МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Ижевский государственный технический университет

имени М.Т.Калашникова»

(ФГБОУ ВО ИжГТУ имени М.Т. Калашникова)

В.Г. Салангин, С.Ю. Кривушин

**Методические указания**

по выполнению курсовой работы

Рекомендовано советом института «СТМАиМ» ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» для использования в учебном процессе в качестве учебно-методических материалов (элемент УМКД) по дисциплине « Основы сварки плавлением» для студентов, обучающихся по направлению 15.03.01 «МАШИНОСТРОЕНИЕ», профиль - «Оборудование и технология сварочного производства»

Ижевск – 2018

УДК 621.791

Составители:

Салангин В.Г., канд..техн. наук, доцент, Кривушин С.Ю.,канд. техн. наук кафедры «Машины и технология обработки металлов

давлением и сварочное производство» ИжГТУ имени М.Т. Калашникова

Методические указания по выполнению курсовой работы по дисциплине «Основы сварки плавлением» для студентов, обучающихся по направлению 15.03.01 «МАШИНОСТРОЕНИЕ», профиль - «Оборудование и технология сварочного производства»

Рекомендовано советом института «СТМАиМ» ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова» для использования в учебном процессе в качестве учебно-методических материалов (элемент УМКД) для студентов, обучающихся по направлению 15.03.01 «МАШИНОСТРОЕНИЕ», профиль - «Оборудование и технология сварочного производства»

Аннотация

В предлагаемом пособии излагаются основные положения по достижению заданных параметров сварных соединений технологическими приемами, а также требования к содержанию курсовой работы.

© В.Г. Салангин, С.Ю. Кривушин составление, 2018

© ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», 2018

**1. Цели и задачи курсовой работы**

Основной целью курсовой работы (КР) является приобретение студентами навыков по практическому применению теоретических знаний, полученных при изучении курса «Основы сварки плавлением».

При выполнении курсовой работы студенты должны провести анализ технологической свариваемости заданного материала сварного соединения, осуществить выбор сварочных материалов, рассчитать технологические параметры режима и нормы времени, подобрать сварочное оборудование для указанного способа сварки, разработать технологическую карту.

**2. Тематика курсовых работ**

Тема курсовой работы – ***«Разработка технологии сварки плавлением соединения двух пластин»***. Технические задания на выполнение курсовой работы варьируется в зависимости от способа сварки плавлением, вида сварного соединения, его толщины, а также марки свариваемого материала. Индивидуальный вариант задания студенту выдается преподавателем (см. приложение 1). Например: *«Разработать технологическую карту сварки в среде углекислого газа соединения из стали 15Х25Т толщиной 8 мм и длиной 300 мм. Тип сварного соединения С2»*

**3. Содержание расчетно-пояснительной записки**

В расчетно-пояснительной записке (РПЗ) содержатся характеристика задания на проектирование технологии (см. приложение 2), анализ способа сварки соединения, оценка свариваемости и структурного состояния основного металла и металла шва, расчет режимов сварки и технико-экономических показателей предлагаемой технологии сварки. РПЗ должна включать в себя следующие разделы:

ВВЕДЕНИЕ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА СПОСОБА СВАРКИ

2. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СВАРИВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА

2.1. Химический состав и структура исходного металла

2.2. Оценка свариваемости материала и определение температуры подогрева заготовок перед сваркой

3. ВЫБОР СВАРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

4. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ

4.1. Расчет параметров при сварке под флюсом и в среде углекислого газа

4.2. Расчет параметров режима при РДС

5. Определение геометрических размеров сварного шва

6. ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТАЛЛА ШВА

6.1. Расчетное определение химического состава металла шва

6.2. Оценка условий получения однородной структуры металла в сварном соединении

7. Разработка технологии получения сварного соединения

8. Расчет технико-экономических показателей сварки соединения

9. ВЫБОР СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

10. ЗАПОЛНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

ПРИЛОЖЕНИЕ Технологическая карта процесс сварки

Курсовая работа оформляется в виде РПЗ на листах формата А4. Вид титульного листа представлен в приложении 3.

**4. Рекомендации по выполнению курсовой работы**

Во ***введении*** РПЗ следует привести определение сварки плавлением и сведения об областях применения определенного в задании материала и способа сварки при производстве сварных изделий (области применения конструкций, толщина металла, виды и расположение швов и пр.) [1-6].

**4.1. Характеристика способа сварки**

В описании способа сварки следует привести схему процесса, дать краткую его характеристику с указанием достоинств и недостатков [12-14, 16]. Необходимо так же проанализировать возможность и конечные результаты протекания физико-химических процессов взаимодействия расплавленного металла капли и ванны с защитной средой (газами и шлаком), характерных для заданного способа сварки предлагаемого материала.

**4.2. Анализ технологической свариваемости материала**

Анализ свариваемости материалов необходим для определения условий сварки, исключающих появление трещин в металле сварного соединения [7-9]. По его результатам определяют начальную температуру металла в зоне сварки, а так же погонную энергию сварки, которая в свою очередь влияет на скорость охлаждения металла по окончании сварки, его структуру и интенсивность внутренних напряжений.

**4.2.1. Химический состав и структура исходного металла**

В литературе [3-6] найти химический состав заданной стали, ее механические свойства и представить данные в виде таблицы.

Определение структуры заданной стали осуществляется по диаграмме Шеффлера, представленной на рис.1 [2,9]. Для основного металла по средним значениям концентрации (%) легирующих элементов первоначально рассчитываются эквивалентные значения хрома и никеля (%) по формулам:

ЭСr = %С r + %М o + 2%Т i + 2%Al + %Nb + 1,5%Si + %V; (1)

ЭNi = %Ni + 30%C + 30%N + 0,5%Мn. (2)

По значениям ЭСr и ЭNi на диаграмме Шеффлера наносится точка, соответствующая структуре стали. Если она попадает в зоны: А – сталь аустенитного класса; Ф – сталь ферритного класса; М – сталь мартенситного класса и т.п.

Если по диаграмме Шеффлера сталь попала в область А+Ф с содержанием феррита до 10 %, технологию ее сварки следует описывать как технологию сварки аустенитных сталей.

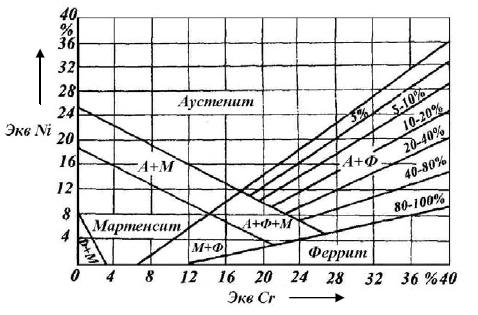


Рисунок 1. Диаграмма Шеффлера

**4.2.2. Оценка свариваемости материала и определение температуры подогрева заготовок перед сваркой**

Наиболее опасными дефектами сварного соединения, появляющимися при сварке являются горячие (ГТ), холодные (ХТ) и лямилярные трещины (ЛТ) [2,7-9]. Решающее значение на появление таких трещин оказывает химический состав материала и наличие в нем вредных примесей. На основании анализа химического состава (структуры), теплофизических свойств материала указать трудности сварки данной марки стали, требования к подготовке кромок, технологические приемы их решения для указанного способа сварки (предварительный подогрев, термообработка и т.п.).

Склонность соединения к горячим трещинам оценивается расчетно-статистическими показателями, исчисляемыми для заданного материала по данным табл. 1. [2,9]. Выполнив критериальную оценку, разрабатывают мероприятия по уменьшению склонности металла к ГТ при сварке.

Таблица 1. Показатели склонности материалов к ГТ.



Предотвращению ГТ способствуют оптимизация химического состава присадочного металла, ограничение S и P в основном металле, оптимизация погонной энергии сварки и формирование оптимальной формы сварного шва. С этой целью в курсовой работе, при необходимости, следует обратить внимание на выбор сварочной проволоки и параметров режима сварки (см. ниже).

Холодные и лямилярные трещины, как правило, появляются после сварки, чему в значительной степени способствуют высокие сварочные напряжения и неоднородная структура сварного соединения с высоким содержанием мартенсита. Для определения показателя свариваемости указанной марки по формуле (3) следует рассчитать эквивалентное содержание углерода (Сэ, %) [2,7-9]:

Сэ = С +Mn/6 + (Сr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu/)1/15 (3),

где С, Mn, Si, Cr, Ni, Си, V, Р – процентные доли углерода, марганца, хрома, молибдена, ванадия, никеля и меди в стали.

По свариваемости стали распределяются по следующим группам: хорошая - Сэ до 0,25%, удовлетворительная – Сэ от 0,25до 0, 35%, ограниченная – Сэ от 0,35 до 0,45% и плохая при Сэ свыше 0,45%. Для всех углеродистых сталей с Сэ ≥ 0,25%, необходимо оценить температуру предварительного подогрева металла в зоне сварки до Тп по выражению[17,18]:

(4)

где *S* – толщина металла, мм.

С увеличением толщины материала Тп возрастает, поэтому ее следует сопоставить с известными рекомендациями [15,17,20]. Если таковых не окажется, то назначить Тп (кратной х50°С) металла перед сваркой в разрабатываемый технологический процесс в соответствии с расчетом. Оценку склонности стали к лямилярным трещинам производят по аналогии с методами, применяемыми в отношении холодных трещин.

**4.3. Выбор сварочных материалов**

В зависимости от способа сварки марки свариваемого материала и толщины листов необходимо выбрать электрод, проволоку, их диаметр, а также флюс, газ. В РПЗ обязательно должна быть указана соответствующая ссылка. Как правило, в литературе для сварки одной стали рекомендуется несколько марок электродов или проволок [12-15]. Поэтому должно быть обоснование выбора, например, из соображений повышенной коррозионной стойкости, стойкости против образования кристаллизационных трещин, экономичности и т.д.

Для ручной сварки приводится обозначение электрода и дается его расшифровка (ГОСТ 9466), а также химический состав стержня.

Для сварочных проволок и флюса должны быть указаны марка и химический состав. Состав защитного газа регламентируется его маркой, а смеси газов, кроме того, процентным соотношением компонентов.

Для всех сварочных материалов необходимо указать ГОСТы, по которым они поставляются.

**4.4. Расчет параметров режима сварки**

Режим сварки влияет на формирование сварного шва и тепловое состояние материала в ОШЗ. От режимов сварки зависят размеры зоны проплавления, вероятность образования различных дефектов в сварном соединении. Основными параметрами режима дуговой сварки являются: диаметр электрода или проволоки dЭ, сила тока IСв , напряжение на дуге U2, скорость подачи сварочной проволоки VП.ПР , скорость сварки VСв [12,13,19].

Первоначально следует задаться диаметром проволоки или электрода dЭ. Диаметр зависит от требуемой глубины проплавления металла HПР мм и способа сварки. Примерные значения dэ приведены в табл.2.

Глубина проплавления в свою очередь, определяется толщиной металла и типом сварного шва:

* для стыковых односторонних швов глубина равна толщине свариваемого металла HПР = δ, мм;
* для стыковых двухсторонних швов HПР = 0,6 δ;
* для стыковых швов, выполняемых на остающейся подкладке

HПР = δ + 1 мм;

* для угловых швов HПР = 0,6 δ.

Таблица 2. Выбор диаметров электродов и сварочных проволок

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина металла δ, мм | 2 | 3—5 | 5—10 | 10—20 |
| Диаметр электрода dэ, мм |
| Ручная сварка покрытыми  электродами | 2,5 | 3,0; 4,0 | 4,0; 5,0 | 5,0; 6,0 |
| Полуавтоматическая в СО2 | 0,8; 1,0 | 1,2 | 1,2; 1,6 | 1,6 |
| Автоматическая в СО2 | 1,0 | 1,2; 1,6; 2,0 | 1,6; 2,0 | 3,0; 4,0 |
| Автоматическая под флюсом | - | 2,0; 3,0 | 3,0; 4,0 | 4,0; 5,0 |

**4.4.1. Расчет параметров при сварке под флюсом и в среде СО2**

Для сварки под флюсом и в среде углекислого газа силу сварочного можно определить по формуле [12,19]:

(5)

где kП – коэффициент пропорциональности, зависящий от условий сварки, который можно определить по таблице 3.

Таблица 3. Значения коэффициента kп

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Способ сварки | Диаметр  электродной  проволоки,  мм | Переменный  ток | Постоянный ток | |
| Прямая полярность | Обратная полярность |
| Под  флюсом | 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 | — | — |
| В среде  углекислого  газа | 1,2 | — | — | 1,75 |
| 1,6 | — | — | 1,55 |
|  | 2,0 | — | — | 1,45 |
|  | 3,0 | — | — | 1,35 |
| 4,0 | — | — | 1,20 |

После вычисления силы сварочного тока уточняют диаметр проволоки по формуле:

(6)

где j – допустимая плотность тока, А/мм 2, (см. табл. 4).

Таблица 4. Значение плотности тока автоматической механизированной сварки.

Безымянный

Если рассчитанный диаметр электродной проволоки отличается от ранее выбранного, то его следует принять в соответствии с расчетным.

Напряжение на дуге для сварки под флюсом на токах до 1000А

определяется по формуле:

U2=19+0,37×Iсв (7)

Напряжение для сварки в СО2:

(8)

Скорость подачи *V*П.ПР, м/ч сварочной проволоки вычисляют по формуле:

(9)

где *F*Э – площадь сечения электрода (проволоки), см:

(10)

При необходимости выполнения корневого шва необходимо найти соответствующие параметры режима его выполнения для конкретного способа и учесть их при заполнении технологической карты.

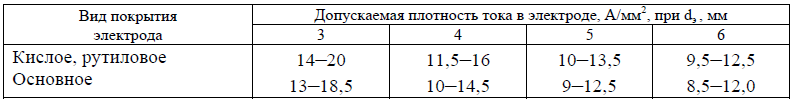
**4.4.2. Расчет параметров режима при РДС**

Для ручной дуговой сварки силу сварочного тока выбирают в зависимости от диаметра электрода по формуле [12,14]:

j (11)

Рекомендуемые значения плотности тока можно найти в таблице 5.

Таблица 5. Значения плотностей тока при ручной сварке



Напряжение для ручной дуговой сварки определяют по выражению:

U2=20+0,04×Iсв (12)

При сварке расплавляемым электродом на заданном режиме скорость его перемещения вдоль шва Vсв , м/ч) (***независимо*** от способа сварки плавлением) определяется коэффициентом наплавки и площадью сечения наплавляемого за 1 проход валика (FН1, см2):

(13)

где αН – коэффициент наплавки, г/(А • ч), для сварки под флюсом αН = (13…16) г/(А • ч); для сварки в СО2 αН = (12…14) г/(А • ч); γ – плотность железоуглеродистого металла, γ = 7,8 г/см 3.

**4.5. Определение геометрических размеров сварного шва**

Для заданного типа сварного шва стандарт подготовки кромок определяет их конфигурацию и размеры отдельных элементов. Следует выполнить эскизы подготовки кромок и сварного шва (приложение 4), используя сведения стандарта на тип заданного соединения. На эскизах проставляются размеры всех элементов разделки и шва (угол разделки притупление, высота шва и др.), соответственно, а на эскизе соединения приводится обозначение шва по стандарту - ГОСТ 2.312.

На основании геометрических параметров разделки можно рассчитать площадь сечения шва *F*ш [10,11]. Как следует из рис. 2, площадь сечения шва образуется за счет расплавления основного *F*о и наплавленного металла *F*н.:

*F*ш = *F*о + *F*н



Рисунок 2. К определению площади шва

Для стандартных швов, показанных на рис. 2, площади сечения (*F*ш, мм2) определяется по формуле [12,13]:

(14)

где e, Н и g – ширина, высота и выпуклость шва, мм, соответственно.

Высота стыкового шва равна глубине проплавления : Н = НПР.

Высота углового шва равна Н = НПР + а, где глубина проплавления НПР= 0,6δ; а = 0,7К; ширина углового шва; е = 1,4К

Площадь сечения расплавляемого основного металла определяется режимом сварки, поэтому *F*о можно определить, например, экспериментально по макрошлифам соединения или расчетным методом. Для этого сначала определяется величина *F*н,которая состоит из площади, образуемой в шве разделкой собираемого под сварку соединения (*F*нр ) и площади усиления шва (*F*у):

*F*н = *F*нр ± *F*у (18)

Значение *F*н вычисляется по геометрии сварного шва [10,11]. Например, для стыкового соединения на рис. 2: *F*нр = bHпр , где b – зазор в разделке; Hпр. – толщина детали. В вышеприведенном угловом шве *F*нр = 0.

Величина *F*у для эллипсовидной формы наплавленного валика (см. рис 2) вычисляется по формуле:

*F*у = 0,73eg (19)

При этом для выпуклого шва *F*у в выражении (18) принимается со знаком «плюс», а для вогнутого – «минус».

При иных видах формы стандартного сварного шва в зависимости толщины металла, а также формах нестандартных швов (подобных стандартным) для вычисления площади сечения шва и наплавленного в нем металла можно воспользоваться данными [10-13]. C этой целью требуется найти заданный (геометрически подобный) вид шва с описанием формул для расчета. Если возникают трудности определения площадей расчетным методом, можно построить на миллиметровой бумаге в масштабе сечение сварного соединения с размерами шва и подсчитать его площадь.

**4.6. Характеристика металл шва**

Эксплуатационные характеристики сварного соединения [1,9,16] определяются химическим составом и структурой основного металла и металла шва, поэтому их анализ необходим при разработке технологического процесса сварки.

**4.6.1. Расчетное определение химического состава металла шва**

Сварной шов состоит из основного и наплавленного металлов, которые перемешиваются, образуя сварочную ванну. При этом легирующие элементы из основного металла (Эо) и проволоки (Эн) в количестве, пропорциональном доле участия металле в шве основного (θО) и наплавленного (θн) металла, соответственно, формируют содержание элементов (Эисх) в исходном составе металла шва [12-18]:

(18)

Доли участия основного и присадочного металла в шве равны:

(17)

где *F*о – площадь основного металла в металле шва, мм2;

Т.к. шов формируется кроме объема расплавляемого присадочного металла так же и объемом расплавленного основного металла, то его площадь равна:

*F*о = *F*ш - *F*н (16)

В результате взаимодействия с защитной средой – газом или шлаком в сварочной ванне конечное содержание легирующих элементов в шве (Эш) может существенно отличаться от исходного. Изменение химического состава металла шва может быть учтено расчетами по математическим моделям [21] или с помощью коэффициентов перехода элементов в шов:

Эш = μэЭисх (19)

Значения коэффициентов перехода элементов зависят от свойств окислительной среды и могут быть определены по данным [15-18].

**4.6.2. Оценка структуры металла в сварном соединении**

Структура металла шва определяется также по диаграмме Шеффлера.

При этом для определения эквивалентов по никелю ЭNiш и хрому ЭСrш необходимо пользоваться формулами:

ЭNiш=%Ni+30%C+30%N+10%В+0,5%Мn (22)

ЭСrш=%Сr+2%Аl+%V+5%Тi+1,5%S+2%Nb+2%Мо+1,5%W (23) (4.27)

Определив ЭNiш и ЭСrш, наносят на диаграмму Шеффлера точку, соответствующую структуре шва.

Структура шва обычно отличается от структуры основного металла. Так, для аустенитных сталей структура шва должна быть аустенитно-ферритной. Для ферритной стали структура шва ферритно-аустенитная. Двухфазная структура обеспечивает лучшие эксплуатационные характеристики шва вследствие более мелкого зерна.

**4.7. Описание технологии получения сварного соединения**

В описании технологии получения сварного соединения приводятся сведения:

1) о способах подготовки соединения к сварке, включая зачистку кромок, подогрева деталей перед сваркой;

2) о сварочных материалах, режимах сварки и последовательности наложения сварных швов;

3) мероприятия по снятию внутренних напряжений в соединении и оптимизации структуры металла термообработкой.

Если нет возможности найти в литературе данную информацию по заданной марке стали, то достаточно найти технологию сварки стали, которая относятся к одному структурному классу со сталью указанной в задании. Например, если по диаграмме Шеффлера сталь попала в область А+Ф с содержанием феррита до 10 %, технологию ее сварки следует описывать как технологию сварки аустенитных сталей.

**4.8. Расчет технико-экономических показателей сварки соединения**

Общее время на выполнение сварочной операции tсв состоит из нескольких компонентов и определяется по формуле [10,11]: tсв=tо+tп.з.+tв+tобс+tn, (24)

где t n.з. - подготовительно-заключительное время;

tо - основное время;

tв - вспомогательное время;

tобс - время на обслуживание рабочего места;

tn - время перерывов на отдых и личные надобности.

Основное время - это время на непосредственное выполнение сварочной операции, которое определяется по формуле:

tо= , (25)

где Мнм – масса наплавленного металла, г:

*М*нм = *F*н×*L*ш×γ , (26)

Длина непрерывного одностороннего шва *L*Ш,  равна длине изделия LИ . Если шов прерывистый, то:

(27)

где *L*У – длина непрерывного участка шва;

*L*ШАГ – расстояние от начала одного участка шва до начала другого.

*L*У и *L*ШАГ указываются в задании на курсовую работу в обозначении сварного соединения, например, 100/200.

При вычислении основного времени в зависимости от пространственного положения шва вводят поправочный коэффициент КПР. Для вертикальных швов КПР = 1,25, потолочных КПР = 1,3, для неповоротных стыков труб КПР = 1,35 и т. д.

Следует иметь в виду, что при выполнении 1-го прохода в многослойных швах Iсв, как правило, ниже, чем при заполнении разделки, то tо следует вычислять с учетом данного фактора при различных значениях Fн при первом проходе и заполнении разделки. То же следует учитывать при нормировании основного времени сварки 2-х сторонних швов.

Определение числа проходов необходимых для сварки соединения (n, шт.) производится по формуле:

n = *F*н/Σ*F*нi (28)

Площадь сечения наплавляемого валика определяется площадью сечения шва определяемого стандартом (при сварке тонколистовых материалов) или максимально допустимой производительностью расплавления и перемещения электрода вдоль шва (см. выражение (13)). При сварке многослойных швов стыковых соединений площадь поперечного сечения (мм2) металла, наплавляемого за один проход обеспечивающая приемлемое качестве формирования наплавленных валиков (с хорошим сплавлением основного металла либо предыдущих слоев многослойного шва с присадочным, отсутствием подрезов, выплесков ванны и пр. дефектов) должна составлять:

для первого прохода (при проварке корня шва)

(14)



для последующих проходов



Расход электродной проволоки вычисляется по массе наплавленного металла с учетом потерь его на угар и разбрызгивание. Требуемое количество покрытых электродов (p, шт) для выполнения соединения рассчитывается по выражениям:

Р = Мнм/Мэл (29)

Мэл = πdэ2γ(-40)/4

где Мэл, – масса 1-го электрода длиной lэ, зависимой от dэ (cм).

Полученные значения n и p принимается по правилам округления чисел.

Расход защитного газа зависит от силы сварочного тока, а сварочного флюса от его химического состава грануляции и параметров режима сварки. Их величины можно определить по справочным данным [12-16].

**4.9. Выбор сварочного оборудования**

Сварочное оборудование выбирается в зависимости от заданного способа сварки. Для ручной сварки в качестве источника питания целесообразно выбрать выпрямитель, что позволит вести процесс с более высокой производительностью, чем при использовании трансформатора.

Характеристика источника питания для ручной сварки должна быть крутопадающая. Марка выпрямителя должна соответствовать рассчитанной силе сварочного тока. Обычно номинальный ток выпрямителя несколько превышает расчетное значение.

Для полуавтоматической сварки в СО2 выбирается полуавтомат, который поставляется в комплекте с источником питания. Кроме силы сварочного тока полуавтомат должен обеспечивать сварку проволокой выбранного диаметра, а также обеспечивать скорость подачи проволоки, полученную при расчете режима. При автоматической сварке при выборе оборудования используются те же критерии - сила сварочного тока, диаметр проволоки, скорость подачи сварочной проволоки.

После выбора оборудования его технические характеристики должны

быть представлены в виде таблиц. При выборе источника питания необходимо учитывать требования к снижению электроэнергии, на выполнение сварочных работ. С этой точки зрения наиболее эффективными являются инверторные источники питания с высоким КПД.

**4.10. Заполнение технологической карты**

Результаты расчетов занести в технологическую карту (приложение 5). Все поля карты должны быть заполнены. При отсутствии числовой или текстовой информации в ячейке поставить прочерк.

В ***заключении*** следует привести анализ результатов выполненных исследований и расчетов.

Список рекомендуемой литературы

1. Сварка. Резка. Контроль: справочник в 2-х томах. Под общей редакцией Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. Т. 1/ Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышов. и др. М.: Машиностроение, 2004, 624 с. ТII.
2. Сварка и свариваемые материалы. В 3-х томах. Под общей редакцией В.Н. Волченкова. ТI. Свариваемость материалов. Под редакцией Э.Л.Макарова. М.: Металлургия, 1991, 528 с.
3. <http://acrossteel.ru/directory/mat_start_24_n.html> Марочник сталей и сплавов.
4. Марочник сталей и сплавов/ Под ред. В.Г. Сорокина.-М. Машиностроение, 1989.-640 с.
5. Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали: Справочник.- М. Машиностроение, 1992.-480 с.
6. Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп./ Под ред. Ю.Г. Драгунова, А.С. Зубченко. - М,: 2014, 1216 с.
7. <http://weldworld.ru/theory/materialovedenie/stali/svarivaemost-staley.htm> Свариваемость сталей.
8. <http://weldering.com/svarivaemost-staley> Свариваемость.
9. Ефименко Л.А., Прыгаев А.К., Елагина О.Ю. Металловедение и термическая обработка сварных соединений. М.: Логос, 2007, 456 с.
10. <http://meganorm.ru/Index2/1/4293846/4293846543.htm> Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на ручную дуговую сварку. М.: Экономика, 1990.
11. <http://www.opengost.ru/iso/9036-obschemashinostroitelnye-ukrupnennye-normativy-vremeni-na-dugovuyu-svarku-v-srede-zaschitnyh-gazov.html> Общемашиностроительные укрупненные нормативы времени на дуговую сварку в среде защитных газов М.: Экономика, 1989.
12. Технология оборудование плавлением термической учебник для вузов/ А. И. Акулов [и др. ]; под ред. А. И. Акулова . – 2-е изд. испр. и доп. – М . : Машиностроение, 2003. – 560 с .: ил.
13. Акулов, А. И., Демянцевич В.П, Технология и оборудование сварки плавлением/А.И. Акулов. М.: Машиностроение, 1977.- 432 с.
14. Сварка и резка в промышленном строительстве. Под ред. Б.Д. Малышева. 3-е издание, переработанное и дополненное. М.: Стройиздат, 1989, 590 с.
15. Каховский Н.И., Фартушный В.Г., Ющенко К.А. Электродуговая сварка сталей. Справочник. Киев: Наукова Думка, 1975, с.
16. Сварка в машиностроении: справочник т.1 / Под ред. Н.А. Ольшанского – М.: Машиностроение, 1978, 504 с.
17. Сварка в машиностроении: справочник т.2 / Под ред. А. И. Акулова – М.: Машиностроение, 1978, 462 с.
18. Сварка. Резка. контроль: справочник в 2-х томах. Под общей редакцией Н.П. Алешина, Г.Г. Чернышова. Т. II / Н.П. Алешин, Г.Г. Чернышов и др. М.: Машиностроение, 2004, 480 с.
19. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА МЕХАНИЗИРОВАННОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПЛАВЯЩИМСЯ ЭЛЕКТРОДОМ: Методические указания к курсовому и дипломному проектированию/ Сост.: Р.Ф. Катаев. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 37 с.
20. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением. Под ред. Б.Е. Патона. М.: Машиностроение, 1974, 768 с.
21. Буки А.А. Моделирование физико-химических процессов дуговой сварки. М.: Машиностроение,1991, 288 с.

Приложение 1

Техническое задание на выполнение курсовой работы

|  |  |
| --- | --- |
| Номер варианта | Технические требования ТЗ |
| 1. | Разработать технологический процесс сварки в среде углекислого газа соединения из стали 15Х25Т толщиной 4 мм и длиной 380 мм. Тип сварного соединения С2. |
| 2. | Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки соединения из стали 08Х18Н10 толщиной 4 мм и длиной 300 мм. Тип сварного соединения С5. |
| 3. | Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки соединения из стали 20Х23Н13 толщиной 4 мм и длиной 280 мм. Тип сварного соединения Т1, катет 4мм. |
| 4. | Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки соединения из стали 06Х18Н10Т толщиной 6 мм и длиной 250 мм. Тип сварного соединения Т6, катет 6 мм. |
| 5. | Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки соединения из стали 15Х25Т толщиной 8 мм и длиной 300 мм. Тип сварного соединения С17. |
| 6 | Разработать технологический процесс автоматической дуговой сварки под слоем флюса соединения из стали 06Х18Н10Т толщиной 12 мм и длиной 1200 мм. Тип сварного соединения С29 |
| 7 | Разработать технологический процесс сварки в среде углекислого газа соединения из стали 12Х18Н10Т толщиной 5 мм и длиной 400 мм. Тип сварного соединения С7. |
| 8. | Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки таврового соединения под углом 120 градусов из стали 08Х17Н15М3 толщиной 5 мм и длиной 250 мм. Тип сварного соединения Т1, катет 4 мм. |
| 9. | Разработать технологический процесс ручной дуговой сварки таврового соединения под углом 45 градусов из стали 10Х17Н13М2Т толщиной 4 мм и длиной 250 мм. Тип сварного соединения Т3, катет 3 мм |
| 10. | Разработать технологическую карту сварки в среде углекислого газа соединения из стали 12Х1810Т толщиной 5 мм и длиной 380 мм. Тип сварного соединения С8 |
| 11. | Разработать технологический процесс сварки в среде углекислого газа соединения из стали 10Х17Н13М2Т толщиной 6 мм и длиной 380 мм. Тип сварного соединения С17 |
| 12. | Разработать технологический процесс сварки в среде углекислого газа соединения из стали 06Х18Н10Т толщиной 6 мм и длиной 380 мм. Тип сварного соединения У6. |
| 13. | Разработать технологический процесс сварки в среде углекислого газа соединения из стали 08Х17Н15М3 толщиной 6 мм и длиной 380 мм. Тип сварного соединения Т1, катет 5мм |
| 14. | Разработать технологический процесс сварки в среде углекислого газа соединения из стали 20Х23Н13 толщиной 6 мм и длиной 380 мм. Тип сварного соединения Т6, катет 5мм |
| 15. | Разработать технологический процесс автоматической дуговой сварки под слоем флюса соединения из стали 08Х21Н6М2Т толщиной 4 мм и длиной 1200 мм. Тип сварного соединения С4 на медном ползуне |
| 16. | Разработать технологический процесс автоматической дуговой сварки под слоем флюса соединения из стали 08Х21Н6М2Т толщиной 10 мм и длиной 1000 мм. Тип сварного соединения С9 на флюсовой подушке. |
| 17. | Разработать технологический процесс автоматической дуговой сварки под слоем флюса соединения из стали 06Х18Н10Т толщиной 8 мм и длиной 1200 мм. Тип сварного соединения Т1, катет 5мм |

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФГБОУ ВО ИЖЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ имени. М.Т. Калашникова

Институт «СТМА и М»

Кафедра «М и ТОМД и сварочное производство»

ЗАДАНИЕ

на курсовую работу по дисциплине «Основы сварки плавлением»

выдано студенту/студентке гр. …… \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

на тему:\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Содержание и график выполнения работы:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***Наименование работы, разделов проекта*** | ***Срок выполнения*** | ***Фактический срок*** |
| Получение задания, ознакомление с ним и поиск исходной информации | 1 неделя |  |
| Оценка свариваемости материала, выбор сварочных материалов | 2 недели |  |
| Определение режимов сварки, размеров шва его структуры | 2 недели |  |
| Разработка технологии сварки, нормирование сварки, расчет себестоимости | 2 недели |  |
| Оформление пояснительной записки | 1 неделя |  |
| Представление к защите | 9-я неделя |  |

Руководитель курсовой работы И.О.Фамилия

Приложение 3

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

Институт «Современные технологии машиностроения, автомобилестроения и металлургии»

Кафедра «Машины и технология обработки металлов давлением и сварочное производство»

Работа защищена с оценкой

«\_\_\_\_\_\_\_»

Дата \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись ФИО

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине « Основы сварки плавлением»

на тему «\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_»

Выполнил

Студент гр. ХХХХХХХХХХ И.О. Фамилия

Руководитель

Профессор (доцент) кафедры МиТОМДиСП И.О. Фамилия

Рецензия:

Степень достижения поставленной цели работы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Полнота разработки темы\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Уровень самостоятельности работы обучающегося \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Недостатки работы \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ижевск-201\_\_

##### Приложение 4

##### Характеристики сварного шва

|  |  |
| --- | --- |
| Конструкция шва по стандарту | Конструктивные размеры подготовки кромок |
| Порядок наложения швов | Последовательность выполнения соединения |

##### Приложение 5

##### Карта технологического процесса сварки

|  |  |
| --- | --- |
| Способ сварки -…………………… | Марка основного материала- |
| Тип шва – ………………………….. | Типоразмеры, мм: |
| Тип соединения по НД  ……………………………………… | Лист, (длина -L) х (ширина - B), 2 штуки |
| Положение при сварке – …………… | Толщина металла -………. |
| Обозначение шва (по стандарту) –  ……………………………………. | Температура подогрева -……….  Рекомендуемая скорость охлаждения шва -………………. |
| Сварочные материалы (обозначение по ГОСТ):…………………………… |  |
| Параметры режима сварки: |
| Сварочное оборудование:  Источник питания -…………………  Автомат/полуавтомат -……………. |
| Примечания: |

*Учебное издание*

**Основы сварки плавлением**

Учебно-методическое пособие к выполнению курсовой работы

по направлению «МАШИНОСТРОЕНИЕ»

Составители: **Салангин** Владимир Григорьевич, **Кривушин** Сергей Юрьевич

В редакции составителей

Корректор Я.В. Осина

Подписано к печати 00.00.2018 г. Усл. Печ. Л. 2.6. Тираж 50 экз. Заказ № 00

Издательство Ижевского государственного технического университета

имени М.Т. Калашникова

Отпечатано в типографии Издательства: ИжГТУ. 426069, Ижевск,

ул. Студенческая, 7