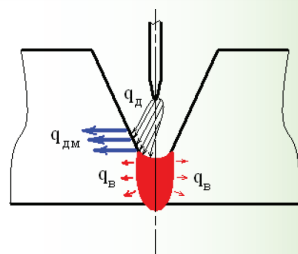
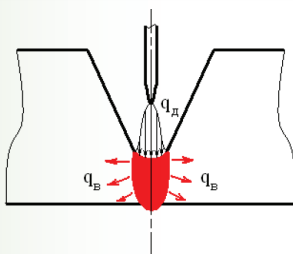
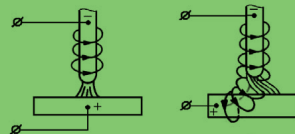


Министерство образования и науки Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет
Институт машиностроения
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

В.П. Сидоров,
И.В. Смирнов, А.И. Смирнова

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СВАРКИ

Лабораторный практикум



© ФГБОУ ВПО
«Тольяттинский
государственный
университет, 2015

ISBN 978-5-8259-0861-8

УДК 621.791
ББК 30.616я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, главный сварщик ООО Управляющая компания «Ставрополь на Волге» *В.А. Иевлев*;

д-р техн. наук, профессор Тольяттинского государственного университета *В.В. Ельцов*.

Сидоров, В.П. Повышение энергоэффективности технологических процессов сварки : лаборат. практикум / В.П. Сидоров, И.В. Смирнов, А.И. Смирнова. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2015. – 1 оптический диск.

В лабораторном практикуме представлены цели работ, теоретические сведения, исходные данные, порядок выполнения работ, контрольные вопросы.

Предназначен для магистров по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов (магистерские программы «Сварка и пайка новых металлических и неметаллических неорганических материалов», «Технология и оборудование для пайки») и может быть полезен для бакалавров направления подготовки 15.03.01 Машиностроение, профиль «Оборудование и технология сварочного производства».

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8; 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; Adobe Reader.

Редактор *О.И. Елисеева*
Технический редактор *З.М. Малявина*
Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*
Художественное оформление,
компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

Дата подписания к использованию 26.03.2015.

Объем издания 3 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Заказ № 1-07-14.

Издательство Тольяттинского государственного университета
445667, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14
тел. 8(8482) 53-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

Введение	5
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА	6
Лабораторная работа 1. Определение области применения способа сварки с управляемым тепловложением	7
Лабораторная работа 2. Оценка эффективности ввода тепла в изделие при применении способа сварки с управляемым тепловложением	29
Лабораторная работа 3. Повышение энергоэффективности процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением	36
Приложения	44

ВВЕДЕНИЕ

Повышение энергоэффективности промышленных предприятий, снижение потребления ими электроэнергии является приоритетной задачей в развитии науки и техники. В лабораторном практикуме специалисту предлагается для повышения энергоэффективности технологических процессов дуговой сварки исследовать возможность применения принципиально нового подхода к управлению тепловложением в свариваемые кромок при сварке. Подход, основанный на применении принципа пространственно-параметрического управления тепловложением при сварке, обладает высоким потенциалом в области сокращения энергозатрат при реализации технологических процессов сварки. Учитывая широкую распространённость технологических процессов сварки в промышленности, внедрение энергосберегающих технологий сварки позволит добиться значительного сокращения энергопотребления в масштабах отдельного предприятия, отрасли и страны в целом.

В лабораторном практикуме приведены три лабораторные работы, в основу которых положены результаты исследований самих авторов. Причем эти работы носят не узкоспециальный, а общий характер; их достоинством является возможность более глубокой проработки студентами актуального материала, чем просто выполнение заимствованных лабораторных работ.

Авторы надеются, что лабораторный практикум будет полезен для преподавателей и студентов вузов, колледжей, всех специалистов, занятых в области сварочного производства.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

При выполнении каждой лабораторной работы студент должен соблюдать в следующий порядок.

1. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями по предмету лабораторной работы.
2. Ознакомиться с принципом и порядком работы используемого лабораторного оборудования.
3. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении лабораторной работы.
4. Ознакомиться с методикой проведения эксперимента и обработки его результатов.
5. Получить задание на лабораторную работу у преподавателя.
6. Записать исходные данные по работе.
7. Совместно с преподавателем и лаборантом подготовить и провести эксперимент согласно разделу «Методика проведения эксперимента» методических указаний к каждой работе.
8. Обработать результаты эксперимента в соответствии с содержанием раздела «Алгоритм обработки экспериментальных данных» методических указаний к каждой работе.
9. Сформулировать выводы по результатам проведённой работы.
10. Оформить отчёт о лабораторной работе в соответствии с требованиями, изложенными в прил. 3, 4, 5. Отчет оформляется в виде отдельного документа на листах формата А4.
11. Защитить отчёт о лабораторной работе.

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СПОСОБА СВАРКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕМ

Цель работы: в процессе сварки дугой с управлением пространственным положением дуги за счет изменения ее магнитного поля установить диапазон следующих параметров: расстояния от точки токоподвода до оси шва, частоты переключений токоподвода, силы тока дуги.

Задачи лабораторной работы

1. Определить максимальное расстояние расположения токоподвода от оси электрода, при котором начинает исчезать эффект отклонения дуги.
2. Определить минимальное значение сварочного тока, при котором наблюдается эффект отклонения дуги.
3. Определить частоту изменения направления токоподвода, при котором наблюдается эффект отклонения дуги.

Исходные данные к выполнению работы

- пластина из стали Ст3сп (выдается лаборантом);
- пространственное положение при сварке – нижнее;
- скорость сварки – 0 см/с;
- установочная длина сварочной дуги – 3 мм;
- расход защитного газа 12 л/мин;
- защитный газ – аргон;
- вольфрамовый электрод марки WL-20 диаметром 3 мм.

Краткие теоретические сведения

Под собственным магнитным полем принято понимать круговое магнитное поле тока, возникающее при прохождении тока по элементам сварочной цепи, в том числе и по основному металлу. В этом случае, если токоподвод подключен к свариваемому изделию вблизи дуги, магнитное поле оказывает равномерное симметричное

воздействие на столб дуги, и дуга отклоняется (рис. 1.1, а). Если же токоподвод подключен вдали от места горения дуги, то за счет усиления (сгущения) магнитного поля со стороны токоподвода дуга отклоняется в противоположную сторону (рис. 1.1, б).

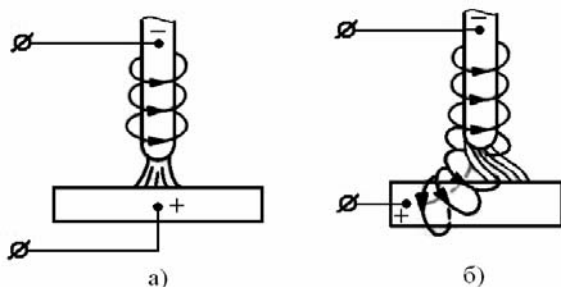


Рис. 1.1. Действие собственного магнитного поля на дугу:
 а – при отсутствии искривления магнитного поля; б – при наличии искривления собственного магнитного поля дуги (т. е. «магнитного дутья»)

Для определения области применения способа сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем, необходимо определить причины возникновения эффекта отклонения сварочной дуги.

Сварочная цепь электрод – дуга – изделие вместе с подводящими проводниками образует сварочный контур, магнитное поле которого может отклонять дугу в ту или иную сторону.

При подключении токоподвода электрическая дуга подвергается действию несимметричного магнитного поля. На рис. 1.2 представлено взаимодействие двух полей: магнитного поля тока, протекающего по электроду и дуге, а также магнитного поля тока, протекающего по изделию. Магнитное поле тока, протекающего по сварочному электроду и сварочной дуге, является круговым. Это поле имеет индукцию B_1 и напряженность линий магнитной индукции H_1 . А магнитное поле тока, протекающего по изделию, является внешним как по отношению к сварочной дуге, так и по отношению к изделию. Данное поле имеет индукцию B_2 и напряженность магнитной индукции H_2 . При взаимодействии двух полей с одной стороны дуги происходит «сгущение» магнитных линий, т. е. магнитная напряженность результирующего поля увеличивает-

ся, а с другой стороны напряжённость магнитного поля уменьшается. В результате разности напряжённостей возникает результирующая сила F , действующая на дугу. Эту силу можно вычислить по закону Ампера [2]:

$$dF = B \cdot dl \cdot I \cdot \sin \alpha, \quad (1.1)$$

где B – магнитная индукция поля изделия; dl – длина проводника с током (в данном случае это будет длина дуги); I – сила сварочного тока, протекающего по дуге; α – угол, образующийся между изделием и дугой.

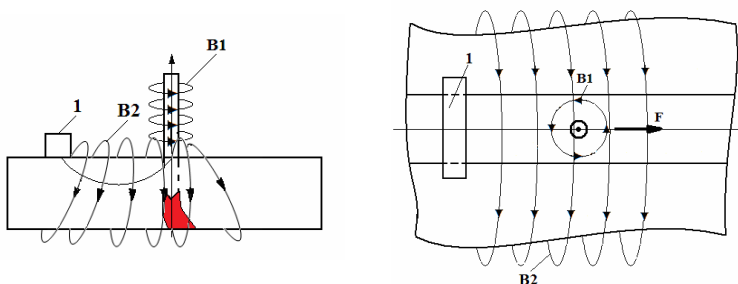


Рис. 1.2. Влияние подвода тока на пространственное положение дуги: $B1$ – собственное магнитное поле дуги; $B2$ – магнитное поле тока, протекающего по изделию; 1 – контакт подвода тока к изделию; F – сила, действующая на сварочную дугу и возникающая при взаимодействии полей индукции $B1$ и $B2$

Для вычисления индукции магнитного поля изделия можно применить выражение для расчёта индукции поля в бесконечно тонкой пластине [2]:

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot j}{2}, \quad (1.2)$$

где j – линейная плотность тока, которая вычисляется по формуле

$$j = \frac{I}{S}, \quad (1.3)$$

где S – площадь поперечного сечения проводника.

Выражение (1.2) применяется для расчёта магнитной индукции поля в бесконечно тонкой пластине. Магнитная индукция поля от пластины некоторой толщины δ может быть получена путём интегрирования выражения (1.2) по $d\delta$ при изменении δ от 0 до δ :

$$B_2 = \frac{\mu_0}{2} \int_0^{\delta} j(x) dx. \quad (1.4)$$

Из выражения (1.3) вытекает, что с увеличением силы тока увеличивается плотность тока в изделии, что приводит к увеличению индукции поля тока в изделии, согласно выражению (1.4). Также увеличивается сила тока, протекающего по дуге, а это означает, что увеличение тока способствует увеличению и тока в проводнике, и значения магнитной индукции внешнего поля (т. е. поля тока в изделии). Если выразить плотность тока в изделии через ток, и подставить выражение (1.3) в (1.4), то получается, что индукция поля тока в изделии равна

$$B_2 = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot l} \int_0^{\delta} \frac{1}{\delta} d\delta. \quad (1.5)$$

Выражение (1.5) подставим в выражение (1.1), получим

$$dF = \frac{\mu_0 \cdot dl \cdot I^2 \cdot \sin \alpha}{2 \cdot l} \int_0^{\delta} \frac{1}{\delta} d\delta. \quad (1.6)$$

Из выражения (1.6) видно, что сила Ампера будет пропорциональна квадрату силы тока. То есть с ростом тока получается, что проводник с бóльшим значением тока оказывается в более мощном магнитном поле, в результате чего растёт сила, действующая на дугу, которая отклоняет дугу на некоторый угол.

Изменение силы, действующей на дугу при изменении расстояния от оси электрода до токоподвода, необходимо проанализировать, следя за изменением величины индукции магнитного поля тока, протекающего по изделию. Индукция этого поля будет определяться по выражению (1.5) с учётом интегрирования по толщине. То есть величина индукции будет зависеть только от плотности тока в изделии. При расположении токоподвода достаточно близко от дуги ток начинает протекать в приповерхностных слоях изделия, не успевая рассеяться по всей толщине изделия, при этом плотность тока в поверхностных слоях будет достаточно большая. Поэтому индукция поля над изделием тоже будет большая. Чем дальше токоподвод будет расположен от дуги, тем равномернее ток растекается по изделию (захватывая постепенно всю толщину изделия). Так же изменяется и ширина зоны, в которой растекается ток. При малых

расстояниях эта величина минимальна, чем больше расстояние, тем больше ширина зоны растекания тока. То есть чем больше расстояние, тем больше толщина и ширина зоны растекания тока, а это, при неизменной силе тока, приводит к уменьшению плотности тока в изделии. Поэтому из выражения (1.5) следует, что с увеличением расстояния уменьшается плотность тока в изделии, и соответственно уменьшается величина магнитной индукции поля этого тока. Из выражения (1.6) вытекает, что, чем меньше величина индукции внешнего поля, тем меньше сила Ампера, действующая на дугу.

В результате этого основными параметрами, влияющими на поведение дуги при сварке дугой, отклоняемой собственным магнитным полем, являются изменение расстояния от оси электрода до токоподвода и сила сварочного тока.

Важным фактором является также частота переключения направления токоподвода. Электрическая дуга имеет определённую скорость реакции на изменение магнитного поля, т. е. наблюдается инерционность. Электрическая дуга – это упругий газообразный проводник, который обладает некоторой инерцией при изменении своего пространственного положения. Для того чтобы дуга приняла определённое положение в пространстве, необходимо создание условий, при которых дуга может существовать в этом положении [3]:

- 1) необходима достаточная степень ионизации в месте возникновения дуги;
- 2) для устойчивого горения дуге необходимо какое-то время существовать в новом пространственном положении, чтобы процессы ионизации и рекомбинации смогли прийти в равновесие;
- 3) должны быть созданы благоприятные энергетические условия для перехода дуги в новое положение.

Третье условие заменяет принудительное изменение пространственного положения за счёт силы Ампера, действующей на дугу. Необходимость трёх условий наглядно подтверждают наблюдения, указанные в работе [3]. В частности, там показано, что дуга принимает новое положение в пространстве лишь тогда, когда за счёт катодной составляющей факела дуги (т. е. потока плазмы) происходит ионизация газа под электродом и дуга удлиняется на столько, что величина энергии для создания новой дуги в новом месте (т. е. под

электродом) становится меньше величины энергии, затрачиваемой на поддержание процесса горения длиной старой дуги.

Таким образом, для перехода дуги в новое пространственное положение необходимо некоторое время, в течение которого будет происходить постепенная ионизация газа в новом месте горения дуги и составляющие плазмы будут под действием силы Ампера менять своё пространственное положение. Если это время будет меньше половины периода изменения пространственного положения (которое задаётся частотой на источнике питания), то дуга не успеет перейти в новое пространственное положение. Это и определяет влияние частоты переключения каналов на возможность отклонения дуги.

Необходимо отметить ещё один лимитирующий фактор процесса, связанный с частотой переключения направления токоподвода. В качестве такого фактора выступает минимальная частота переключения направления токоподвода. Этот фактор лимитируется стабильностью образования сварного соединения. Процесс сварки происходит с определённой скоростью перемещения сварочной горелки. Цикл переключения помимо частоты характеризуется периодом цикла. Дуга будет гореть на одну из свариваемых кромок в течение времени, равного половине периода цикла минус время нахлёста (т. е. времени горения дуги по центру стыка). За время горения дуги на одну из кромок сварочная горелка перемещается на некоторое расстояние, расплавляя одну кромку на участке некоторой длины. Если частота переключения направления токоподвода будет достаточно малой, то может получиться так, что соседние участки оплавления на одной кромке не будут пересекаться в пространстве (т. е. накладываться друг на друга). В этом случае формирования сварного шва наблюдаться не будет, получатся отдельные оплавленные участки кромок, которые не будут накладываться друг на друга.

Используемое оборудование и материалы

В эксперименте используется установка для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложения прямолинейных швов на плоскости, состоящая из четырех частей.

1. Источник питания – инверторный сварочный источник питания постоянного тока марки СМТ-1.2 (рис. 1.3).

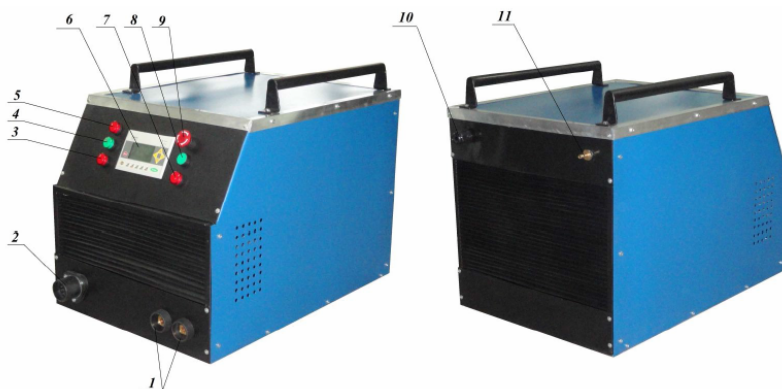


Рис. 1.3. Общий вид источника питания СМТ-1.2: 1 – разъёмы подключения кабелей для подвода тока к изделию (обратных кабелей); 2 – разъём для подключения сварочной горелки; 3 – индикатор «Ошибка»; 4 – индикатор «Работа осциллятора»; 5 – индикатор «Питание»; 6 – панель управления; 7 – индикатор «Сварка»; 8 – кнопка «Пуск»; 9 – кнопка «Стоп»; 10 – изолирующая втулка для ввода сетевого кабеля; 11 – штуцер для подвода защитного газа

На передней панели источника размещены индикаторы «Ошибка», «Работа осциллятора», «Питание» (индикаторы включения напряжения питания); индикатор «Сварка», кнопки «Пуск» и «Стоп»; панель управления, два разъёма подключения кабелей для подвода тока к изделию (обратных кабелей), разъём для подключения сварочной горелки.

Кнопка «Пуск» предназначена для включения системы управления источником питания и подачи напряжения на программируемую панель оператора.

Кнопка «Стоп» предназначена для отключения питания системы управления источником. Кнопка «Стоп» может также использоваться как кнопка аварийного отключения источника.

Индикатор «Питание» загорается, когда срабатывает входной автоматический выключатель и напряжение подаётся на элементы силовой электроники источника питания.

Индикатор «Осциллятор» горит в течение времени работы осциллятора. Как только осциллятор прекращает работу, индикатор гаснет.

Индикатор «Сварка» загорается в момент возбуждения сварочной дуги и продолжает гореть на протяжении всего цикла сварки. Гаснет индикатор в момент обрыва сварочной дуги.

Индикатор «Ошибка» предназначен для информирования оператора о неисправностях источника и ошибочных действиях при подготовке и проведении сварки. Как только загорается индикатор, на экране панели управления появляется сообщение об ошибке, в содержании которого описывается суть возникшей проблемы.

В качестве панели управления в источнике используется программируемая панель оператора. Источник комплектуется панелью серии DOP.

На задней панели размещены изолирующая втулка для ввода сетевого кабеля, шнур питания и штуцер для подачи защитного газа в источник от баллона, а также болт заземления.

2. Самоходный портал установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости (габаритный чертёж и внешний вид портала приведены на рис. 1.4 и 1.5).

В состав комплектного портала входят блок управления приводами портала (1), кассета с присадочной проволокой (2), механизм подачи присадочной проволоки на базе мотор-редуктора (3), сварочная головка (4) с установленной в ней сварочной горелкой (5) и механизмом направления проволоки в зону сварки (6), шаговый двигатель механизма продольного перемещения головки (7), направляющие с шариковыми каретками (8) и непосредственно каркас портала (9).

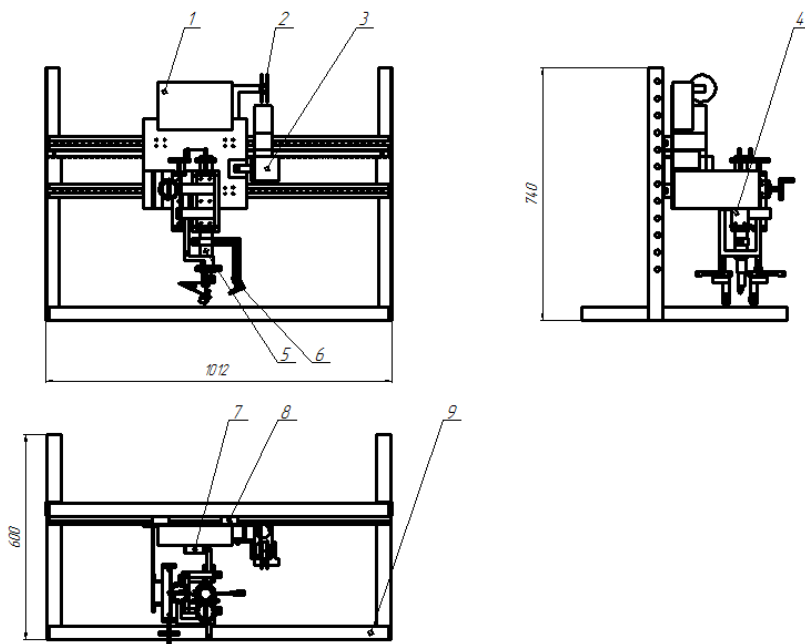


Рис. 1.4. Габаритный чертёж комплектного портала с самоходной кареткой и сварочной головкой



Рис. 1.5. Внешний вид портала установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости

Основные технические характеристики самоходного портала установки для дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости приведены ниже.

***Характеристики самоходного сварочного портала
в составе установки***

Количество механизированных осей движения.....	1
Рабочий ход самоходной каретки в горизонтальной плоскости, мм.....	1000
Регулировка сварочной головки поперёк шва, мм.....	150
Дискретный ход сварочной головки в вертикальной плоскости, мм.....	500
Максимальная скорость перемещения самоходной каретки в горизонтальной плоскости, см/мин.....	100
Пределы регулирования скорости перемещения консоли в горизонтальной плоскости, % от максимальной скорости.....	0–100
Точность линейных перемещений, мм.....	±0,1
Напряжение питающей сети аппаратуры управления и приводов установки, В.....	220 (±10 %)
Частота питающей сети, Гц.....	0 (+15; –5)
Габаритные размеры портала (длина × ширина × высота), мм, не более.....	1012×600×740
Масса портала (без технологических принадлежностей), кг, не более.....	50

Техническая характеристика электроприводов

Количество шаговых двигателей марки FL86STH65-2808A в установке, шт.	1
Крутящий момент на оси ротора двигателя марки FL86STH65-2808A, кг·см.....	34
Условный шаг двигателя FL86STH65-2808A, град.....	1,8
Рабочая температура двигателей, °С.....	от –20 до +50
Контроллеры, применяемые для управления шаговыми двигателями марки FL86STH65-2808A.....	контроллер OSM-42RA

Количество мотор-редукторов марки WG3929 в установке, шт.	1
Мощность двигателя WG3929, Вт.....	19
Крутящий момент на оси двигателя WG3929 (без редуктора), кг·см.....	0,45
Напряжение питания, В.....	12
Передаточное число редуктора WG3929.....	31
Крутящий момент на оси редуктора WG3929, кг·см.....	8,4
Скорость вращения, об./мин.....	84

3. Сварочная головка с тремя степенями подвижности и разделённым двухплечевым токоподводом (рис. 1.6).

Сварочная головка функционально предназначена для закрепления в ней сварочной горелки и обеспечения ей необходимых степеней свободы, требуемых перемещений и возможности выполнения различных регулировок.

Сварочная головка обеспечивает следующие виды и величины перемещений:

- перемещение сварочной горелки поперек шва на расстояние не менее 100 мм;
- перемещение сварочной горелки по высоте на величину не менее 100 мм;
- перемещение разделённого токоподвода по высоте на величину не менее 100 мм.

Сварочная головка содержит в своём составе разделённый токоподвод, обеспечивающий подвод тока к поверхности изделия в двух точках.

Сварочная головка обеспечивает возможность независимого перемещения по высоте сварочной горелки и разделённого токоподвода.

Разделённый токоподвод сварочной головки обеспечивает:

- надёжную электрическую изоляцию друг от друга двух плеч токоподвода, к которым подсоединяются контакты источника питания;
- возможность независимого перемещения каждого контакта токоподвода поперёк стыка на расстояние не менее 80 мм;

– надёжное поджатие контактов токоподвода к поверхности изделия (с отсутствием пригаров) и одновременно с этим развитие невысокого сопротивления движению головки по поверхности изделия.

Требование по обеспечению необходимых видов и величин перемещений удовлетворяется наличием в сварочной головке трёх независимых винтовых модулей линейного перемещения.

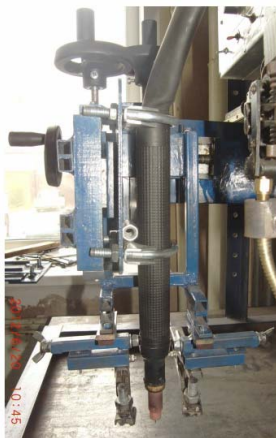


Рис. 1.6. Внешний вид сварочной головки с двухплечевым разделённым токоподводом

В используемой конструкции токоподвода для поджатия контактов к поверхности изделия применяется «клавишный прижим». Основным отличием клавишной конструкции от прямых пружинных прижимов является то, что клавишные прижимы контактов токоподвода имеют пружинный блок, который расположен вне зоны, по которой проходит сварочный ток. Это позволяет избежать нагрева пружин под действием сварочного тока и их быстрого выхода из строя.

Для того чтобы обеспечивать возможность независимого перемещения каждого контакта токоподвода поперёк стыка на расстояние не менее 50 мм, каждый клавишный прижим с контактом токоподвода крепится на отдельной винтовой направляющей, обеспечивающей необходимый ход контакта токоподвода. Также для надёжной электрической изоляции друг от друга двух плеч токо-

подвода, к которым подсоединяются контакты источника питания, конструкция, состоящая из клавишного прижима, соединённого с винтовой направляющей, крепится к общему каркасу токоподвода через изолятор.

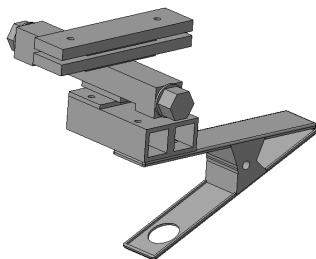


Рис. 1.7. Внешний вид конструкции одного плеча разделённого токоподвода

Конструкция представленного на рис. 1.7 и 1.8 плеча состоит из клавишного прижима (6), который через специальный профильный переходник соединяется с винтовой направляющей (1). Винтовая направляющая обеспечивает перемещение гайки, к которой крепится клавишный прижим, на расстояние до 80 мм. В нижней части клавишного прижима имеется отверстие, через которое вставляется и с помощью гайки крепится контакт токоподвода.

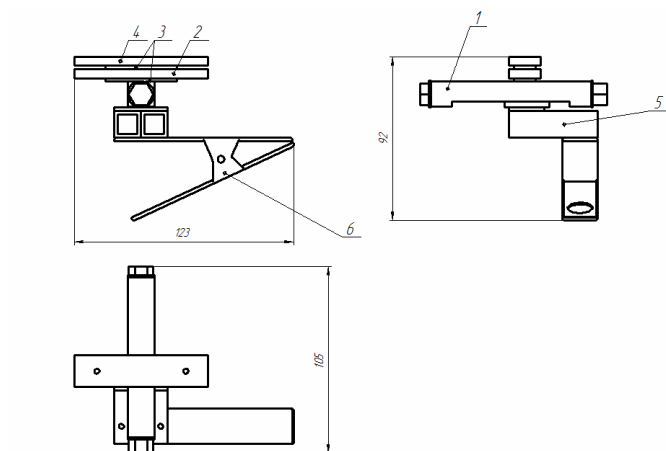


Рис. 1.8. Конструкция и габаритные размеры одного плеча разделённого токоподвода

Чтобы обеспечить изоляцию двух плеч токоподвода друг от друга, применяется специальная конструкция изолятора, представляющая собой «сэндвич», состоящий из нижней (2) и верхней (4) изолирующих вставок из текстолита толщиной 8 мм. Для обеспечения жёсткого соединения вставок между собой и с общим корпусом токоподвода в конструкции изолятора применяются две стальные пластины разных размеров.

Конструкция сварочной головки в сборе показана на рис. 1.9.

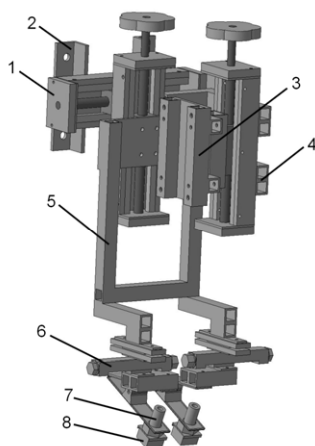


Рис. 1.9. Конструкция сварочной головки: 1 – каретка сварочного портала; 2 – угловое крепление; 3 – узел для крепления сварочной горелки; 4 – приварное крепление; 5 – кронштейн для крепления токоподводов; 6 – направляющая для перемещения контактов токоподвода; 7 – пружинный поджим; 8 – медно-графитовый токоподвод

Первая винтовая пара неподвижно крепится на каретку сварочного портала с помощью угловых креплений (2) и обеспечивает поперечное перемещение сварочной головки (влево или вправо).

Непосредственно к первой винтовой паре крепится вторая винтовая пара, отвечающая за позиционирование медно-графитовых контактов токоподвода относительно оси неплавящегося электрода горелки.

Ко второй винтовой паре крепится кронштейн (5) для крепления токоподводов.

К кронштейну токоподвода крепятся две направляющие (6) для перемещения контактов токоподводов в направлении, перпендикулярном продольной оси шва. К направляющим крепятся пружинные поджимы (7), на концах которых установлены узлы крепления медно-графитовых токоподводов со шпильками для фиксации клемм кабелей от источника питания.

К узлам крепления медно-графитовых токоподводов, с помощью поджимного винта крепятся медно-графитовые контакты (8).

Третья винтовая пара сварочной головки крепится ко второй с помощью приварного крепления (4).

На третьей винтовой паре располагают узел для крепления сварочной горелки (3). Крепление сварочной горелки выполняют с помощью двух полухомутов, надёжно поджимающих горелку к опорной площадке механизма крепления горелки.

4. Для регистрации пространственного положения сварочной дуги используется фотоаппарат цифровой Casio Exilim EX-FH25 со съёмкой в режиме скоростной фотосъёмки со скоростью 30 кадр/с и в режиме скоростной видеосъёмки со скоростью 120 кадр/с.

Методика проведения эксперимента

1. Получить задание у преподавателя.
2. Записать исходные данные по работе.
3. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями по предмету лабораторной работы.
4. Ознакомиться с принципом и порядком работы лабораторного оборудования.
5. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении лабораторной работы.

Задание 1. Определить максимальное расстояние расположения контакта токоподвода от оси электрода, при котором исчезает эффект отклонения дуги.

1. Получить у лаборанта стальную пластину.
2. Стальную пластину жёстко закрепить по четырём углам на рабочем столике портала установки (рис. 1.10).

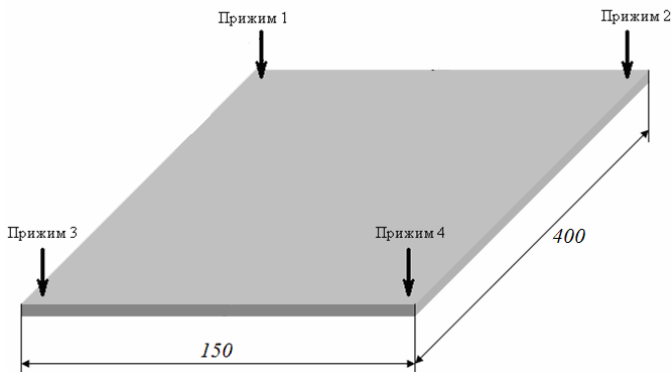


Рис. 1.10. Форма и размеры экспериментального образца для проведения эксперимента

3. Взять токоподвод и установить его на поверхности пластины. Контакт токоподвода расположить на расстоянии от оси электрода $h_1 = 10$ мм (рис. 1.11). Токоподвод плотно прижать к поверхности пластины.

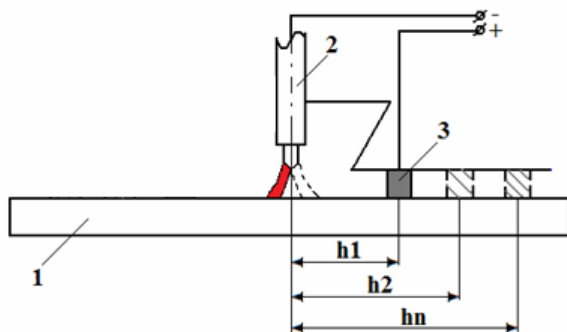


Рис. 1.11. Расположение токоподвода: 1 – стальная пластина; 2 – сварочная горелка; 3 – токоподвод

4. На источнике питания установить силу сварочного тока 40 А.
 5. Зажечь дугу. В процессе сварки путём плавного увеличения расстояния от контакта токоподвода до оси электрода визуально определить, когда начинает исчезать эффект отклонения сварочной дуги.

6. После сварки необходимо с помощью металлической линейки измерить расстояние расположения контакта токоподвода от оси электрода, при котором исчезал эффект отклонения дуги. Результаты измерений занести в табл. 1.1.

7. Все опыты, согласно п. 3–6, необходимо провести на силах сварочного тока, приведенных в табл. 1. Результаты измерений занести в табл. 1.1.

8. Аналогичные опыты, согласно п. 3–6, провести, когда контакты токоподвода расположены на одинаковом расстоянии от оси электрода с двух сторон (рис. 1.12).

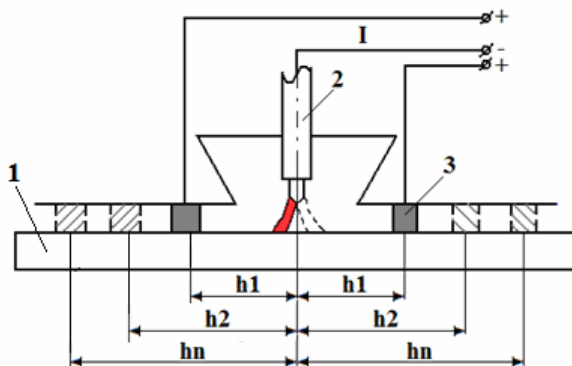


Рис. 1.12. Расположение токоподвода с двух сторон:
1 – стальная пластина; 2 – сварочная горелка; 3 – токоподвод

9. Заполнить таблицу результатов измерений (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Форма таблицы результатов измерения расстояния от оси электрода до токоподвода, при котором исчезает эффект отклонения дуги

Номер опыта	Сила тока, А	Расстояние от оси электрода до токоподвода, мм	
		с одной стороны	с двух сторон
1	40		
2	50		
3	60		

Номер опыта	Сила тока, А	Расстояние от оси электрода до токоподвода, мм	
		с одной стороны	с двух сторон
4	70		
5	80		
6	90		
7	100		
8	110		
9	120		
10	130		
11	140		
12	150		
13	160		
14	170		
15	180		
16	190		
17	200		

10. Используя экспериментальные данные, приведенные в табл. 1.1, построить зависимость $I = f(h)$.

11. Сделать вывод по диапазону применения способа сварки с управляемым тепловложением в зависимости от максимального расстояния расположения токоподвода от оси электрода, когда начал исчезать эффект отклонения дуги.

Задание 2. Определить минимальное значение сварочного тока, при котором начинает проявляться эффект отклонения дуги, в зависимости от расстояния до токоподвода.

1. Получить у лаборанта стальную пластину.
2. Стальную пластину жёстко закрепить по четырём углам на рабочем столике портала установки (см. рис. 1.10).
3. Взять сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом и установить расстояние от центра скользящего контакта токоподвода до оси электрода $h_1 = 10$ мм (рис. 1.12).
4. Закрепить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на портале.

5. Установить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на поверхность пластины, так чтобы контакты токоподвода плотно прижимались к поверхности пластины.

6. Зажечь дугу. В процессе сварки путём плавного увеличения силы сварочного тока определить минимальное значение сварочного тока, при котором начинает визуально наблюдаться эффект отклонения сварочной дуги. Результат минимального значения тока записать в табл. 1.2.

7. Аналогичные опыты, согласно п. 3–6, провести, когда расстояние от центра скользящего контакта токоподвода до оси электрода составляет $h_2 = 20$ мм, $h_3 = 30$ мм, ..., $h_n = h \cdot n$, где $h = 10$ мм, n – количество опытов. Расстояние от оси электрода до центра скользящего контакта токоподвода изменять с шагом в 10 мм. Для каждого значения расстояния путём плавного увеличения силы сварочного тока определить минимальное значение сварочного тока, при котором начинает визуально наблюдаться эффект отклонения сварочной дуги.

8. Заполнить таблицу результатов измерений (табл. 1.2).

Таблица 1.2

Форма таблицы результатов измерений минимального значения силы сварочного тока

Номер опыта	Расстояние от оси электрода до токоподвода, мм	Сила тока, А
1	10	
2	20	
...	...	
...	...	
...	...	
n	$h_n = h \cdot n$	

9. Используя экспериментальные данные, приведенные в табл. 1.2, построить зависимость $I_{\min} = f(h)$.

10. Сделать вывод по диапазону применения способа сварки с управляемым тепловложением в зависимости от минимального значения сварочного тока и расстояния до токоподвода, при котором начинает проявляться эффект отклонения дуги.

Задание 3. Определить максимально возможную частоту коммутации тока, при которой начинает проявляться эффект отклонения дуги.

1. Получить у лаборанта стальную пластину.
2. Стальную пластину жёстко закрепить по четырём углам на рабочем столике портала установки (рис. 1.10).
3. Взять сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом и установить расстояние от центра скользящего контакта токоподвода до оси электрода, заданное преподавателем.
4. Закрепить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на портале.
5. Установить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на поверхности пластины, так чтобы контакты токоподвода плотно прижимались к поверхности пластины.
6. На источнике питания установить силу сварочного тока 200 А.
7. Зажечь дугу. В процессе сварки путём плавного увеличения частоты коммутации тока определить максимальную частоту коммутации тока, при которой наблюдается эффект отклонения дуги (т. е. частоту, при которой дуга успевает реагировать на изменение направления токоподвода).
8. Заполнить таблицу результатов измерений (табл. 1.3).

Таблица 1.3

№ опыта	Сила тока, А	Расстояние от оси электрода до токоподвода, мм	Частота коммутации тока, Гц
1	200	10	
2	200	45	
3	200	80	

9. Сделать вывод по диапазону применения способа сварки с управляемым тепловложением в зависимости от частоты коммутации тока.

Заключение

Описать диапазон применения параметров процесса сварки дугой с управлением пространственным положением дуги за счет изменения ее магнитного поля, таких как расстояние от точки токоподвода до оси шва, частота переключений токоподвода, сила тока дуги.

Содержание отчёта

1. Титульный лист.
2. Цель лабораторной работы.
3. Исходные данные по работе.
4. Описание оборудования и материалов.
5. Порядок выполнения работы.
6. Результаты исследований в виде таблиц, опытных данных и графиков.
7. Анализ результатов работы.
8. Выводы.
9. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Что такое «магнитное дутье»?
2. Причины возникновения эффекта отклонения сварочной дуги.
3. Какие параметры магнитного поля влияют на поведение дуги?
4. Как влияет месторасположение токоподвода на пространственное положение дуги?
5. Как влияет частота переключения токоподвода на пространственное положение дуги?
6. Какое оборудование использовалось при проведении лабораторных работ?
7. Какие функции обеспечивает разделенный токоподвод?

Список литературы

1. Думов, С.И. Технология электрической сварки плавлением / С.И. Думов. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд., 1987. – 461 с.
2. Яворский, Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. – М. : Наука, 1968. – 940 с.

3. Столбов, В.И. Тепловые характеристики сварочной дуги / В.И. Столбов // Сварка и контроль – 2004 : сб. докл. Всероссийской НТК с междунар. участием. – Пермь, 2004. – Т. 2. – С. 53–59.
4. Смирнов, И.В. Управление тепловложением в свариваемые кромки при дуговой сварке неплавящимся электродом / И.В. Смирнов, А.И. Захаренко // Сварочное производство. – 2009. – № 12. – С. 32–36.
5. Смирнов, И.В. Специфические аспекты описания процесса автоматической аргодуговой сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем / И.В. Смирнов, В.П. Сидоров, А.И. Захаренко // Сварочное производство. – 2010. – № 1. – С. 3–6.
6. Патент на изобретение № 2401726. Российская Федерация. МПК В23К9/08. Способ сварки в защитном газе неплавящимся электродом магнитоуправляемой дугой / И.В. Смирнов, В.П. Сидоров, А.И. Захаренко // Бюлл. № 29. Оpubл. 20.10.2010.

Лабораторная работа 2

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВВОДА ТЕПЛА В ИЗДЕЛИЕ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СПОСОБА СВАРКИ С УПРАВЛЯЕМЫМ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕМ

Цель работы: изучить влияние двух способов сварки на формирование корневого слоя шва при одинаковых режимах сварки.

Задачи лабораторной работы

1. Рассчитать размеры и площадь провара корневого слоя шва, сваренного автоматической аргонодуговой сваркой.
2. Рассчитать размеры и площадь провара корневого слоя шва, сваренного автоматической аргонодуговой сваркой с управляемым тепловложением.

Исходные данные к выполнению работы

- заготовки из изучаемой марки стали (выдаётся лаборантом);
- марка стали образцов (указывается в задании на работу);
- режимы сварки (указываются в задании на работу);
- тип соединения (указывается в задании на работу).

Исходные данные по вариантам см. в прил. 2.

Краткие теоретические сведения

Влияние условий сварки на размеры и форму зоны проплавления

Теория распространения теплоты при сварке позволяет выделить основной параметр, управляющий процессом плавления. Таким параметром является отношение мощности источника к скорости сварки $q/V_{св}$, называемое часто погонной энергией. Однако при одном и том же значении $q/V_{св}$ проплавление может быть разным из-за изменения условий передачи теплоты, получаемой от источника, твердому металлу.

В существующей практике сварочного производства применяются способы дуговой сварки, основанные преимущественно на пе-

редаче тепла от сварочной дуги к свариваемому изделию через слой жидкого металла сварочной ванны. При этом жидкий металл сварочной ванны, располагающийся под сварочной дугой, выступает в качестве теплового демпфера, в котором непроизводительно теряется часть тепловой энергии сварочной дуги (рис. 2.1, *а, в*). Непроизводительность потерь обусловлена тем, что часть тепла, проходящего через сварочную ванну, тратится на её перегрев, в то время как для образования сварного соединения достаточно довести металл до температуры плавления (а в некоторых случаях дуговой сварки – до температуры активного развития процессов диффузии).

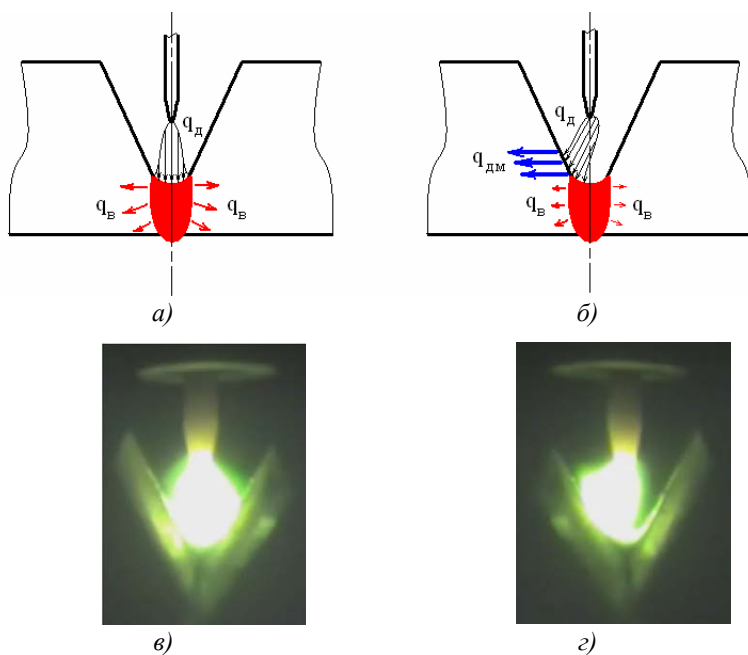


Рис. 2.1. Передача тепла от сварочной дуги свариваемому основному металлу: *а* – схема передачи при применении традиционных способов сварки; *б* – схема передачи при применении способа сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем ($q_{д}$ – тепловой поток сварочной дуги; $q_{в}$ – тепловой поток, передаваемый от жидкой сварочной ванны в основной металл; $q_{дм}$ – тепловой поток, передаваемый изделию непосредственно от сварочной дуги); *в* – фотография процесса традиционной сварки; *г* – фотография процесса сварки дугой, отклоняемой собственным магнитным полем

Применение принципа управления пространственным положением сварочной дуги на поверхности свариваемых кромок за счёт изменения параметров её собственного магнитного поля, позволяет программируемо отклонять сварочную дугу от оси электрода при неподвижном катодном пятне. Этот способ пространственного управления положением дуги создаёт предпосылки для введения большей части тепла сварочной дуги не через жидкий металл сварочной ванны, а непосредственно в свариваемые кромки (рис. 2.1, б, г). При этом может быть значительно повышена эффективность передачи тепла от сварочной дуги к изделию. Это означает, что, для того чтобы получить для двух исследуемых способов сварки одинаковые площади провара, для способа сварки с пространственным управлением дуги можно либо уменьшить величину силы сварочного тока, либо при неизменной силе тока увеличить скорость сварки. С точки зрения производительности и сокращения производственных издержек данный подход является наиболее эффективным, поскольку он приводит как к сокращению затрат энергии, так и к сокращению времени сварки единицы длины шва.

Используемое оборудование и материалы

В эксперименте используется установка для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости. Установка состоит из трех частей:

- 1) источник питания – инверторный сварочный источник питания постоянного тока марки СМТ-1.2;
- 2) самоходный портал установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости;
- 3) сварочная головка с тремя степенями подвижности и разделённым двухплечевым токоподводом.

Подробное описание работы и характеристики установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости описаны в лабораторной работе 1 (п. 3).

Кроме того, понадобится штангенциркуль для измерения размеров корневого слоя шва.

Методика проведения эксперимента

1. Получить задание у преподавателя.
2. Получить заготовки для сварки у лаборанта.
3. Записать исходные данные по работе.
4. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями по предмету лабораторной работы.
5. Ознакомиться с принципом и порядком работы лабораторного оборудования.
6. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении лабораторной работы.
7. Настроить пост сварки для проведения сварочных работ по предлагаемому в задании способу сварки.
8. Подготовить и произвести сборку свариваемых пластин. Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин приведены в табл. 1 прил. 1.

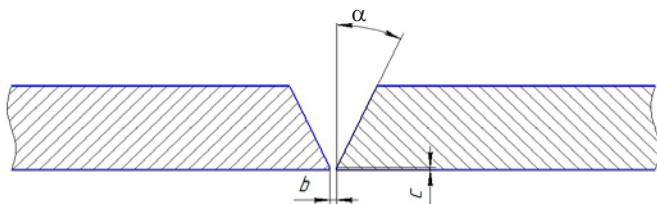


Рис. 2.2. Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин: α – угол разделки кромок, град.; b – зазор в стыке, мм; c – притупление, мм

9. Собрать свариваемые пластины на прихватках (два стыка).
10. Произвести сварку образцов на режимах сварки, заданных преподавателем по вариантам прил. 2. Первый образец заварить автоматической аргодуговой сваркой, второй образец – автоматической аргодуговой сваркой с управляемым тепловложением.
11. Дать остыть металлу выполненных участков шва до комнатной температуры.

Алгоритм обработки экспериментальных данных

1. Произвести замер корневого слоя шва (рис. 2.3). Результаты измерения оформить в виде таблицы по форме (табл. 2.1).

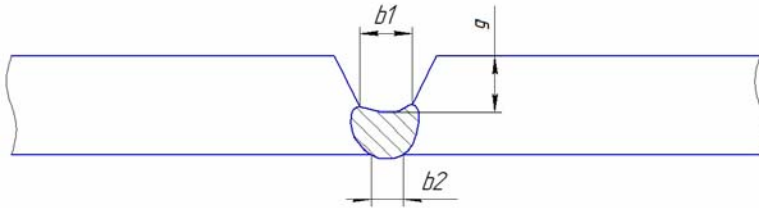


Рис. 2.3. Стыковое соединение: b_1 – ширина корневого слоя шва; b_2 – ширина проплава; g – величина ослабления сечения

Таблица 2.1

Результаты измерения размеров корневого слоя шва

Номер образ-ца	Способ сварки	Размеры шва				Отношение площади про-варов (S_{max}/S_{min})
		b_1 , мм	b_2 , мм	g , мм	S , мм ²	
1	Автоматическая аргодуговая сварка					
2	Автоматическая аргодуговая сварка с управляемым тепло-вложением					

2. Зарисовать эскизы полученных сварных соединений с указанием размеров корневого слоя шва (рис. 2.4).

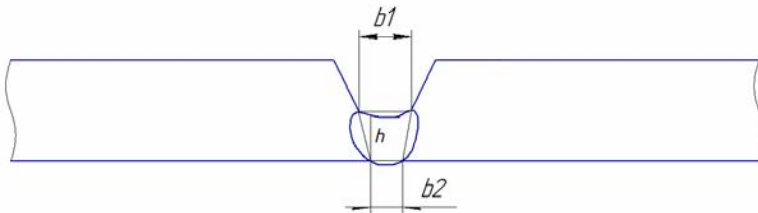


Рис. 2.4. Схема поперечного сечения корневого слоя шва: b_1 – ширина корневого слоя шва; b_2 – ширина проплава; h – высота корневого слоя шва

3. Зная ширину корневого слоя шва и ширину проплава, рассчитать площадь провара по формуле

$$S = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \cdot h. \quad (2.1)$$

Результаты расчетов занести в табл. 2.1.

4. Зная площадь провара корневого слоя шва у двух сварных соединений, определить относительное увеличение площади провара корневого слоя шва, сваренного автоматической аргонодуговой сваркой с управляемым тепловложением. Заполнить последний столбец табл. 2.1.

Вывод

На основании полученных результатов сделать вывод о влиянии двух способов сварки на размеры и форму провара корневого слоя шва в зависимости от параметров режима сварки.

Заключение

Сделать вывод о применении способа сварки, позволяющего повысить эффективность передачи тепла от дуги к изделию в зависимости от размера и формы корневого слоя шва.

Содержание отчёта

1. Формулировка названия лабораторной работы.
2. Формулировка цели проведения лабораторной работы.
3. Исходные данные, описание образцов (указать их размеры и форму).
4. Описание оборудования и материалов.
5. Эскиз параметров подготовки и сборки свариваемых пластин.
6. Таблица с параметрами режима сварки.
7. Эскизы полученных сварных соединений с указанием размеров корневого слоя шва.
8. Таблица результатов измерения размеров корневого слоя шва (табл. 2.1).
9. Вывод.
10. Заключение.

Контрольные вопросы

1. Какие режимы сварки влияют на размеры и форму корневого слоя шва?
2. Как влияет сила тока дуги на размеры и форму корневого слоя шва?
3. Как влияет скорость сварки на размеры и форму корневого слоя шва?
4. От каких параметров зависит погонная энергия?
5. Какое оборудование использовалось при проведении лабораторных работ?

Список литературы

1. Ерохин, А.А. Основы сварки плавлением. Физико-химические закономерности / А.А. Ерохин. – М. : Машиностроение, 1973. – 448 с.
2. Исследование процесса управления пространственным положением дуги за счет изменения параметров ее собственного магнитного поля / И.В. Смирнов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 10. – С. 64–71.
3. Расчётная оценка энергоэффективности процесса дуговой сварки с управляемым тепловложением / В.П. Сидоров [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 7. – С. 170–174.

Лабораторная работа 3

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ НЕПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ С УПРАВЛЯЕМЫМ ТЕПЛОВЛОЖЕНИЕМ

Цель работы: повышение производительности и снижение энергопотребления процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.

Задачи лабораторной работы

1. Рассчитать затраты электроэнергии на образование единицы площади сварного соединения при использовании двух способов сварки: сварка неплавящимся электродом и сварка неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.
2. Рассчитать, на сколько повысится производительность и снизится энергопотребление процесса сварки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по сравнению с дуговой сваркой неплавящимся электродом при формировании одинаковой площади сечения сварного шва.

Исходные данные к выполнению работы

- заготовки из изучаемой марки стали (выдаются лаборантом);
- марка стали образцов (указывается в задании на работу);
- режимы сварки (указываются в задании на работу);
- тип соединения (указывается в задании на работу).

Исходные данные по вариантам смотри в прил. 2.

Краткие теоретические сведения

Для оценки энергоэффективности процессов сварки необходимо прежде всего чётко понимать и представлять себе механизмы и закономерности, которые будут определять эффективность использования энергии при сварке. В процессе дуговой сварки происходит преобразование электрической энергии в тепловую. Это преобразование происходит в сварочной дуге, от которой в дальнейшем тепло передаётся свариваемому изделию.

Энергоэффективность процессов дуговой сварки будет определяться тем, насколько полно тепло от сварочной дуги передаётся основному металлу и насколько эффективно используется введённое в тело тепло для расплавления основного металла и получения сварного соединения.

Для того чтобы оценить энергоэффективность процесса дуговой сварки, необходимо чётко представлять, какие параметры характеризуют эффективность передачи тепла от сварочной дуги к свариваемому изделию и в каком направлении можно воздействовать на эти параметры для увеличения энергоэффективности процесса дуговой сварки. Наиболее энергоэффективными являются мягкие режимы сварки, т. е. режимы при небольших значениях сварочного тока и невысокой скорости сварки. Жесткие режимы, характеризующиеся сваркой при высоких значениях сварочного тока и высоких скоростях, считаются менее энергоэффективными. Однако вопрос об энергоэффективности режимов сварки следует решать не просто по средним значениям эффективной и погонной энергии сварки, но также учитывая различные характеристики источников тепла, которые могут влиять на эффективность передачи тепла от сварочной дуги к свариваемому изделию.

Методика определения затрат энергии на формирование единицы площади сечения шва

Методика определения затрат энергии на формирование единицы площади сечения шва будет базироваться на стандартных электротехнических расчётах.

Чтобы рассчитать величину электрической энергии, которая преобразуется с некоторым КПД в тепловую энергию и идёт на формирование единицы площади поперечного сечения шва, необходимо знать площадь поперечного сечения шва, а также величину электрической энергии, затрачиваемой на формирование элементарной площади поперечного сечения шва:

$$E = \frac{Q}{S}, \quad (3.1)$$

где Q – электрическая энергия, затрачиваемая на формирование элементарной площади поперечного сечения шва, Вт·с; S – площадь сечения шва, см².

Чтобы рассчитать площадь провара, необходимо знать ширину корневого слоя шва b_1 и ширину проплава b_2 :

$$S = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \cdot h, \quad (3.2)$$

где h – высота шва.

Электрическая энергия, затрачиваемая на формирование элементарной площади поперечного сечения шва, рассчитывается по формуле

$$Q = q_n t, \quad (3.3)$$

где q_n – эффективная мощность дуги, Вт; t – время, за которое сварочная дуга проходит над каждым элементарным сечением вдоль оси шва, с.

Эффективная мощность дуги рассчитывается по формуле

$$q_n = I_d U_d \eta, \quad (3.4)$$

где I_d – сила сварочного тока дуги, А; U_d – напряжение на дуге, В; η – КПД процесса сварки (значение КПД процесса сварки берется по данным работ [1–3]).

Время, за которое сварочная дуга проходит над каждым элементарным сечением вдоль оси шва, рассчитывается по формуле

$$t = \frac{R_{эф}}{V_{св}}, \quad (3.5)$$

где $R_{эф}$ – эффективный радиус пятна нагрева сварочной дуги, см; $V_{св}$ – скорость сварки, см/с.

Эффективный радиус пятна нагрева сварочной дуги рассчитывается по формуле

$$R_{эф} = \frac{1,73}{\sqrt{k}}, \quad (3.6)$$

где k – коэффициент сосредоточенности теплового потока дуги, см^{-2} ($k = 7 \pm 1 \text{ см}^{-2}$ [2; 3]).

Рассчитав величину энергии, затрачиваемой на создание элементарного сечения шва, и площадь этого сечения, можно рассчитать величину энергии, расходуемой на создание единицы площади сечения сварного шва, по формуле (3.1).

Используемое оборудование и материалы

Для сварки используется установка с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости, в состав которой входят:

- 1) источник питания – инверторный сварочный источник питания постоянного тока марки СМТ-1.2;
- 2) самоходный портал установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости;
- 3) сварочная головка с тремя степенями подвижности и разделённым двухплечевым токоподводом.

Подробное описание работы и характеристики установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости описаны в п. 3 лабораторной работы 1.

Понадобится также штангенциркуль (тип I) для измерения размеров сварного шва.

Методика проведения эксперимента

1. Получить задание у преподавателя.
2. Получить заготовки для сварки у лаборанта.
3. Записать исходные данные по работе.
4. Ознакомиться с краткими теоретическими сведениями по теме лабораторной работы.
5. Ознакомиться с принципом и порядком работы лабораторного оборудования.
6. Ознакомиться с правилами техники безопасности при проведении лабораторной работы.
7. Настроить пост сварки для проведения сварочных работ по предлагаемому в задании способу сварки.
8. Подготовить и произвести сборку свариваемых пластин. Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин приведены в табл. 1 прил. 1.

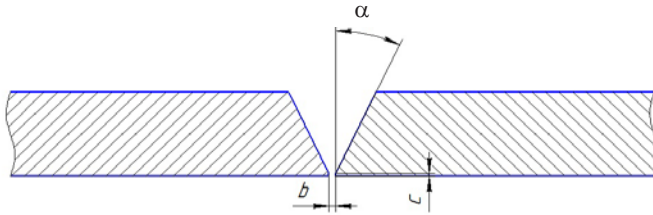


Рис. 3.1. Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин:
 α – угол разделки кромок, град.; b – зазор в стыке, мм;
 c – притупление, мм

9. Собрать свариваемые пластины на прихватках (три стыка).
10. Произвести сварку трех образцов по режимам сварки, указанным в вар. 1–6 прил. 2. Первый образец заварить автоматической аргодуговой сваркой, второй и третий – автоматической аргодуговой сваркой с управляемым тепловложением.
11. Дать остыть металлу выполненных участков шва до комнатной температуры.
12. Произвести замер корневого слоя шва (рис. 3.2). Результаты измерения оформить в виде таблицы по форме (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Результаты измерения размеров корневого слоя шва

Номер образца	Способ сварки	Размеры шва			S , см ²	Q , Вт·с	E , (Вт·с)/см ²	Повышение эффективности затрат энергии, %
		b_1 , мм	b_2 , мм	g , мм				
1	Автоматическая аргодуговая сварка							
2	Автоматическая аргодуговая сварка							
3	с управляемым тепловложением							

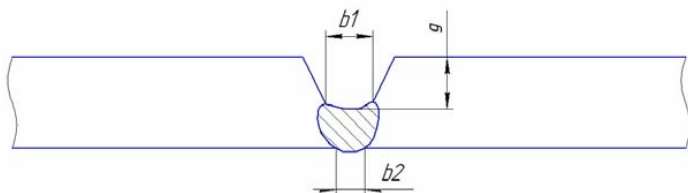


Рис. 3.2. Стыковое соединение: b_1 – ширина корневого слоя шва; b_2 – ширина проплава; g – величина ослабления сечения

Алгоритм обработки экспериментальных данных

1. Рассчитать площадь сечения шва S по формуле (3.2) п. 2.1.
2. Рассчитать эффективную мощность дуги по формуле (3.4).
Значение КПД процесса сварки взять $\eta = 0,75$.
3. Рассчитать эффективный радиус пятна нагрева сварочной дуги по формуле (3.6). Коэффициент сосредоточенности теплового потока дуги для $I_{cb} = 110$ А взять $k = 7$ см², для $I_{cb} = 150–170$ А взять $k = 6$ см².
4. Рассчитать время, за которое сварочная дуга проходит над каждым элементарным сечением вдоль оси шва, по формуле (3.5).
5. Рассчитать электрическую энергию, затрачиваемую на формирование элементарной площади поперечного сечения шва Q , по формуле (3.3).
6. Рассчитать величину электрической энергии E , которая преобразуется с некоторым КПД в тепловую энергию и идёт на формирование единицы площади поперечного сечения шва, по формуле (3.1).
Результаты расчетов занести в табл. 3.1.
7. Рассчитать, на сколько повысится производительность процесса сварки с управляемым тепловложением по сравнению с дуговой сваркой неплавящимся электродом при формировании одинаковой площади сечения сварного шва.
8. Рассчитать, на сколько снизится энергопотребление процесса сварки с управляемым тепловложением по сравнению с дуговой сваркой неплавящимся электродом при формировании одинаковой площади сечения сварного шва.

Выводы

Сделать вывод о затратах электрической энергии при сравнении двух способов сварки.

Заключение

Сделать вывод о величине повышения производительности и снижения энергопотребления процесса сварки с управляемым тепловложением по сравнению с дуговой сваркой неплавящимся электродом при формировании одинаковой площади сечения сварного шва.

Содержание отчёта

1. Формулировка названия лабораторной работы.
2. Формулировка цели проведения лабораторной работы.
3. Исходные данные, описание образцов (указать их размеры и форму).
4. Описание оборудования и материалов.
5. Эскиз параметров подготовки и сборки свариваемых пластин.
6. Таблица с параметрами режима сварки.
7. Таблица результатов измерений и расчётов (табл. 3.1).
8. Вывод.
9. Заключение.

Контрольные вопросы

1. От каких параметров зависит величина электрической энергии?
2. Как рассчитать площадь провара?
3. Как рассчитать электрическую энергию?
4. От чего зависит повышение производительности процесса?
5. От чего зависит снижение энергопотребления процесса?
6. Что нужно сделать с током и скоростью сварки, чтобы получить одинаковую площадь сечения при сварке?

Список литературы

1. Сараев, Ю.Н. Математическое моделирование технологических процессов импульсной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом / Ю.Н. Сараев, Р.А. Кректулева, В.А. Косяков // Сварочное производство. – 1997. – № 4. – С. 2–4.
2. Судник, В.А. Математическая модель источника теплоты при дуговой сварке плавящимся электродом в смеси защитных газов. Ч. 1. Нормальный процесс / В.А. Судник, А.В. Иванов // Сварочное производство. – 1998. – № 9. – С. 3–9.
3. Судник, В.А. Расчетно-экспериментальные модели движущейся дуги неплавящегося электрода в аргоне / В.А. Судник, А.С. Рыбаков // Сварочное производство. – 1990. – № 11. – С. 32–34.
4. Исследование процесса управления пространственным положением дуги за счет изменения параметров ее собственного магнитного поля / И.В. Смирнов [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2011. – № 10. – С. 64–71.
5. Расчётная оценка энергоэффективности процесса дуговой сварки с управляемым тепловложением / В.П. Сидоров [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – 2012. – № 7. – С. 170–174.

Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин

Параметры подготовки и сборки	Толщина свариваемых пластин (δ), мм		
	4	8	12
α , град.	30	20	20
b , мм	0	1	1
c , мм	0,5 ^{+0,5}	0	0

Исходные данные к выполнению работы**Вариант 1**

Параметры режима сварки без подачи присадочного материала

Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки*						
		I , А	$V_{св}^{**}$, мм/с	L_d , мм	f , Гц	I_n , А	Баланс, %	t_n , %
Автоматическая аргодуговая сварка	4	110	1,2	4	–	–	–	–
Автоматическая аргодуговая сварка с управляемым тепловложением	4	110	1,2	4	0,2	55	50	10

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; L_d – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; I_n – сварочный ток нахлёста, А; t_n – время нахлёста, %.

** – в процессе сварки скорость сварки равна 680 у. е.

Вариант 2

Параметры режима сварки без подачи присадочного материала

Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки*						
		I , А	$V_{св}^{**}$, мм/с	L_d , мм	f , Гц	I_n , А	Баланс, %	t_n , %
Автоматическая аргодуговая сварка	8	160	0,9	4	–	–	–	–
Автоматическая аргодуговая сварка с управляемым тепловложением	8	160	0,9	4	0,2	80	50	10

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; L_d – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; I_n – сварочный ток нахлёста, А; t_n – время нахлёста, %.

** – в процессе сварки скорость сварки равна 410 у. е.

Вариант 3

Параметры режима сварки без подачи присадочного материала

Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки*						
		I , А	$V_{св}^{**}$, мм/с	L_d , мм	f , Гц	I_n , А	Баланс, %	t_n , %
Автоматическая аргонодуговая сварка	12	160	0,55	4	–	–	–	–
Автоматическая аргонодуговая сварка с управляемым тепловложением	12	160	0,55	4	0,2	80	50	10

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; L_d – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; I_n – сварочный ток нахлёста, А; t_n – время нахлёста, %.

** – в процессе сварки скорость сварки равна 280 у. е.

Вариант 4

Параметры режима сварки с подачей присадочного материала

Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки*							
		I , А	$V_{св}^{**}$, мм/с	$V_{п.п}^{***}$, мм/с	L_d , мм	f , Гц	I_n , А	Баланс, %	t_n , %
Автоматическая аргонодуговая сварка	4	110	1,1	9	4	–	–	–	–
Автоматическая аргонодуговая сварка с управляемым тепловложением	4	110	1,1	9	4	0,2	55	50	10

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; $V_{п.п}$ – скорость подачи сварочной проволоки, мм/с; L_d – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; I_n – сварочный ток нахлёста, А; t_n – время нахлёста, %.

** – в процессе сварки скорость сварки равна 600 у. е.

*** – в процессе сварки скорость подачи сварочной проволоки равна 700 у. е.

Вариант 5

Параметры режима сварки с подачей присадочного материала

Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки*							
		I , А	$V_{св}^{**}$, мм/с	$V_{п.п}^{***}$, мм/с	L_d , мм	f , Гц	I_H , А	Баланс, %	t_H , %
Автоматическая аргодуговая сварка	8	160	0,6	12	4	—	—	—	—
Автоматическая аргодуговая сварка с управляемым тепловложением	8	160	0,6	12	4	0,2	80	50	10

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; $V_{п.п}$ – скорость подачи сварочной проволоки, мм/с; L_d – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; I_H – сварочный ток нахлёста, А; t_H – время нахлёста, %.

** – в процессе сварки скорость сварки равна 300 у. е.

*** – в процессе сварки скорость подачи сварочной проволоки равна 1100 у. е.

Вариант 6

Параметры режима сварки с подачей присадочного материала

Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки*							
		I , А	$V_{св}^{**}$, мм/с	$V_{п.п}^{***}$, мм/с	L_d , мм	f , Гц	I_H , А	Баланс, %	t_H , %
Автоматическая аргодуговая сварка	12	170	0,6	3,5	4	—	—	—	—
Автоматическая аргодуговая сварка с управляемым тепловложением	12	170	0,6	3,5	4	0,2	85	50	10

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; $V_{п.п}$ – скорость подачи сварочной проволоки, мм/с; L_d – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; I_H – сварочный ток нахлёста, А; t_H – время нахлёста, %.

** – в процессе сварки скорость сварки равна 300 у. е.

*** – в процессе сварки скорость подачи сварочной проволоки равна 300 у. е.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

Лабораторная работа № 1
по курсу «_____»

**Определение области применения способа сварки дугой
с управляемым тепловложением**

Выполнил(а):
студент группы _____
Фамилия И.О. _____

Принял:
доцент кафедры «СОМДиРП», канд. техн. наук
Смирнов И.В. _____

Тольятти, 2015

1. Цель работы: установить диапазон параметров процесса сварки дугой с управлением пространственным положением дуги за счет изменения ее магнитного поля, таких как расстояние от точки токоподвода до оси шва, частота переключений токоподвода, сила тока дуги.

2. Задачи лабораторной работы

1. Определить расстояние от оси электрода до токоподвода, при котором начинает исчезать эффект отклонения дуги.
2. Определить минимальное значение сварочного тока, при котором наблюдается эффект отклонения дуги.
3. Определить частоту изменения направления токоподвода, при котором наблюдается эффект отклонения дуги.

3. Исходные данные:

- пластина из стали Ст3сп размером _____ мм;
- пространственное положение при сварке – нижнее;
- скорость сварки – 0 см/с;
- установочная длина сварочной дуги – 3 мм;
- расход защитного газа – 12 л/мин;

4. Описание оборудования и материалов

1. Используется установка для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости, в которую включены:

1) источник питания – инверторный сварочный источник питания постоянного тока марки СМТ-1.2;

2) самоходный портал установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости;

3) сварочная головка с тремя степенями подвижности и разделённым двухплечевым токоподводом.

2. Для регистрации пространственного положения сварочной дуги используется фотоаппарат цифровой Casio Exilim EX-FH25 со съёмкой в режиме скоростной фотосъёмки со скоростью 30 кадр/с и в режиме скоростной видеосъёмки со скоростью 120 кадр/с.

3. Защитный газ аргон высшего сорта.

4. Вольфрамовый лантанированный электрод Weldo диаметром 3 мм.

Решение задачи № 1

Определить максимальное расстояние расположения токоподвода от оси электрода, при котором начинает исчезать эффект отклонения дуги.

Порядок выполнения работы

1. Получить у лаборанта стальную пластину.
2. Стальную пластину жёстко закрепить по четырём её углам на рабочем столике портала установки.
3. Взять токоподвод и установить его на поверхности пластины на расстоянии от оси электрода $h_1 = 10$ мм.
4. На источнике питания установить силу сварочного тока 40 А.
5. Зажечь дугу. В процессе сварки путём плавного увеличения расстояния контакта токоподвода от оси электрода визуально определить, когда начинает исчезать эффект отклонения сварочной дуги.
6. После сварки необходимо с помощью металлической линейки измерить расстояние от контакта токоподвода до оси электрода, при котором исчезал эффект отклонения дуги. Результаты измерений занести в табл. 1.
7. Все опыты необходимо провести на силах сварочного тока, приведенных в табл. 1. Результаты измерений занести в табл. 1.
8. Аналогичные опыты, согласно п. 3–7, провести, когда контакты токоподвода расположены на одинаковом расстоянии от оси электрода с двух сторон.

Результаты работы и их анализ

Результаты измерений приведены в табл. 1.

Используя экспериментальные данные, приведенные в табл. 1, построим зависимости $I = f(h)$. Зависимости приведены на рис. 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты измерений максимального расстояния расположения токоподвода от оси электрода, при котором начинает исчезать эффект отклонения дуги

№ опыта	Сила тока, А	Расстояние от оси электрода до токоподвода, мм	
		с одной стороны	с двух сторон
1	40		
2	50		
3	60		
4	70		
5	80		
6	90		
7	100		
8	110		
9	120		
10	130		
11	140		
12	150		
13	160		
14	170		
15	180		
16	190		
17	200		

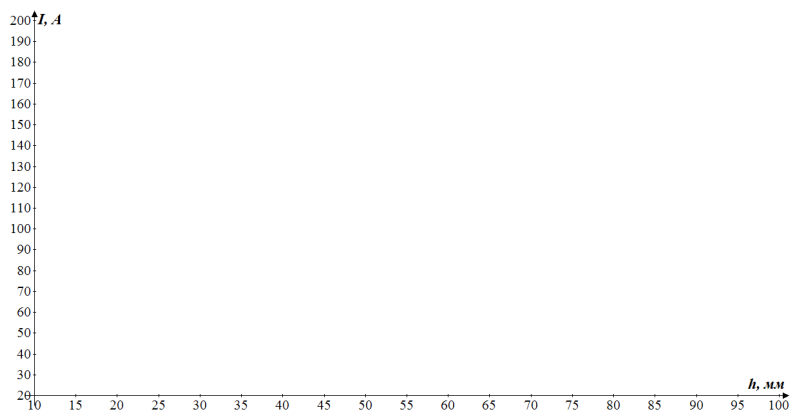


Рисунок 1 – Зависимость максимального расстояния расположения контакта токоподвода от силы сварочного тока, при котором исчезает эффект отклонения дуги (токоподвод расположен с одной стороны)

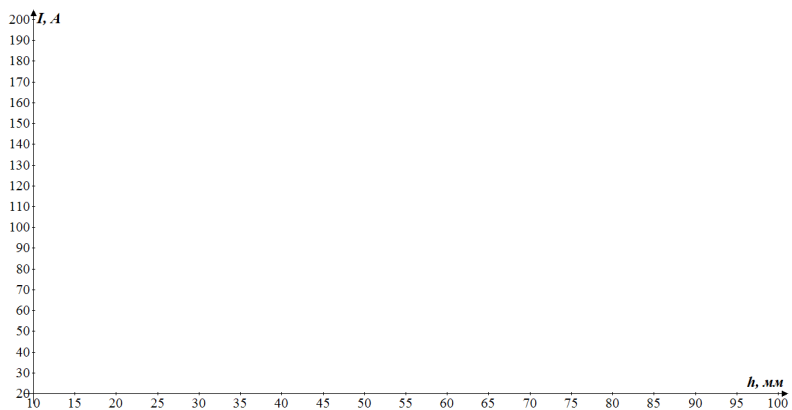


Рисунок 2 — Зависимость максимального расстояния расположения контакта токоподвода от силы сварочного тока, при котором исчезает эффект отклонения дуги (токоподвод расположен с двух сторон)

Анализ полученных результатов _____

Вывод _____

Решение задачи № 2

Определить минимальное значение сварочного тока, при котором наблюдается эффект отклонения дуги.

Порядок выполнения работы

1. Получить у лаборанта стальную пластину.
2. Стальную пластину жёстко закрепить по четырём её углам на рабочем столике портала установки.
3. Взять сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом и установить расстояние от центра скользящего контакта токоподвода до оси электрода $h_1 = 10$ мм.
4. Закрепить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на портале.
5. Установить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на поверхности пластины, так чтобы контакты токоподвода плотно прижимались к поверхности пластины.
6. Зажечь дугу. В процессе сварки путём плавного увеличения силы сварочного тока определить минимальное значение сварочного тока, при котором начинает визуально наблюдаться эффект отклонения сварочной дуги.
7. Затем установить расстояние от оси электрода до центра скользящего контакта токоподвода

$$h_2 = 20 \text{ мм}, \dots, h_n = h \cdot n,$$

где $h = 10$ мм, n – количество экспериментов.

Расстояние от оси электрода до центра скользящего контакта токоподвода изменять с шагом в 10 мм. Для каждого значения расстояния путём плавного увеличения силы сварочного тока определить минимальное значение сварочного тока, при котором начинает визуально наблюдаться эффект отклонения сварочной дуги.

Результаты работы и их анализ

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Используя экспериментальные данные, приведенные в таблице 1, построим зависимость $I_{\min} = f(h)$. Эта зависимость приведена на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты измерений минимального значения сварочного тока в зависимости от расстояния токоподвода до оси электрода

№ опыта	Расстояние от оси электрода до токоподвода, мм	Сила тока, А
1	10	
2	20	
3	30	
4	40	
5	50	
6	60	
7	70	
8	80	

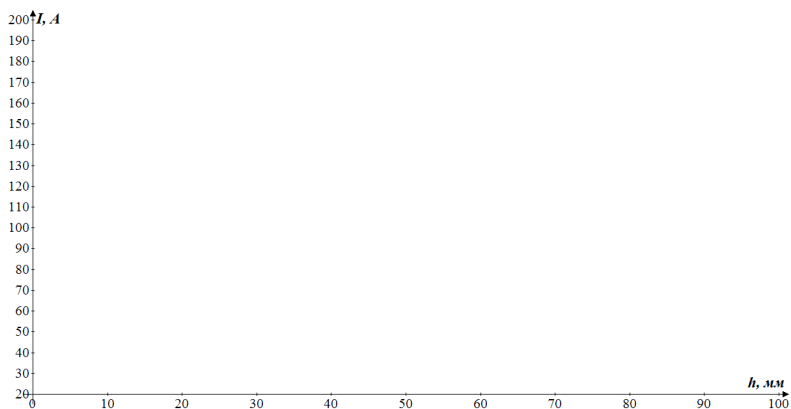


Рисунок 1 – Зависимость минимального значения силы сварочного тока от расстояния токоподвода, при котором исчезает эффект отклонения дуги (токоподвод расположен с двух сторон)

Анализ полученных результатов _____

Вывод _____

Решение задачи № 3

Определить частоту изменения направления токоподвода, при которой наблюдается эффект отклонения дуги.

Порядок выполнения работы

1. Получить у лаборанта стальную пластину.
2. Стальную пластину жёстко закрепить по четырём её углам на рабочем столике портала установки.
3. Взять сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом и установить расстояние от оси электрода до центра скользящего контакта токоподвода, заданное преподавателем.
4. Закрепить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на портале.
5. Установить сварочную головку с двухплечевым разделённым токоподводом на поверхности пластины, так чтобы контакты токоподвода плотно прижимались к поверхности пластины.
6. На источнике питания установить силу сварочного тока 200 А.
7. Зажечь дугу. В процессе сварки путём плавного увеличения частоты коммутации тока определить максимальную частоту коммутации тока, при которой наблюдается эффект отклонения дуги (т. е. частоту, при которой дуга успевает реагировать на изменение направления токоподвода).

Результаты работы и их анализ

Результаты измерений приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты измерений частоты изменения направления токоподвода, при котором наблюдается эффект отклонения дуги

№ опыта	Сила тока, А	Расстояние от оси электрода до токоподвода, мм	Частота коммутации тока, Гц
1	200	10	
2	200	45	
3	200	80	

Анализ полученных результатов _____

Вывод _____

Заключение

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

Лабораторная работа № 2
по курсу «_____»

**Оценка эффективности ввода тепла в изделие
при применении способа сварки с управляемым тепловложением**

Выполнил(а):
студент группы _____
Фамилия И.О. _____

Принял:
доцент кафедры «СОМДиРП»,
канд. техн. наук
Смирнов И.В. _____

Тольятти, 2015

1. Цель работы: изучить влияние двух способов сварки на формирование корневого слоя шва при одинаковых режимах сварки.

2. Задачи лабораторной работы

1. Рассчитать размеры и площадь провара корневого слоя шва, сваренного автоматической аргодуговой сваркой.
2. Рассчитать размеры и площадь провара корневого слоя шва, сваренного автоматической аргодуговой сваркой с управляемым тепловложением.

3. Исходные данные:

- пластина из стали Ст3сп размером _____ мм;
- тип соединения _____;
- параметры подготовки и сборки свариваемых пластин $\alpha =$ _____ град., $b =$ _____ мм, $c =$ _____ мм;
- режимы сварки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы сварки

Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки*							
		I , А	$V_{св}$, мм/с	$Q_{Аг}$, л/мин	$L_{д}$, мм	f , Гц	$I_{н}$, А	Баланс, %	$t_{н}$, %
Автоматическая аргодуговая сварка						-	-	-	-
Автоматическая аргодуговая сварка с управляемым тепловложением									

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; $L_{д}$ – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; $I_{н}$ – сварочный ток нахлёста, А; $t_{н}$ – время нахлёста, %.

4. Описание оборудования и материалов

1. Используется установка для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости, включающая:

- 1) источник питания – инверторный сварочный источник питания постоянного тока марки СМТ-1.2;

2) самоходный портал установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости;

3) сварочную головку с тремя степенями подвижности и разделённым двухплечевым токоподводом.

2. Защитный газ аргон высшего сорта.

3. Вольфрамовый лантанированный электрод Weldo диаметром 3 мм.

Решение задачи № 1

Рассчитать размеры и площадь провара корневого слоя шва, сваренного автоматической аргонодуговой сваркой.

Порядок выполнения работы

1. Настроить пост сварки для проведения сварочных работ по предлагаемому в задании способу сварки.

2. Подготовить и произвести сборку свариваемых пластин (рис. 1).

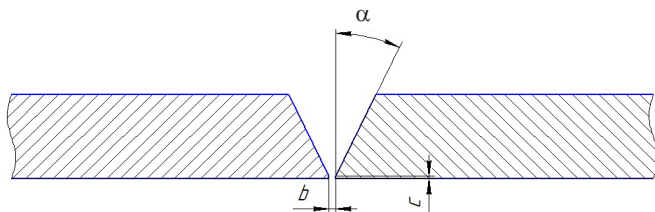


Рисунок 1 – Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин:

α – угол разделки кромок, град.; b – зазор в стыке, мм;

c – притупление, мм

3. Собрать свариваемые пластины на прихватках (два стыка).
4. Заварить образец автоматической аргонодуговой сваркой по режимам, указанным в табл. 1.

5. Дать остыть металлу до комнатной температуры.

6. Произвести замер корневого слоя шва (рис. 2).

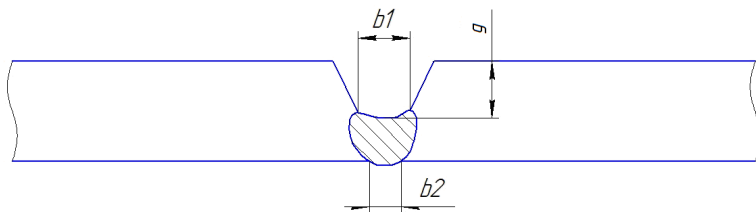


Рисунок 2 – Стыковое соединение: b_1 – ширина корневого слоя шва; b_2 – ширина проплава; g – величина ослабления сечения

Результаты работы

1. Результаты измерений размеров корневого слоя шва приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения размеров корневого слоя шва

№ образца	Способ сварки	Размеры шва			
		b_1 , мм	b_2 , мм	g , мм	S , мм ²
1	Автоматическая аргонодуговая сварка				

2. Эскиз полученного сварного соединения с указанием размеров корневого слоя шва

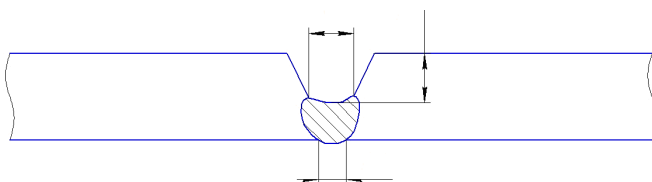


Рисунок 3 – Эскиз поперечного сечения корневого слоя шва

3. Рассчитать площадь провара по формуле (1). Результат расчета занести в таблицу 2.

$$S = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \cdot h. \quad (1)$$

Решение задачи № 2

Рассчитать размеры и площадь провара корневого слоя шва, сваренного автоматической аргодуговой сваркой с управляемым тепловложением.

Порядок выполнения работы

1. Настроить пост сварки для проведения сварочных работ по предлагаемому в задании способу сварки.
2. Подготовить и произвести сборку свариваемых пластин (рис. 1).

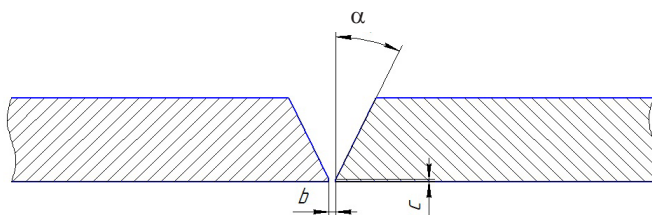


Рисунок 1 – Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин:
 α – угол разделки кромок, град.; b – зазор в стыке, мм;
 c – притупление, мм

3. Собрать свариваемые пластины на прихватках (два стыка).
4. Заварить образец автоматической аргодуговой сваркой по режимам, указанным в табл. 1.
5. Дать остыть металлу до комнатной температуры.
6. Произвести замер корневого слоя шва (рис. 2).

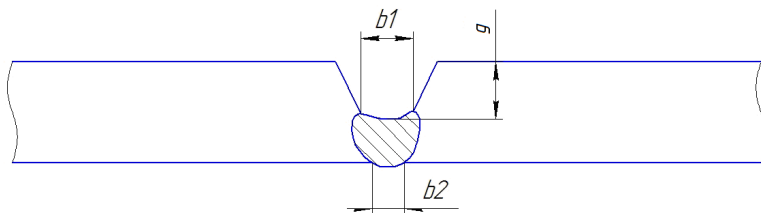


Рисунок 2 – Стыковое соединение: b_1 – ширина корневого слоя шва;
 b_2 – ширина проплава; g – величина ослабления сечения

Результаты работы

1. Результаты измерений размеров корневого слоя шва приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения размеров корневого слоя шва

№ образца	Способ сварки	Размеры шва			
		b_1 , мм	b_2 , мм	g , мм	S , мм ²
1	Автоматическая аргодуговая сварка				

2. Эскиз полученного сварного соединения с указанием размеров корневого слоя шва.

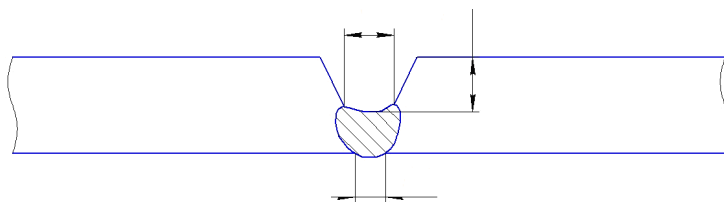


Рисунок 3 – Эскиз поперечного сечения корневого слоя шва

3. Рассчитать площадь провара по формуле (1). Результат расчета занести в табл. 2.

$$S = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \cdot h. \quad (1)$$

Анализ полученных результатов

Заключение

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
Кафедра «Сварка, обработка материалов давлением
и родственные процессы»

Лабораторная работа № 3
по курсу «_____»

**Повышение энергоэффективности процесса аргонодуговой сварки
неплавящимся электродом с управляемым тепловложением**

Выполнил(а):
студент группы _____
Фамилия И.О. _____

Принял:
доцент кафедры «СОМДиРП»,
канд. техн. наук
Смирнов И.В. _____

Тольятти, 2015

1. Цель работы: повышение производительности и снижение энергопотребления процесса аргонодуговой сварки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.

2. Задачи лабораторной работы

1. Рассчитать затраты электроэнергии на образование единицы площади сварного соединения при использовании двух способов сварки: сварки неплавящимся электродом и сварки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.

2. Рассчитать величину повышения производительности и снижение энергопотребления процесса сварки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением по сравнению с дуговой сваркой неплавящимся электродом при формировании одинаковой площади сечения сварного шва.

3. Исходные данные:

- пластина из стали СтЗсп размером _____ мм;
- тип соединения _____;
- параметры подготовки и сборки свариваемых пластин $\alpha =$ _____ град., $b =$ _____ мм, $c =$ _____ мм;
- режимы сварки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы сварки

№ п/п	Способ сварки	δ , мм	Режимы сварки *								
			I , А	$V_{св}$, мм/с	$Q_{Ар}$, л/мин	L_d , мм	f , Гц	I_n , А	Баланс, %	t_n , %	
1	Автоматическая аргонодуговая сварка							–	–	–	–
2	Автоматическая аргонодуговая сварка										
3	с управляемым тепловложением										

Примечание

* δ – толщина свариваемых пластин, мм; I – сила сварочного тока, А; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; L_d – длина дуги, мм; f – частота коммутации тока, Гц; I_n – сварочный ток нахлёста, А; t_n – время нахлёста, %.

4. Описание оборудования и материалов

1. Для сварки используется установка для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложением прямолинейных швов на плоскости, включающая:

1) источник питания – инверторный сварочный источник питания постоянного тока марки СМТ-1.2;

2) самоходный портал установки для энергосберегающей дуговой сварки в среде защитных газов с пространственно-параметрическим управлением тепловложения прямолинейных швов на плоскости;

3) сварочную головку с тремя степенями подвижности и разделённым двухплечевым токоподводом.

2. Защитный газ аргон высшего сорта.

3. Вольфрамовый лантанированный электрод Weldo диаметром 3 мм.

Решение задачи № 1

Рассчитать затраты электроэнергии на образование единицы площади сварного соединения при использовании двух способов сварки: сварки неплавящимся электродом и сварки неплавящимся электродом с управляемым тепловложением.

Порядок выполнения работы

1. Настроить пост сварки для проведения сварочных работ по предлагаемому в задании способу сварки.

2. Подготовить и произвести сборку свариваемых пластин (рисунок 1).

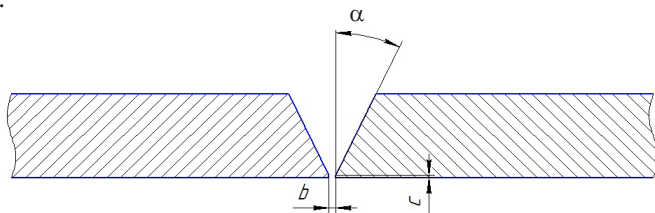


Рисунок 1 – Параметры подготовки и сборки свариваемых пластин:

α – угол разделки кромок, град.; b – зазор в стыке, мм;

c – притупление, мм

3. Собрать свариваемые пластины на прихватках (два стыка).
4. Заварить образец автоматической аргодуговой сваркой по режимам, указанным в таблице 1.
5. Дать остыть металлу до комнатной температуры.
6. Произвести замер корневого слоя шва (рисунок 2).

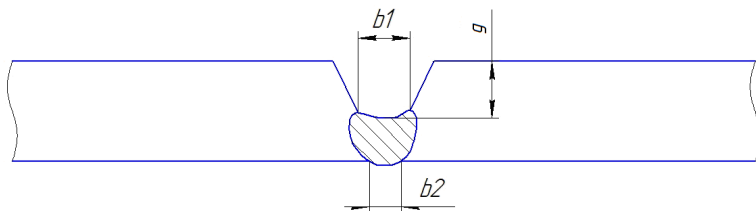


Рисунок 2 – Стыковое соединение: b_1 – ширина корневого слоя шва; b_2 – ширина проплава; g – величина ослабления сечения

Результаты работы

1. Результаты измерений размеров корневого слоя шва приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты измерения размеров корневого слоя шва

№ эксперимента	Способ сварки	Размеры шва			S , см ²	Q , Вт·с	E , (Вт·с)/см ²	Повышение эффективности затрат энергии, %
		b_1 , мм	b_2 , мм	g , мм				
1	Автоматическая аргодуговая сварка							
2	Автоматическая аргодуговая сварка с управляемым тепловложением							
3								

2. Рассчитать величину электрической энергии, которая преобразуется с некоторым КПД в тепловую энергию и идёт на формирование единицы площади поперечного сечения шва:

$$E = \frac{Q}{S}, \quad (1)$$

где Q – электрическая энергия, затрачиваемая на формирование элементарной площади поперечного сечения шва, Вт·с; S – площадь сечения шва, см².

3. Рассчитать площадь провара по формуле (2). Результат расчета занести в табл. 2.

$$S = \frac{(b_1 + b_2)}{2} \cdot h; \quad (2)$$

$$S_1 = ; S_2 = ; S_3 = .$$

4. Электрическую энергию, затрачиваемую на формирование элементарной площади поперечного сечения шва, рассчитываем по формуле

$$Q = q_{и} t, \quad (3)$$

где $q_{и}$ – эффективная мощность дуги, Вт; t – время, за которое сварочная дуга проходит над каждым элементарным сечением вдоль оси шва, с.

$$Q_1 = ; Q_2 = ; Q_3 = .$$

5. Эффективную мощность дуги определяем по формуле

$$q_{и} = I_{д} U_{д} \eta, \quad (4)$$

где $I_{д}$ – сила сварочного тока дуги, А; $U_{д}$ – напряжение на дуге, В; η – КПД дуги ($\eta = 0,75$).

$$q_{и1} = ; q_{и2} = ; q_{и3} = .$$

6. Время, за которое сварочная дуга проходит над каждым элементарным сечением вдоль оси шва, рассчитываем по формуле

$$t = \frac{R_{эф}}{V_{св}}, \quad (5)$$

где $R_{эф}$ – эффективный радиус пятна нагрева сварочной дуги, см; $V_{св}$ – скорость сварки, см/с.

$$t_1 = ; t_2 = ; t_3 = .$$

7. Эффективный радиус пятна нагрева сварочной дуги рассчитываем по формуле

$$R_{эф} = \frac{3,46}{2\sqrt{k}}, \quad (6)$$

где k – коэффициент сосредоточенности теплового потока дуги, см² ($k = 7 \pm 1$ см² [2]).

$$R_{эф1} = ; R_{эф2} = ; R_{эф3} = .$$

8. Рассчитав величину энергии, затрачиваемой на создание элементарного сечения шва, и площадь этого сечения, определяем величину энергии, расходуемой на создание единицы площади сечения сварного шва по формуле (1).

$$E_1 = ; E_2 = ; E_3 = .$$

9. Рассчитываем, на сколько повысится производительность процесса сварки с управляемым тепловложением по сравнению с дуговой сваркой неплавящимся электродом при формировании одинаковой площади сечения сварного шва.

10. Рассчитываем, на сколько снизится энергопотребление процесса сварки с управляемым тепловложением по сравнению с дуговой сваркой неплавящимся электродом при формировании одинаковой площади сечения сварного шва.

Анализ полученных результатов

Заключение
