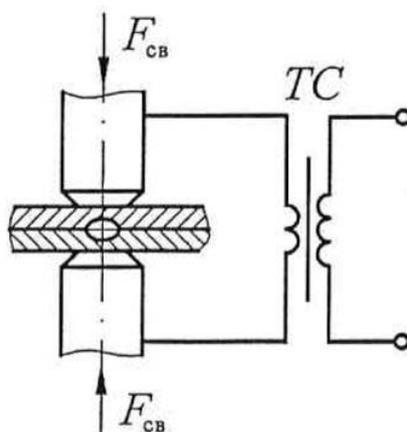


Рисунок 5.1 – Упрощенная схема процесса контактной точечной сварки

Вокруг ядра сварного соединения (сварной точки) образуется уплотняющий пояс, предохраняющий жидкий металл от выплеска и взаимодействия с окружающим воздухом.

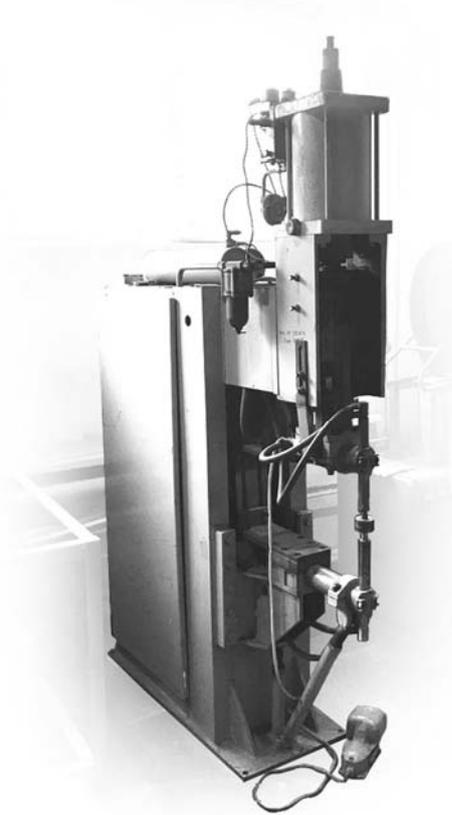


Рисунок 5.2 – Машина для контактной сварки МТ-3201

Когда расплавленный металл достигает заданного объема, сварочный ток выключается, тепловыделение в зоне соединения прекращается и металл сварной точки кристаллизуется. Через определенный промежуток времени усилие на электродах снимается.

Машина КТС должна обеспечивать последовательность операций цикла сварки:

- сжатие деталей между электродами перед пропуском сварочного тока;
- прохождение регулируемого по величине и форме импульса сварочного тока через сжатые электродами детали;
- выдержка деталей в сжатом состоянии (с усилием согласно заданному циклу) при выключенном токе;
- раскрытие электродов и выдержка времени между двумя последующими циклами для снятия и перемещения детали (узла).

Стационарные машины для КТС типа МТ-3201 предназначены для точечной и рельефной сварки деталей из низкоуглеродистой стали (рисунок 5.2). Они успешно находят применение на автомобильных

заводах и характеризуются большой производительностью, надежностью и долговечностью. Цифра 32 маркировки означает, что машина рассчитана на максимальный сварочный ток 32 кА (максимальный вторичный номинальный ток).

5.1.2 Технология контактной рельефной сварки.

Контактная рельефная сварка (КРС) – способ сварки давлением, при котором образование неразъемного соединения происходит на отдельных участках деталей по заранее подготовленным выступам (рельефам) при воздействии усилия сжатия электродов и нагрева импульсами сварочного тока.

При КРС свариваемые детали сжимают усилием сжатия $F_{св}$ при помощи электродов, к которым подключена вторичная обмотка сварочного трансформатора ТС (рисунок 5.3). На поверхности одной из деталей предварительно формируют рельеф, который ограничивает начальную площадь контакта деталей и обеспечивает высокую концентрацию линий протекания сварочного тока непосредственно по контакту «рельеф-деталь». При нагреве металл рельефа деформируется. На определенной стадии протекания тока формируется ядро, как и при точечной сварке.

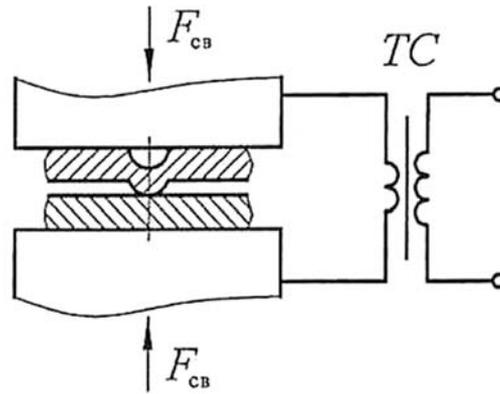


Рисунок 5.3 – Упрощенная схема процесса контактной рельефной сварки

Стационарную машину КТС типа МТ-3201 можно успешно применять и для КРС малогабаритных деталей путем замены электродов с малым диаметром контактной поверхности, предназначенных для КТС, на электроды с увеличенным диаметром контакта, которые имитируют электродные плиты рельефного пресса.

5.1.3 Технология контактной шовной сварки.

Контактная шовная сварка (КШС) – это способ сварки давлением, при котором образование неразъемного соединения деталей происходит между токопроводящими вращающимися дисковыми электродами (роликами), передающими усилие сжатия $F_{св}$ (рисунок 5.4).

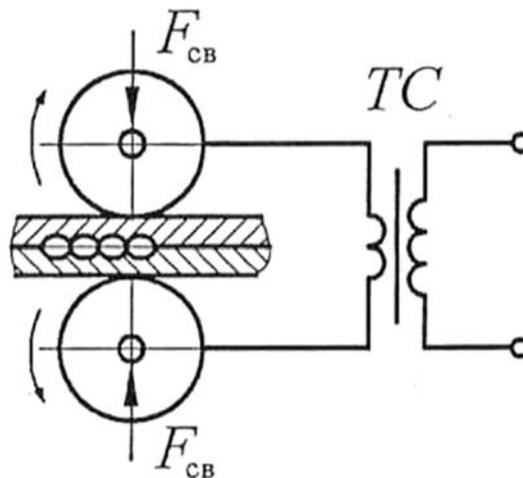


Рисунок 5.4 – Упрощенная схема процесса контактной шовной сварки

При помощи КШС изготавливают изделия из листовых материалов. К ним относятся топливные и масляные баки, глушители выхлопа двигателей, трубы, корпуса холодильников, пенные огнетушители, панельные отопительные радиаторы, мембраны, сильфоны, узлы стиральных машин, элементы солнечных батарей, узлы сельхозмашин.

Существует три разновидности КШС: непрерывная, прерывистая, шаговая. При непрерывной КШС токоведущие ролики вращаются непрерывно и ток через них и зону сварки поступает непрерывно.

Кристаллизация точечных зон расплавления происходит без воздействия усилия сжатия со стороны сварочных роликов, поэтому качество соединений низкое.

При прерывистой КШС импульсы сварочного тока чередуются с паузами. Это уменьшает перегрев сварочных роликов, но качество соединений довольно низкое.

При шаговой шовной сварке сварочный ток проходит между электродами в момент их остановки. Кристаллизация каждой зоны расплавления происходит при действующем усилии сжатия, что обеспечивает высокое качество сварных соединений.

Машины типа МШ-1601 предназначены для КШС изделий из низкоуглеродистых и легированных сталей без покрытия. Номинальный сварочный ток равен 16 кА. Ролики машины обеспечивают возможность сварки как поперечных, так и продольных швов (рисунок 5.5).



Рисунок 5.5 – Машина контактной шовной сварки МШ-1601

5.2 Оборудование, приборы и материалы

- 1 Машина для контактной точечной сварки МТ-3201.
- 2 Датчик тока (пояс Роговского) и прибор для замера величины тока.
- 3 Мерительная линейка, штангенциркуль.
- 4 Набор слесарного инструмента.
- 5 Образцы для контактной точечной сварки (низкоуглеродистая сталь 2 + 2 мм).
- 6 Образцы для контактной рельефной сварки (низкоуглеродистая сталь 2 + 2 мм с выштампованными рельефами).

7 Образцы для контактной шовной сварки из низкоуглеродистой стали толщиной 0,8...1,2 мм.

5.3 Порядок проведения работы

1 Изучить конструкцию, назначение основных узлов машины для контактной сварки МТ-3201.

2 Установить пояс Роговского (датчик тока) на нижний токопровод контактной сварочной машины МТ-3201.

3 Подключить датчик тока к прибору для замера тока. Включить прибор для замера тока в сеть 220 В.

4 Включить компрессор для накачки сетевого давления путем включения индивидуального рубильника и кнопки. После достижения давления в сети 6 атм компрессор автоматически отключится.

5 Открыть вентили, подводящие к машине МТ-3201 давление и воду для охлаждения электродного узла.

6 При помощи регулятора давления (сверху контактной машины) выставить давление, равное 3 атм.

7 При помощи ручных переключателей трансформатора выставить необходимую ступень (в соответствии с режимами сварки).

8 Подать напряжение на машину МТ-3201 включением индивидуального рубильника.

9 На регуляторе РКС-801 выставить длительность протекания импульса сварочного тока 12 периодов и позицию по сварочному току № 3.

10 Положить заготовленные экспериментальные образцы на нижний электрод.

11 Нажать на педаль сварочной машины. После образования сварного соединения и поднятия верхнего электрода полученное соединение механически разрушить и измерить диаметр литого ядра (предварительно дать остыть деталям). Определить величину сварочного тока при помощи шкалы на приборе для замера тока. Записать в отчет диаметр ядра и сварочный ток.

12 На регуляторе сварочных процессов выставить позицию сварочного тока № 9 и повторить эксперимент в соответствии с пунктом 11.

13 Отключить контактную сварочную машину от сети. При помощи ручных переключателей сзади сварочной машины выставить другую позицию сварочного трансформатора. Подключить машину к сети.

14 Повторить действия, описанные в п. 11.

15 Построить графическую зависимость $d_{\text{я}} = f(I_{\text{св}})$, оценивая тем самым влияние величины сварочного тока на качество сварного соединения.

16 Отключить контактную сварочную машину от сети. При помощи ручных переключателей сзади сварочной машины выставить ступень сварочного трансформатора в соответствии с рекомендуемыми режимами для контактной рельефной сварки. Отключить прибор для замера тока от сети, снять датчик тока. Подключить машину к сети.

17 На регуляторе сварочных процессов РКС-801 выставить длительность протекания импульса сварочного тока четыре периода. Провести сварку

образцов для контактной рельефной сварки в соответствии с пунктом 11. После сварки разрушить сварное соединение и измерить диаметр литого ядра.

18 Выставить на регуляторе сварочных процессов РКС-801 длительность протекания импульса сварочного тока 6, 8, 10, 12 периодов и сварить образцы. Все данные внести в отчет.

19 Отключить контактную сварочную машину от сети. Перекрыть вентили давления и подачи воды к контактной сварочной машине. Отключить индивидуальный рубильник компрессора.

20 Построить графическую зависимость $d_{я} = f(\tau_{св})$, оценивая тем самым влияние времени импульса сварочного тока на качество сварного соединения.

21 Изучить конструкцию и назначение узлов и элементов управления машины для контактной шовной сварки МШ-1601.

22 Открыть вентили, подводящие к машине сжатый воздух, и два вентиля для водяного охлаждения.

23 С помощью регулятора давления установить давление воздуха 3 атм.

24 На стержневом переключателе ступеней трансформатора, расположенном внутри шкафа, выставить минимальную ступень по табличке, т. е. соответствующее положение переключателей 2-2.

25 Над переключателем ступеней находится регулятор вращения верхнего ролика, на котором выставляется позиция, соответствующая пяти делениям (одно деление соответствует примерно 20 об/мин).

26 Подать напряжение на машину включением индивидуального рубильника и переводом автоматического выключателя в положение «ВКЛ».

27 Проверить, включился ли индикатор «СЕТЬ» на регуляторе ПЛС-700.

28 На регуляторе ПЛС-700 специальным переключателем на панели установить:

- режим сварки с перекрытием точек;
- максимальную длительность протекания тока (без прибавления десяти периодов);
- максимальный номер позиции по сварочному току (нагрев);
- длительность паузы между точками пяти периодов.

29 Проверить работу машины МШ-1601 на холостом ходу, т. е. ролики должны сжаться и начать вращаться без пропуска сварочного тока. Затем нажать снова на педаль, после чего ролики перестанут вращаться и верхний из них поднимется в исходное положение.

30 Включить тумблер включения сварочного тока в положение «ВКЛ».

31 Стальные полосы, подлежащие сварке, установить на нижний ролик по направлению его вращения и нажать на педаль. После отработки цикла сварки и поднятия верхнего ролика, полученное соединение оценить. Если необходимо, то скорректировать режимы сварки при помощи регулятора ПЛС-700.

32 Освоить технологию контактной шовной сварки: непрерывную, прерывистую, шаговую. Режимы сварки задать при помощи регулятора ПЛС-700. Сварные соединения оценить на равномерность образования соединения, отсутствие дефектов и пр.

33 Внести данные в отчет.

34 Отключить машину для шовной сварки МШ-1601 от сети. Перекрыть вентили подачи воздуха и воды.

5.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Теоретические аспекты исследуемых вопросов. Основные узлы машин для контактной точечной, рельефной и шовной сварки. Графические схемы процессов контактной точечной, рельефной и шовной сварки.
- 3 Описание технологии контактной точечной сварки.
- 4 Описание технологии контактной рельефной сварки.
- 5 Описание технологии контактной шовной сварки.
- 6 Циклограммы процессов контактной точечной, рельефной и шовной сварки.
- 7 Таблицы с режимами и результатами экспериментов.
- 8 График с результатами контактной точечной сварки $d_{я} = f(I_{св})$.
- 9 График с результатами контактной рельефной сварки $d_{я} = f(I_{св})$.
- 10 Выводы по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение и основные узлы машины МТ-3201.
- 2 Назначение регулятора РКС-801.
- 3 Способы регулирования сварочного тока в контактной сварочной машине МТ-3201.
- 4 Назначение и принцип работы датчика тока (пояс Роговского) и прибора для замера величины тока.
- 5 Где применяется контактная точечная сварка?
- 6 Области применения контактной рельефной сварки.
- 7 Область применения контактной шовной сварки.
- 8 Узлы и назначение машины для контактной шовной сварки МШ-1601.
- 9 Назначение регулятора ПЛС-700.
- 10 Способы регулировки сварочного тока в машине МШ-1601.
- 11 Приводные узлы контактной шовной машины МШ-1601.
- 12 Разновидности контактной шовной сварки.

6 Лабораторная работа № 6. Изучение технологии контактной стыковой сварки

Цель работы: изучить сущность процесса контактной стыковой сварки; изучить конструкцию машины для контактной стыковой сварки типа МС-1602У4; исследовать процесс контактной стыковой сварки оплавлением и сопротивлением на машине типа МС-1602У4.

6.1 Общие теоретические сведения

Контактная стыковая сварка – это разновидность контактной сварки, при которой нагрев металла деталей, предварительно зажатых усилием сжатия $F_{сж}$ между токопроводящими зажимами приспособления и сжимаемых основным усилием сжатия $F_{св}$, осуществляется электрическим током до температуры сварки $T_{св}$, которая может быть ниже или выше температуры плавления $T_{пл}$ соединяемых материалов, а сварка происходит по всей площади касания деталей (рисунок 6.1).

Стыковая сварка находит применение при производстве трубопроводов, рельсов, арматуры железобетона, цепей, проводов и др.

Существует две разновидности стыковой сварки: стыковая сварка сопротивлением, когда $T_{св} < T_{пл}$; стыковая сварка оплавлением, когда $T_{св} \geq T_{пл}$.

При стыковой сварке сопротивлением торцы деталей вначале сжимаются, а затем к ним подводится ток. Пока торцы не разогреты, они соприкасаются лишь по отдельным небольшим площадкам, образовавшимся в результате деформации выступающих частей микрорельефа их поверхностей.

При стыковой сварке непрерывным оплавлением процесс оплавления начинается в результате поступательного движения сразу же после сближения деталей, находящихся под напряжением.

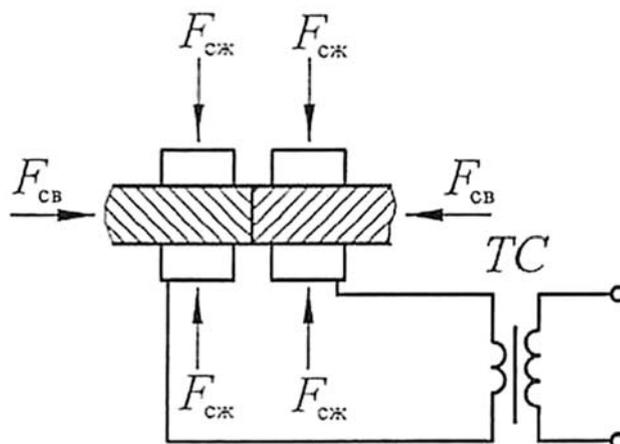


Рисунок 6.1 – Упрощенная схема контактной стыковой сварки

Происходит непрерывно повторяющееся образование и разрушение отдельных участков торцевых поверхностей свариваемых деталей с выбрасыванием из стыка расплавленных частиц металла, а сварное соединение формируется сжатием нагретых стыкуемых поверхностей. Во время сжатия вместе с выдавливанием из стыка жидким металлом удаляются окислы и другие загрязнения.

При стыковой сварке оплавлением с подогревом сопротивлением предварительный подогрев осуществляется неоднократным кратковременным замыканием торцов свариваемых деталей. Во время замыкания торцы нагреваются до температуры подогрева $T_{под} < T_{пл}$. Во время паузы теплота от нагретых торцов распространяется вглубь деталей, подогревая металл, выступающий из зажимов (электродов). Предварительный подогрев повышает сопротивление выступающих из электродов (зажимных губок) деталей, что способствует увеличению количества выделяемой теплоты и уменьшает величину тока оплавления $I_{опл}$.

После выполнения сварочной операции производится последующая обработка сварного соединения, которая включает удаление грата (усиления), правку и термообработку.

Машина сварочная типа МС-1602У4 предназначена для электрической контактной стыковой сварки методом непрерывного оплавления и оплавления с предварительным подогревом изделий из малоуглеродистой стали (рисунок 6.2).

Номинальный длительный вторичный ток – 7 кА, номинальное усилие зажатия – 6,3 кН, номинальное усилие осадки с рычажным приводом – 4,0 кН, максимальная производительность – 60 сварок в час.



Рисунок 6.2 – Машина для контактной стыковой сварки типа МС-1602У4

6.2 Оборудование для проведения лабораторной работы

- 1 Машина для контактной стыковой сварки МС-1602У4.
- 2 Секундомер.
- 3 Линейка, штангенциркуль.
- 4 Образцы из низкоуглеродистой стали диаметром 15...20 мм и длиной 150...200 мм.

6.3 Порядок проведения лабораторной работы

1 Изучить конструкцию, размещение и назначение основных узлов машины для стыковой сварки МС-1602У4. Ознакомиться с электрической схемой машины МС-1602У4.

2 Определить оптимальные параметры режима стыковой сварки оплавлением и стыковой сварки сопротивлением к имеющимся образцам сварных соединений.

3 Открыть вентиль, подводящий воду для охлаждения сварочного трансформатора и токоподводящих прижимов.

4 Установить сварные образцы в электродный узел и обеспечить их геометрическую точность перед сваркой.

5 Подать напряжение на машину МС-1602У4 включением рубильника. Выставить необходимую ступень сварочного трансформатора в соответствии с выбранными режимами сварки.

6 Произвести стыковую сварку образцов непрерывным оплавлением. Оценить полученное сварное соединение по геометрическим характеристикам и внешнему виду – величина и равномерность образовавшегося грата, перелом осей образцов, смещение кромок образцов, наличие дефектов и пр.

7 Произвести стыковую сварку образцов сопротивлением. Оценить полученное сварное соединение по параметрам, описанным в п. 6.

8 Отключить подачу напряжения на машину МС-1602У4 путем отключения рубильника. Перекрыть вентиль подачи воды для охлаждения узлов стыковой машины.

9 Сделать выводы по результатам эксперимента.

6.4 Содержание отчёта

- 1 Цель работы.
- 2 Теоретические аспекты исследуемых вопросов. Основные узлы машины для контактной стыковой сварки и графическая схема процесса стыковой сварки.
- 3 Описание технологии стыковой сварки оплавлением.
- 4 Описание технологии стыковой сварки оплавлением с подогревом.
- 5 Описание технологии стыковой сварки сопротивлением.
- 6 Выводы по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Основные узлы машины для стыковой сварки.
- 2 Специфика подготовки и установки сварных изделий перед сваркой при контактной стыковой сварке.
- 3 Области применения контактной стыковой сварки.
- 4 Технология стыковой сварки сопротивлением.
- 5 Технология стыковой сварки оплавлением.
- 6 Специфика обработки сварных образцов после выполнения сварочной операции.
- 7 Для чего используется предварительный подогрев изделий при стыковой сварке сопротивлением?

7 Лабораторная работа № 7. Изучение технологии сварки трением

Цель работы: изучить особенности конструкции машины для сварки трением; исследовать работу систем машины и ее основных узлов; исследовать сварочный цикл машины для сварки трением; освоить технологию сварки трением.

7.1 Общие теоретические сведения

Сварка трением – способ сварки давлением, при котором нагрев осуществляется трением, вызванным относительным перемещением свариваемых частей или инструмента.

При сварке трением механическая энергия, подводимая к свариваемым деталям, преобразуется в тепловую непосредственно в месте будущего соединения.

Работа, затрачиваемая на преодоление сил трения, при относительном вращении свариваемых заготовок преобразуется в тепло, которое выделяется на поверхностях трения и приповерхностных слоях металла, нагревая их до температуры сварки.

Металл, ставший пластичным в процессе трения, выдавливается из стыка в радиальных направлениях под действием осевого усилия. В результате осадки выдавленный металл приобретает форму сдвоенного кольца, симметрично располагающегося по обе стороны плоскости стыка. Окисные пленки, покрывавшие торцовые поверхности деталей до начала сварки, разрушаются и частично удаляются с выдавленным металлом.

Стадия нагрева завершается прекращением относительного вращения свариваемых деталей. В этот момент в контакт оказываются вовлеченными ювенильные поверхности металла, доведенного до состояния повышенной пластичности. Для завершения процесса получения прочного соединения этот

металл подвергается проковке усилием $F_{ков}$ в течение времени $\tau_{ков}$. Ковочное усилие $F_{ков}$ может быть повышенным или равным усилию при нагреве F_H .

Прочность соединения определяется свойствами металла свариваемых деталей, степенью пластического деформирования их концов при нагреве и режимом проковки.

Основными параметрами режима сварки трением являются:

- 1) усилие при нагреве F_H ;
- 2) усилие при проковке $F_{ков}$;
- 3) время нагрева τ_H ;
- 4) время проковки $\tau_{ков}$;
- 5) частота вращения n ;
- 6) величина осадки при нагреве Δ_H ;
- 7) величина суммарной осадки $\Delta_{сум}$.

После сварки металл в зоне соединения имеет измельченную структуру, что предопределяет высокие механические характеристики соединения. В некоторых случаях после сварки применяется дополнительная термообработка. Удаление грата может производиться как на отдельном рабочем месте, так и непосредственно на сварочной машине (резцом или с помощью пуансона). Сварку трением применяют при изготовлении режущего инструмента, выпускных клапанов двигателей, деталей тракторов, автомобилей и сельхозмашин, ответственных узлов машин текстильной, химической и пищевой промышленности.

7.2 Оборудование для проведения лабораторной работы

- 1 Машина для сварки трением.
- 2 Мерительная линейка.
- 3 Штангенциркуль.
- 4 Секундомер.
- 5 Образцы из низкоуглеродистой стали для сварки.

7.3 Порядок проведения лабораторной работы

- 1 Изучить конструкцию, назначение и размещение основных узлов и элементов управления машины.
- 2 Исследовать взаимодействие узлов машины на холостом ходу.
- 3 По справочным материалам подобрать параметры режима сварки образцов.
- 3 Подготовить образцы под сварку.
- 4 Подготовить машину к сварке.
- 5 Настроить машину на ориентировочный режим в зависимости от диаметра свариваемых образцов.
- 6 Произвести сварку на настроенном режиме.
- 7 Освоить технику выполнения сварки трением и исследовать влияние параметра режима на качество сварного соединения.

8 Оценить полученное сварное соединение по геометрическим характеристикам и внешнему виду – величина и равномерность образовавшегося грата, перелом осей образцов, смещение кромок образцов, наличие дефектов и пр.

9 Сделать выводы по результатам эксперимента.

7.4 Содержание отчёта

1 Цель работы.

2 Теоретические сведения. Назначение узлов машины. Схема машины для сварки трением.

3 Диаграмма цикла сварки трением.

4 Описание технологии сварки трением.

5 Выводы по лабораторной работе.

Контрольные вопросы

1 Перечислите основные узлы машины.

2 Как осуществляется регулирование параметров режима сварки?

3 Как влияют параметры режима сварки на качество соединения?

4 Объясните порядок настройки машины для работы.

8 Лабораторная работа № 8. Изучение роботизированной дуговой сварки в среде защитных газов и способов управления источниками питания для сварки

Цель работы: изучить особенности технологии сварки с применением системы управляемого переноса электродного металла СМТ (Cold Metal Transfer) Fronius.

8.1 Общие теоретические сведения

Важным направлением совершенствования технологий дуговой сварки является снижение разбрызгивание электродного металла, минимизация деформаций сварных соединений, особенно при сварке тонколистовых материалов и повышение производительности процесса.

Одной из революционных технологий, повлиявших на развитие технологий дуговой сварки и расширяющей области её эффективного применения, является технология СМТ (Cold Metal Transfer), разработанная компанией Fronius. Эта технология известна также в буквальном переводе как технология сварки с «холодным переносом металла».

Применение такой технологии относится к области переноса электродного металла короткими замыканиями, т. к. в этом случае процесс лучше всего

контролируется системами цифрового управления источником питания. Вместе с тем, в отличие от традиционной технологии, существенно снижается тепловложение в основной металл при сварке. Это обусловлено снижением значения силы сварочного тока в момент короткого замыкания и касания капли поверхности сварочной ванны фактически до нуля (ток полностью отключается), синхронизированного с реверсивным движением проволоки в обратном направлении, что вызывает появление эффекта «стряхивания» капли в расплавленный металл ванны за счет силы инерции и массы самой капли. Затем значение силы сварочного тока вновь возрастает до заданного значения, что способствует горению дуги необходимой мощности, а проволока вновь продолжает движение в направлении свариваемого изделия. Так как основное количество брызг при сварке образуется, как правило, при отделении капли от сварочной проволоки из-за перегрева и взрыва перемычки жидкого металла, обладающей малым сечением и большим кратковременным сопротивлением, то в случае применения технологии СМТ в связи с уменьшением значения силы тока взрыва перемычки и выброса большого количества расплавленного металла удастся избежать. Кроме того, выключение тока в момент перехода капли металла в сварочную ванну способствует снижению тепловложения в основной металл, что благоприятно сказывается на уменьшении деформаций изделия [2].

Ключевым механизмом реализации такой технологии является система управления источником питания. Это обусловлено необходимостью синхронизации реверсивных движений проволоки и процессом образования капель расплавленного электродного металла, их переходами в сварочную ванну. В момент короткого замыкания система реагирует на падение напряжения и снижает значение силы сварочного тока до минимума, параллельно подавая импульс на механизм подачи проволоки [2].

Для реализации режима переноса металла в конструкцию СМТ установки включены специальные компоненты (рисунок 8.1).

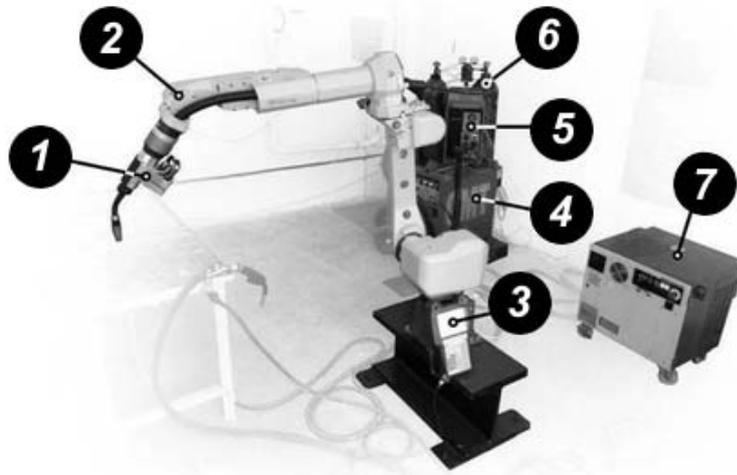
С одной стороны расположены два блока подачи проволоки, которые управляются в цифровом режиме. Передний блок Robacta Drive СМТ обеспечивает пульсацию проволоки с частотой до 70 раз в секунду (рисунок 8.2). Задний блок VR 7000 СМТ служит для подачи проволоки.

Передний блок Robacta Drive СМТ оснащен безредукторным приводом – высокочастотным серводвигателем переменного тока, обеспечивающим точную подачу проволоки и постоянное давление прижима. В отличие от традиционных систем, кабель-шланговый пакет горелки может быстро отсоединяться от блока привода и не требует повторной настройки TSP (Tool Center Point) [2].

С другой стороны между двумя блоками привода устанавливается проволочный буфер, который обеспечивает независимую работу блоков и служит в качестве дополнительного накопителя проволоки. Такая схема позволяет подавать проволоку почти без усилий. Проволочный буфер желательно установить на балансире или на третьей оси робота.

При такой схеме реализации процесса переноса металла достигается еще целый ряд преимуществ, таких как плавный старт, стабильное горение дуги при

низких значениях сварочного тока, высокая устойчивость сварочной ванны при сварке в вертикальном и потолочном положениях, равномерное и правильное формирование сварного шва, получение обратного формирования шва без использования подкладок.



1 – интегрированная сварочная горелка; 2 – сварочный робот-манипулятор; 3 – пульт управления роботом; 4 – источник питания сварочного оборудования; 5 – механизм подачи сварочной проволоки; 6 – баллон с защитным газом (аргон) 7 – источник питания и блок управления роботом

Рисунок 8.1 – Установка для сварки плавлением с использованием технологии СМТ



Рисунок 8.2 – Интегрированная сварочная горелка с подающим приводом реверсивной подачи проволоки Robacta Drive СМТ

Эффективность применения СМТ-процесса при наплавке связана с тем, что за счет низкой температуры сварочной ванны перемешивание основного и электродного металла значительно меньше, чем при наплавке с применением классического MIG/MAG-оборудования. При этом изменения металлургической структуры, химического состава, а следовательно, и эксплуатационных свойств наплавленного слоя минимальны. Это позволяет осуществлять наплавку меньшего количества слоев и в некоторых случаях отказаться от использования буферных или промежуточных слоев. Таким образом, сокращение длительности операции наплавки и расхода проволоки может достигать 50 % [2].

Гибкость СМТ-установок обеспечивается за счет модульной компоновки. Оборудование позволяет выполнять сварку не только по системе СМТ, но и по стандартной технологии MIG/MAG или сварки в импульсном режиме. Кроме того, экономия достигается за счет отсутствия потерь подачи защитного газа к сварочной горелке, автоматического отключения блока охлаждения, низкого потребления мощности на холостом ходу [2].

Основные области применения СМТ сварки – это автомобильная, аэрокосмическая промышленность, изготовление металлических емкостей и порталных металлоконструкций, энергетического оборудования (котельных агрегатов, теплообменников), производство комплектующих и т. д.

8.2 Оборудование, приборы и материалы

1 Сварочный полуавтомат Fronius TransPuls Synergic 3200 с роботом Fanuc и системой СМТ.

2 Комплект ручного инструмента.

3 Весы.

4 Перчатки, комплект спецодежды.

5 Образцы тонколистового металла для сварки.

8.3 Порядок проведения работы

1 Подготовить два комплекта выданных образцов в виде пластин тонколистового материала к сварке. Зачистить кромки свариваемых деталей при помощи абразивных материалов с использованием шлифовальной машинки на ширину 20 мм в обе стороны. Проверить качество подготовки поверхностей, в случае необходимости исправить имеющиеся дефекты.

2 Осуществить прихватку деталей (для лучшего формирования сварного соединения необходимо использовать выводные планки, на которых происходит зажигание дуги и окончание процесса сварки). Тип сварного соединения С2. Зазор отрегулировать равномерным по величине согласно ГОСТ 14771–76.

3 Взвесить прихваченные заготовки и определить их массу до сварки. Данные занести в отчет.

4 Изучить порядок настройки значений параметра режима сварки. Произвести настройку робота для выполнения прямолинейного шва вдоль кромок свариваемых деталей.

5 Выполнить сварку соединений с использованием системы СМТ и традиционной технологии. В процессе сварки необходимо зафиксировать время сварки и скорость подачи проволоки.

6 Рассчитать массу расплавленного металла через объем расплавленной проволоки (зная время сварки и скорость подачи проволоки, его можно определить). Плотность материала принять равной $7,8 \text{ г/см}^3$.

7 Взвесить на весах сваренные соединения. Разность в массе деталей до сварки и после неё будет являться массой наплавленного металла. Разницей между массами наплавленного металла и расплавленного металла будет являться масса потерь на разбрызгивание и угар. Определить коэффициент потерь через отношение:

$$\psi = \frac{G_p - G_n}{G_p} \cdot 100,$$

где G_p – масса расплавленного металла, г;

G_n – масса наплавленного металла, г;

ψ – коэффициент потерь электродного металла, %.

8 Проанализировать величину деформаций деталей после сварки. Сделать соответствующие выводы и занести информацию в отчет.

8.4 Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Оборудование и материалы.
- 3 Таблица с данными.
- 4 Выводы по работе.

Контрольные вопросы

- 1 Каков принцип работы системы СМТ?
- 2 Преимущества и недостатки технологии СМТ. Области её эффективного применения.
- 3 Состав и основные узлы установки для роботизированной сварки.

9 Правила техники безопасности при проведении лабораторных работ

Организация лабораторных экспериментов должна проводиться в соответствии с ССБТ ГОСТ 12.4.113–82 *Работы учебные лабораторные. Общие требования безопасности.*

При проведении лабораторных экспериментов должно быть устранено или доведено до безопасных значений величин действие опасных и вредных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003–74.

Все производимые в лаборатории работы должны быть организованы так, чтобы полностью исключить образование взрывоопасных концентраций газо-, паро- и пылевоздушных смесей в объёме всего помещения и в отдельных рабочих зонах.

Оборудование, применяемое в учебных лабораториях, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003–74 и ГОСТ 12.2.049–80.

Температура поверхности оборудования и технологических трубопроводов, к которым возможны прикосновения людей при проведении лабораторных экспериментов, не должна превышать 45 °С. Системы вентиляции и отопления в лабораторном помещении должны обеспечивать параметры микроклимата в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005–76.

Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны лаборатории не должна превышать значений, указанных в ГОСТ 12.1.005–76.

Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в децибелах на рабочих местах в лаборатории должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.003–76, относящимся к помещениям лабораторий для проведения экспериментальных работ.

Предельно допустимые напряжённость электрической и магнитной составляющих и плотность тока энергии электромагнитного поля радиочастот на рабочих местах в лаборатории должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.012–78.

Допустимый уровень вибрации на рабочих местах в лаборатории должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.012–78. Защитные системы (зануление, защитное заземление, защитное отключение, выравнивание потенциала, двойная изоляция, малое напряжение) и мероприятия по защите от поражения электрическим током в лабораториях должны обеспечивать напряжение при прикосновении не выше 42 В в помещениях без повышенной и с повышенной опасностью, 12 В в особо опасных помещениях.

Питание лабораторного электрооборудования должно осуществляться от сети напряжением не более 380 В при частоте 50 Гц. В электроустановках должны быть предусмотрены разделительный трансформатор и защитно-отключающее устройство.

Сопротивление изоляции, токоведущих частей электроустановок до первого аппарата максимальной токовой защиты должно быть не менее 0,5 МОм, а сопротивление между заземляющим болтом и каждой доступной

прикосновению металлической нетоковедущей частью изделия, которая может оказаться под напряжением, – не более 0,1 Ом.

Требования к размещению оборудования и рабочих мест

Размещение оборудования в помещении лаборатории должно обеспечивать удобство выполнения всех видов исследований и работ.

Планировка помещения лаборатории должна обеспечивать освещение рабочих мест исследователей естественным светом.

Размещение средств отображения информации должно обеспечивать свободное восприятие общей сигнальной информации в интерьере лаборатории.

Геометрические размеры зоны досягаемости моторного поля на рабочих местах в лаборатории определяются требованиями ГОСТ 12.2.032–78 (для положения сидя) и ГОСТ 12.2.033–78 (для положения стоя).

Геометрические размеры оптимальной зоны информационного поля для размещения общих средств отображения информации в лаборатории должны быть: площадь зоны – 4,5 м²; высота верхней границы зоны от пола – 2,5 м; ширина зоны – 3,0 м; высота нижней границы зоны от пола – 1,0 м.

10 Действия на случай возникновения загорания, пожара

Каждый, обнаруживший пожар или загорание, обязан:

- немедленно обесточить помещение;
- немедленно сообщить о пожаре по телефону 101;
- немедленно сообщить о пожаре администрации;
- приступить к тушению очага пожара имеющимися на рабочем месте средствами пожаротушения (огнетушитель, кошма, песок, пожарный кран и т. д.);
- при тушении электроустановок огнетушителями не подходить ближе 1 м до очага горения;
- при применении углекислотных огнетушителей не братья голый рукой за раструб;
- тушение вертикальных конструкций производить сверху вниз.

Студент, находящийся в лаборатории, при получении сообщения об эвакуации обязан:

- немедленно прекратить занятие;
- быстро и без паники в сопровождении преподавателя, проводящего занятие, покинуть здание, пройти перекличку у данного преподавателя и ждать последующих указаний;
- сохранять выдержку и хладнокровие, не допускать паники.

Студент, оставшийся во время пожара в лаборатории, обязан:

- прежде чем открыть дверь лаборатории, потрогать ее руками. Если она нагрелась, не открывать ее, иначе огонь проникнет в помещение;

– при возможности покинуть помещение через окно; оказавшись на верхнем этаже, заткнуть щели подручными средствами, чтобы дым не проникнул в помещение лаборатории;

– сообщить о своем местонахождении (по телефону или привлекая внимание с помощью рук и криков о помощи).

11 Действия на случай других аварийных ситуаций

При возникновении в рабочей зоне проведения лабораторной работы опасных условий труда (появление запаха гари и дыма, повышенное тепловыделение от оборудования, повышенный уровень шума при его работе, неисправность заземления, загорание материалов и оборудования, прекращение подачи электроэнергии, появление запаха газа и т. п.) необходимо немедленно прекратить работу, выключить оборудование, сообщить о происшествии преподавателю.

При несчастном случае необходимо быстро принять меры по предотвращению воздействия травмирующих факторов на потерпевшего, оказанию первой помощи пострадавшему, вызову на место происшествия медицинских работников или доставке потерпевшего в организацию здравоохранения. Сообщить о происшествии ответственному лицу за безопасное производство работ, обеспечить до начала расследования сохранность обстановки, если это не представляет опасности для жизни и здоровья людей.

При поражении электрическим током необходимо освободить пострадавшего от действия тока (выключить рубильник, перерубить провод, оттянуть или отбросить его сухой палкой, шестом). Не прикасаться к пострадавшему, пока он находится под действием тока. Доврачебную помощь оказывать сразу после прекращения воздействия электрического тока. Если пострадавший находится в бессознательном состоянии, то немедленно приступить к массажу сердца и искусственному дыханию до прибытия врача. Одновременно с этим применяется нашатырный спирт, растирание и согревание.

Список литературы

1 Технология сварки плавлением и термической резки: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» дневной и заочной форм обучения: в 2 ч. / Сост. А. О. Коротеев. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – Ч. 1. – 44 с.

2 Технология сварки плавлением и термической резки: методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальности 1-36 01 06 «Оборудование и технология сварочного производства» дневной и заочной форм обучения: в 2 ч. / Сост. А. О. Коротеев. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – Ч. 2. – 43 с.

3 **Патон, Б. Е.** Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Б. Е. Патон. – Москва: Машиностроение, 1974. – 664 с.

4 **Куликов, В. П.** Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки: учебное пособие / В. П. Куликов. – Минск: Экоперспектива, 2003. – 415 с.: ил.

5 **Ерохин, А. А.** Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности / А. А. Ерохин. – Москва: Машиностроение, 1973. – 448 с.

6 **Волченко, В. Н.** Сварка и свариваемые материалы: в 3 т. / В. Н. Волченко. – Москва: Металлургия, 1991. – Т. 1. – 528 с.