Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

**ПМ.01 «Подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций»**

**МДК 01.01 «Технология сварочных работ»**

для специальности

22.02.06 Сварочное производство

ФП «ПРОФЕССИОНАЛИТЕТ»

Челябинск, 2022

**Пояснительная записка**

Методические рекомендации по выполнению практических работ составлены в соответствии программой ПМ.01 «Подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций» МДК 01.01 «Технология сварочных работ» для студентов специальности 22.02.06 Сварочное производство.

Практические занятия являются важным элементом МДК 01.01 «Технология сварочных работ». В процессе выполнения практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Методические рекомендации предназначены для организации выполнения практических работ по ПМ.01 «Подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций» (МДК 01.01 «Технология сварочных работ»).

Программой профессионального модуля предусмотрено выполнение 20 практических работ, направленных на формирование ***элементов следующих компетенций*:**

ПК 1.1. применять различные методы, способы и приемы сборки и сварки конструкций с эксплуатационными свойствами

ПК 1.2. Выполнять технологическую подготовку производства сварных конструкций

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно- коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

**умений**:

* выбирать рациональный способ сборки и сварки конструкции, оптимальную технологию соединения или обработки конкретной конструкции или материала;
* использовать типовые методики выбора параметров сварочных технологических процессов;
* рассчитывать нормы расхода основных и сварочных материалов для изготовления сварного узла или конструкции;
* читать рабочие чертежи сварных конструкций

**знаний:**

* виды сварочных участков;
* основы технологии сварки производства сварных конструкций;
* методику расчета режимов ручных и механизированных способов сварки;
* основные технологические приемы сварки и наплавки сталей, чугунов и цветных металлов;
* технологию изготовления сварных конструкций различного класса.

Все практические работы содержат наименование, цель, перечень формируемых умений, знаний, ход выполнения работы, некоторые из работ имеют контрольные вопросы (с целью выявления и устранения недочетов в освоении материала).

В практических работах приведены варианты индивидуальных заданий.

Отчеты студентов выполняются на листах формата А4), титульный лист (приложение А).

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  ПЗ | Темы практических занятий | Количество часов на выполнение задания |
| 1 | Определение типа сварного соединения и конструктивных элементов шва, обозначение швов в соответствии с описанием. | 4 |
| 2 | Определение свариваемости стали | 2 |
| 3 | Выбор электрода для получения шва с заданными механическими свойствами | 2 |
| 4 | Выбор сварочных материалов при сварке в среде защитных газов | 2 |
| 5 | Выбор сварочных материалов для сварки под слоем флюса | 4 |
| 6 | Выбор порошковой сварочной проволоки | 2 |
| 7 | Расчет расхода сварочных материалов при сварке в среде защитных газов | 4 |
| 8 | Анализ конструкторской документации | 6 |
| 9 | Разработка технологической карты операции сварки | 2 |
| 10 | Последовательность наложения швов в металлоконструкциях | 4 |
| 11 | Расчет количества прихваток на швы большой протяженностью | 2 |
| 12 | Расчет режимов и техника проведения сварки стыковых швов | *2* |
| 13 | Расчет режимов и техника проведения сварки при выполнении угловых швов | 4 |
| 14 | Расчет режимов механизированной сварки в защитных газах | 4 |
| 15 | Разработка технологической карты операции наплавки в среде углекислого газа | 2 |
| 16 | Разработка технологической карты операции наплавки цилиндрических деталей | 2 |
| 17 | Выбор сварочных материалов для заданных сплавов (медный, алюминиевый, никелевый) | 2 |
| 18 | Выбор технологии и оборудования послесварочной термической обработки сварных соединений из аустенитных сталей. | 2 |
| 19 | Расчет режима газопламенной сварки | 2 |
| 20 | Подбор режима контактной сварки | 2 |
| **Итого** | | **54** |

Практическая работа №1

**Тема:** Определение типа сварного соединения и конструктивных элементов шва, обозначение швов в соответствии с описанием.

**Цель:** Формирование определять тип сварного соединения и конструктивные элементы шва, обозначение швов в соответствии с описанием.

**Знания** (актуализация):

* принципы обозначения сварных узлов

**Умения:**

* пользоваться ГОСТ
* определять тип сварного соединения
* обозначать маркировку сварного шва

**Задание 1**: По приведенному изображению сварного соединения определить его тип и указать конструктивные элементы и их размеры согласно своему варианту (таблица 1)

Таблица 1 - Варианты заданий

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Изображение сварного соединения, толщина свариваемого металла, мм | Название и номер ГОСТ |
| 1 | https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x180.jpg https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x182.jpgS=15 | ГОСТ 5264-80  РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА.  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |
| 2 | 14 15 S=5  Сварка проводится в среде инертных газов неплавящимся электродом | ГОСТ 14771-76  Дуговая сварка в защитном газе  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |
| 3 | https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x146.jpg https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x148.jpgS=10 | ГОСТ 5264-80  РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА.  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |
| 4 | https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294850/4294850476.files/x238.jpg 11 S= 8  Сварка ведется в среде инертных газов плавящимся электродом | ГОСТ 14771-76  Дуговая сварка в защитном газе  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |
| 5 | https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x194.jpg https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x196.jpgS= 8 | ГОСТ 5264-80  РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА.  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |
| 6 | 12 13S=18  Сварка проводится в инертных газах и их смесях с углекислым газом и кислородом плавящимся электродом | ГОСТ 14771-76  Дуговая сварка в защитном газе  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |
| 7 | https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x154.jpg https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3930/x156.jpg S=22 | ГОСТ 5264-80  РУЧНАЯ ДУГОВАЯ СВАРКА.  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |
| 8 | 13 14 S=5  Сварка в среде углекислого газа плавящимся электродом | ГОСТ 14771-76  Дуговая сварка в защитном газе  СОЕДИНЕНИЯ СВАРНЫЕ  Основные типы, конструктивные элементы и размеры |

ХОД РАБОТЫ

1. В соответствии со своим вариантом по приведенному изображению найти в соответствующем ГОСТе тип сварного соединения
2. В разделе «Конструктивные элементы и их размеры» и начертить разделку кромок и сварной шов с обозначением конструктивных элементов
3. Проставить размеры разделки кромок и сварного шва

**Задание 2:** По описанию выполнения сварного шва составить полное обозначение соединения в соответствии со своим вариантом (таблица 2)

Таблица 2 - Варианты задания

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Описание сварного шва |
| 1 | Соединения внахлестку без скоса кромок, односторонний, выполняемый дуговой сваркой в инертных газах плавящимся электродом. Шов по незамкнутой линии. Катет шва 5 мм. |
| 2 | Шов стыкового соединения с криволинейным скосом одной кромки, двусторонний, выполняемый дуговой ручной сваркой при монтаже изделия.  Усиление снято с обеих сторон.  Параметр шероховатости шва:  с лицевой стороны - Rz 20 мкм; с оборотной стороны - Rz 80 мкм |
| 3 | Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, прерывистый с шахматным расположением, выполняемый ручной дуговой сваркой по замкнутой линии Катет шва 6 мм. Длина провариваемого участка 50 мм. Шаг 100 мм. |
| 4 | Шов углового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполняемый дуговой сваркой в среде инертных газов плавящимся электродом по замкнутой линии |

ХОД РАБОТЫ

1. Начертить сварное соединение.
2. Привести обозначение сварного шва в соответствии со своим вариантом.

*Пример обозначения сварного шва (смотри рисунок 1)*

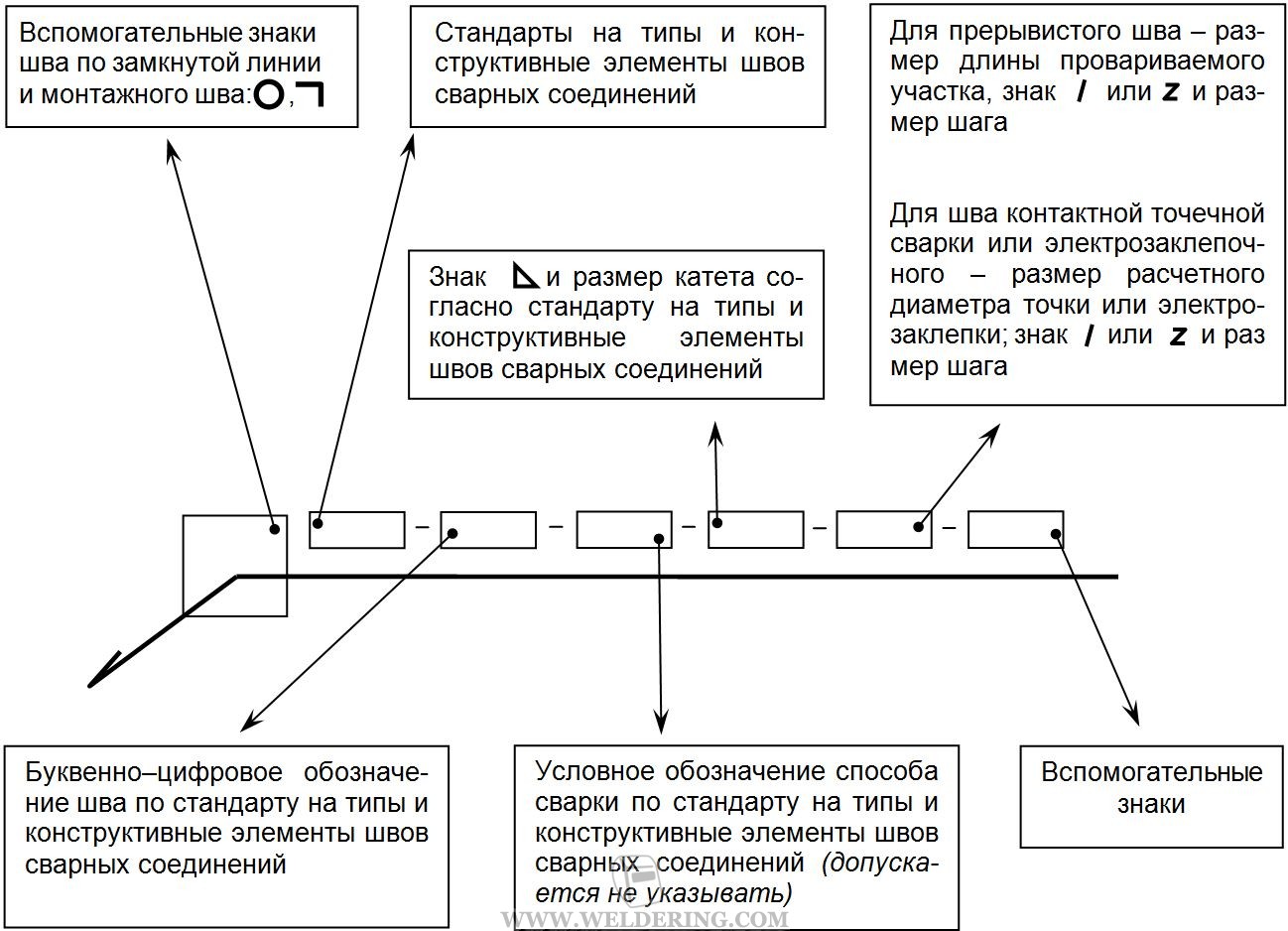


Рисунок 1 - Условное обозначение сварного шва

Специальная односторонняя стрелка показывает шовную линию. С этой стрелкой связана еще одна специфическая особенность сварочных чертежей. У этой стрелки с односторонним оперением есть полка – все условные обозначения могут располагаться на полке, если указано видимое соединение, или под полкой, если это шов невидимый и расположен с обратной стороны, т.е. с изнанки.

Что считать лицевой стороной, а что изнанкой? Лицевая сторона одностороннего соединения – всегда та, с которой производится работа. В двустороннем варианте с несимметричными кромками лицевой стороной будет та, где идет сварка основного соединения. А если кромки симметричные лицевой и изнанкой могут любые стороны.

1. Сделать вывод о проделанной работе.
2. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 2

**Тема:** Определение свариваемости стали

**Цель:** Формирование умения определения свариваемости стали.

**Знания** (актуализация):

* Понятие свариваемости стали

**Умения:**

* пользоваться марочником стали и сплавов
* рассчитывать углеродный эквивалент

**Задание:** Определить свариваемость стали в соответствии со своим вариантом (таблица 1)

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Марка стали | Толщина свариваемых деталей |
| 1 | Сталь ВСТ6пс | 5 |
| 2 | Сталь 30ХГСА | 8 |
| 3 | Сталь 45 | 4 |
| 4 | Сталь ВСТ5сп | 12 |
| 5 | Сталь 35 | 15 |
| 6 | Сталь 18ХГТ | 6 |
| 7 | Сталь 40 | 20 |
| 8 | Сталь 16Г2АФ | 9 |
| 9 | Сталь 25Г2С | 11 |
| 10 | Сталь 35ГС | 10 |

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Оценивая свариваемость сталей, всегда уделяют внимание химическому составу металла. Некоторые химические элементы могут повысить этот показатель или снизить его. Углерод считается самым важным элементов, который определяет прочность и пластичность, степень закаливаемости и плавкость. Проведенные исследования указывают на то, что при концентрации этого элемента до 0,25% степень обрабатываемости не снижается. Увеличение количества углерода в составе приводит к образованию закалочных структур и появлению трещин.

К другим особенностям, которые касаются рассматриваемого вопроса, можно отнести следующее:

1. Практически во всех металлах содержатся вредные примеси, которые могут снижать или повышать обрабатываемость сваркой.
2. Фосфор считается вредным веществом, при повышении концентрации появляется хладноломкость.
3. Сера становится причиной появления горячих трещин и появлению красноломкости.
4. Кремний присутствует практически во всех сталях, при концентрации 0,3% степень обрабатываемости не снижается. Однако, если увеличить его до 1% могут появится тугоплавкие оксиды, которые и снижают рассматриваемый показатель.
5. Процесс сварки не затрудняется в случае, если количество марганца не более 1%. Уже при 1,5% есть вероятность появления закалочной структуры и серьезных деформационных трещин в структуре.

В зависимости от особенностей структуры и химического состава материала все сплавы делятся на несколько групп. Только при учете классификации можно выбрать наиболее подходящий сплав.

**Классификация сталей по свариваемости**

Хорошей обрабатываемостью обладают сплавы, в которых при нагреве не образуются трещины. По данной характеристике выделяют четыре основных группы:

1. Хорошая свариваемость (Сэкв менее 0,45).
2. Удовлетворительная свариваемость (Сэкв = 0,45-0,5).
3. Ограниченная свариваемость (Сэкв = 0,5-0,6)
4. Плохая свариваемость (Сэкв более 0,6).

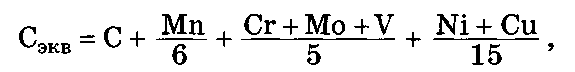
ХОД РАБОТЫ

1. Получить вариант у преподавателя
2. Из марочника сталей и сплавов выписать в таблицу 2 химический состав своей стали, приводя среднее содержание химических элементов

Таблица 2 - Химический состав стали

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Углерод,% | Кремний, % | Марганец, % | Хром, % | Никель, % | Сера, % | Фосфор,% | Медь, % |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Рассчитать углеродный эквивалент Сэкв по формуле 1

 (1)

1. Сделать вывод о свариваемости стали, исходя из полученного значения Сэкв

Оценка свариваемости

При **Сэкв ≤ 0,40** – свариваемость хорошая для легированных сталей.

При **Сэкв ≤ 0,45** – свариваемость хорошая для низкоуглеродистых сталей.

При **Сэкв > 0,45 до 0,5** – свариваемость удовлетворительная, но сталь склонна к образованию холодных трещин и необходим предварительный подогрев свариваемого изделия

При **Сэкв > 0,5 до 0,6** – свариваемость ограниченная, требуются предварительный подогрев, отжиг или нормализация после сварки.

При **Сэкв > 0,6 до 0,8** – свариваемость плохая, требуется предварительный подогрев деталей, сопутствующий подогрев и последующая термообработка.

1. Определить к какой группе свариваемости принадлежит заданная сталь
2. Указать какие необходимы применить технологические приемы для получения качественного сварного узла в случае плохой свариваемости. Если необходим предварительный подогрев, то рассчитать его температуру по формуле (2)

Расчет температуры подогрева свариваемого изделия

Т = 350 (Собщ – 0,25) , (2)

где Собщ – общий эквивалент углерода, зависящий от Сэкв и толщины S свариваемых деталей (формула 3):

Собщ = Сэкв (1 + 0,005S), (3)

1. Рассчитать склонность стали к образованию горячих трещин по формуле (4)

https://iknigi.net/books_files/online_html/110826/_099.png

(4)

При HCS < 4 горячие трещины не образуются. Для высокопрочных сталей коэффициент HCS должен быть менее 1,6–2,0.

1. Ответить на контрольные вопросы.
2. Сделать вывод о проделанной работе.
3. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Сколько групп свариваемости существует?
2. По какому фактору классифицируют сталь по свариваемости?
3. Какие существуют испытательные способы определения свариваемости?
4. В каком случае проводят испытания на свариваемость стали?

Практическая работа № 3

**Тема:** Выбор электрода для получения шва с заданными механическими свойствами

**Цель работы:** Формировать умения выбирать сварочные электроды для получения шва с заданными механическими свойствами.

**Знания (**актуализация**):**

* принцип выбора сварочных материалов

**Умения**

* выбирать электрод для получения шва с заданными механическими свойствами;
* работать с марочником сталей и сплавов

**Задание:** Подобрать электрод для сварки стали стыкового соединения в нижнем положении (в соответствии со своим вариантом из таблицы 1) для получения шва с механическими и химическими свойствами.

Таблица 1 – Варианты задания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Марка свариваемого материала | Толщина свариваемого материала |
| 1 | Сталь ВСт 3сп | 5 |
| 2 | Сталь ВСтЗкп | 5 |
| 3 | Сталь 05кп | 7 |
| 4 | Сталь 10 | 10 |
| 5 | Сталь 08 | 6 |
| 6 | Сталь ВСт6пс | 10 |
| 7 | Сталь 08 кп | 6 |
| 8 | Сталь 10 пс | 10 |
| 9 | Сталь 15 | 5 |
| 10 | Сталь 18кп | 4 |
| 11 | Сталь 15 | 8 |
| 12 | Сталь ВСт5сп | 6 |
| 13 | Сталь 25 | 8 |
| 14 | Сталь 30 | 6 |
| 15 | Сталь 20 | 5 |

ХОД РАБОТЫ

**1.** По марочнику сталей и сплавов определить и выписать химический состав стали в таблицу №2;

Таблица№2– Химический состав стали.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Углерод,% | Кремний, % | Марганец, % | Хром, % | Никель, % | Сера, % | Фосфор,% | Медь, % |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

**2.**По марочнику сталей и сплавов выписать в таблицу №3 механические свойства стали (в соответствии со своим вариантом);

**Таблица №3** – Механические свойства стали.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Предел прочности, МПа | Предел текучести, МПа | Относительное удлинение, % | Твердость НВ |
|  |  |  |  |  |

**3.** Исходя из соотношения предела прочности свариваемого металла и электрода, сделать выбор типа электрода. Тип электрода зависит от временного сопротивления разрыву заданной марки стали;

**4.** По выбранному типу электрода выбрать марку электрода в соответствии с химическим составом электрода и свариваемого металла;

**5.** Механические и химические характеристики электрода внести в таблицу №4;

Таблица № 4 - Характеристика электрода

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип и марка электрода | Предел прочности, МПа | Относительное удлинение, % | Химический состав электрода |
|  |  |  |  |

* 1. Назначить диаметр электрода (таблица 5)

Таблица 5 - Примерное соотношение толщины стали и диаметра электрода



**7.** Привести допускаемые режимы сварки, пространственные положения сварки, тип тока, полярность тока, тип покрытия электрода;

**8.** Привести полное обозначение электрода;

**9.** Сделать вывод о проделанной работе.

**10.** Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа№4

**Тема:** Выбор сварочных материалов при сварке в среде защитных газов

**Цель:** Формирование умения подбирать сварочную проволоку и защитный газ

**Знания (**актуализация**):**

* маркировку сварочных материалов;
* принцип назначения сварочных материалов;

**Умения:**

* производить выбор сварочных материалов;

**Задание:** Подобрать сварочную проволоку и защитный газ для сварки стыкового соединения в нижнем положении механизированной сваркой. Варианты заданий представлены в таблице 1

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Марка стали | Условия работы свариваемой конструкции |
| 1 | Сталь 09Г2С,  Сталь 08Х18Н9Т | При температуре от +10 до -40  При температуре до 500 при воздействии агрессивной среды |
| 2 | Сталь 15Х,  Сталь 08Х14Н20С2 | При температуре от +30 до -70  При температуре до 700 |
| 3 | Сталь 10ХСНД,  Сталь 15Г2СФ | При температуре от +20 до -30 |
| 4 | Сталь 15ХНДП,  Сталь 20Х1М1Ф1ТР | При температуре от +50 до -30  При температуре до 580 |
| 5 | Сталь 15ХСНД,  Сталь 12Х13 | При температуре от +40 до -70  При температуре до 300 |

ХОД РАБОТЫ

1. Определить химический состав заданной марки стали и механические свойства стали и занести в таблицы 2 и 3. Данные взять из марочника сталей и сплавов;

Таблица 2 - Химический состав стали (среднее значение)

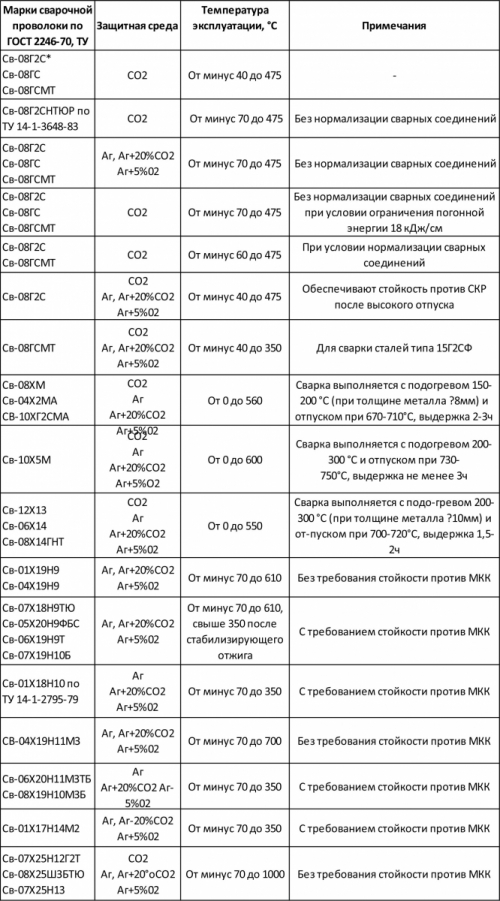
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Углерод,% | Кремний, % | Марганец, % | Хром, % | Никель, % | Сера, % | Фосфор,% | Медь, % |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 3 - Механические свойства стали

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Предел прочности, МПа | Предел текучести, МПа | Относительное удлинение, % | Твердость НВ |
|  |  |  |  |  |

1. По таблице 4 выбрать марку сварочной проволоки и защитный газ в соответствии с вариантом

Таблица 4 - Характеристика сварочных материалов



1. Определить химический состав и механические свойства металла шва и занести в таблицу 5

Таблица 5 - Химический состав сварочной проволоки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Углерод,% | Хром,% | Кремний,% | Марганец,% | Молибден,% | Титан,% | Предел прочности, МПа | Относительное удлинение, % |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Указать вид термической обработки сварного соединения и изобразить процесс графически (при наличии).
2. Ответить на контрольные вопросы
3. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Исходя, из чего осуществляется подбор сварочной проволоки?
2. В чем заключается целесообразность применения омедненной сварочной проволоки?
3. Приведите полную маркировку омедненной проволоки для сварки низкоуглеродистой стали?

Практическая работа № 5

**Тема:** Выбор сварочных материалов для сварки под слоем флюса

**Цель:** Формирование умения подбирать сварочную проволоку и флюсы при сварке стали

**Знания** (актуализация):

* сущность автоматизированной сварки под слоем флюса, сварочные материалы;
* маркировка сварочных материалов;

**Умения:**

* производить выбор сварочных материалов при автоматической сварке под слоем флюса;

**Задание:** Подобрать сварочную проволоку и флюс при производстве сварки под слоем флюса в соответствии со своим вариантом. Варианты задания приведены в таблице 1

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Марка свариваемого материала | Толщина свариваемых кромок, мм | Диаметр сварочной проволоки |
| 1 | Сталь 12ГС | 8 | Меньший из возможных |
| 2 | Сталь 14Г2 | 14 | Больший из возможных |
| 3 | Сталь10 | 10 | Больший из возможных |
| 4 | Сталь15ХСНД | 12 | Больший из возможных |
| 5 | Сталь 09Г2С | 8 | Меньший из возможных |

ХОД РАБОТЫ

1. Из марочника сталей и сплавов выписать химический состав свариваемого материала и внести в таблицу 2

Таблица 2 - Химический состав стали

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Углерод,% | Кремний, % | Марганец, % | Хром, % | Никель, % | Сера, % | Фосфор,% | Медь, % |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Исходя, из химического состава стали выбрать сварочную проволоку. Химический состав проволоки приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Химический состав сварочной проволоки

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка проволоки | Содержание элементов, % | | | | | | | | | | |
| C | Si | Mn | Cr | Ni | Mo | Ti | S | P | | Другие элементы |
| не более | | |
| Св-08  Св-08А  Св-08ГА  Св-10Г2 | ≤ 0,1 | ≤ 0,03 | 0,35…0,6  **0,8…1,1**  **1,5…1,9** | ≤ 0,15  ≤ 0,12  ≤ 0,1  ≤ 0,2 | ≤ 0,3  ≤ 0,25  ≤ 0,25  ≤ 0,3 | - | - | 0,04  0,03  0,025  0,03 | | 0,04 | - |
| 0,03 |
| ≤ 0,06 |
| ≤ 0,12 |
| Св-12ГС  Св-18ХГС  Св-08ХМФА | ≤ 0,14 | 0,6…  0,9  0,9…  1,2  0,12…  0,3 | 0,8…  1,1  0,35…0,36 | ≤ 0,2  **0,8…1,1**  **0,9…1,2** | ≤ 0,3 | 0,5…0,7 | - | 0,025 | | 0,03  0,025 | - |
| 0,15…  0,22 |
| 0,16…  0,1 |

**Примечание:** Выделены легирующие элементы, обозначенные в марках проволоки

1. В таблице 4 приведены составы плавленых флюсов для сварки стали, нужно выбрать соответствующий свариваемому сплаву флюс.

Таблица 4 - Химический состав плавленых флюсов для сварки сталей

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Компоненты  флюса | Марка флюса | | | | | | | |
| АН-348А | | ОСЦ-45 | | АН-22 | | АНФ-16 | АНФ-1 |
| Содержание компонентов,% | | | | | | | |
| **CaF2**  **NaF** | 4…5,5  - | 6…9  - | | 20…24  - | | 50…55  5…7 | | 92…96  - |
| SiO2  MnO  MgO  AL2O3 | 41…44  34…38  5…7,5  ≤ 4,5 | 38…44  38…44  ≤2,5  ≤5 | | 18…21  7…9  11,5…15  19…23 | | ≤ 5  -  5…9  23…32 | | ≤ 1,5  -  -  - |
| **CaО**  **Na2O,K2O** | ≤ 6,5  - | ≤6,5  - | | 12…15  1…2 | | ≤5  - | | 4…6  - |
| Fe2O3, не более | 2 | 2 | | - | | - | | - |
| S не более  P не более | 0,15  0,12 | 0,15  0,12 | | 0,05  0,05 | | 0,05  0,05 | | 0,05  0,05 |

Фториды кальция CaF2 и натрия NaF активно содействует удалению оксидной пленки. При сварке низкоуглеродистых сталей достаточно 4…9 % фториды (флюсы АН-348 и ОСЦ-45), низколегированных - 6…24% фторидов (флюсы ОСЦ-45, АН-22). При сварке высоколегированных сталей содержание фторидов во флюсе увеличивается до 55…96% (флюсы АНФ-16 и АНФ-1) Мелкозернистые флюсы (0,25…1,6 мм) используют при сварке проволокой диаметром менее 3мм, а крупнозернистые (1,6…3 мм) - диаметром 3мм и более.

1. Выбрать размер зерна флюса
2. Определить глубину провара h по формуле 1

h=0,6\*H (1)

где H - толщина свариваемых деталей, мм

1. Рассчитать силу сварочного тока Iсв по формуле 2

Iсв= , А (2)

Где Кпр=1,2 - коэффициент пропорциональности

1. Для подбора возможных диаметров сварочной проволоки используют зависимость (формула 3)

J= , А\мм2 (3)

Где j - плотность сварочного тока (сила сварочного тока, в амперах приходящаяся на 1 мм2 площади поперечного сечения сварочной проволоки), А/мм2.

Рекомендуемые плотности сварочного тока j для различных диаметров сварочной проволоки даны в таблице 5.

Таблица 5 - Подбор возможных диаметров сварочной проволоки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Диаметр сварочной проволоки d, мм | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Рекомендуемая плотность сварочного тока j, А\мм2 | 65…150 | 45…90 | 35…60 | 30…50 |

1. В приведенную выше формулу подставляют значение силы сварочного тока Iсв и диаметра сварочной проволоки d. Затем проверяют, попадает ли вычисленное значение плотности тока j в рекомендуемый интервал по таблице 5. Если попадает, то проволоку соответствующего диаметра можно использовать. Следует проверить все диаметры проволоки по очереди и отобрать нужные.
2. Определить напряжение сварочной дуги Uд по таблице 6

Таблица 6 - Зависимость напряжения дуги от силы сварочного тока

|  |  |
| --- | --- |
| Сила сварочного тока Iсв, А | Напряжение дуги Uд, В |
| Iсв ≤ 600А | Uд= 20+0,04\* Iсв |
| Iсв > 600А | Uд = 44В |

1. Полученные данные внести в таблицу 7

Таблица 7 - Результаты вычисления

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Марка сварочной проволоки | Марка флюса | Диаметр сварочной проволоки, мм | Плотность тока, А\мм2 | Сила тока, А | Напряжение на дуге, В |
|  |  |  |  |  |  |  |

1. Ответить на контрольные вопросы.
2. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Какие функции у сварочного флюса?
2. Какие еще применяются флюсы для сварке кроме плавленых?

Практическая работа № 6

**Тема:** Выбор сварочной порошковой проволоки

**Цель:** Формирование умения подбирать сварочную порошковую проволоку

**Знания** (актуализация):

* сущность механизированной сварки порошковой проволокой, сварочные материалы;
* маркировка сварочных материалов;

**Умения:**

* производить выбор сварочной порошковой проволоки;

**Задание**: Подобрать порошковую проволоку для сварки стали согласно своему варианту. Вариант задания в таблице 1

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Марка стали | Пространственное положение сварки |
| 1 | Сталь ВСт3 пс | нижнее |
| 2 | Сталь 09Г2С | вертикальное на «спуск» |
| 3 | Сталь10ХСНД | вертикально на «подъём» |
| 4 | Сталь 15 | горизонтальное |
| 5 | Сталь ВСт5сп | нижнее в лодочку |

ХОД РАБОТЫ

1. Определить химический состав стали и ее механические характеристики и внести в таблицы 2 и 3. Данные взять из марочника сталей и сплавов.

Таблица 2 - Химический состав свариваемой стали

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Углерод,% | Кремний, % | Марганец, % | Хром, % | Никель, % | Сера, % | Фосфор,% | Медь, % |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Таблица 3 - Механические свойства свариваемой стали

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Предел прочности, МПа | Предел текучести, МПа | Относительное удлинение, % | Твердость НВ |
|  |  |  |  |  |

1. Выбрать марку порошковой проволоки из таблицы 4, соотнося с механическими свойствами и химическим составом металла шва (таблица 5).

Таблица 4 - Технические характеристики промышленных марок порошковых проволок

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Марка прово­локи и диаметр | Какому типу электродов соответствует по  [ГОСТ 9467](https://files.stroyinf.ru/Data1/3/3997/index.htm)-75 | Назначена проволоки и область применения | Конструкция сердечника | Тип | Дополнительные сведения |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | ПП-АН1 2,8 | Э42 Э46 | Сварка низкоуглеродистых сталей Ст.3; Сталь 0,8; 10; 15; 20 и др. Ст.4, Ст.5 на умеренных режимах с незначительной глубиной провара в нижнем и  наклонном положениях. Все типы соединений на изделиях нестандартного оборудования: лестницы, площадки, карты, газопылевоздуховоды, короба и др. | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x002.jpg | Рутило-органический | Проволока самозащитная. Допускается сварка на переменном токе по увлажненному и ржавому металлу. Может применяться для сварки металла толщиной 3-6 мм, так как глубина проплавления небольшая. |
| 2 | ПП-AH3 2,8 3,0 | Э50А | Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей 09Г2, 09Г2С, 10Г2СД, 10XCHД, 09Г2ДТ, 14Г, 14Г2, 30ХГС в нижнем и наклонном положениях (угол наклона к горизонтали 15-20°). Все типы сварных соединений ответственных металлоконструкций: опоры, балки, фермы, колонны (возможна сварка стыков колонн в вертикальном положении). | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x004.jpg | Карбонатно-флюоритный | Проволока самозащитная. Сварка только на постоянном токе обратной полярности металла толщиной не менее 5 мм по зачищенным кромкам. Обладает высокой проплавлявшей способностью. |
| 4 | ПП-АН8 2,0 2,2 2,5 3,0 | Э50А | Сварка низкоуглеродистых сталей с содержанием более 0,25% С и низколегированных сталей в нижнем и наклонном (угол наклона 15-20°) положениях ответственных металлоконструкций с повышенными требованиями к товарному виду. Например, экспортная продукция. | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x008.jpg | Рутиловый | Проволока для сварки в СО2 на постоянном токе обратной полярности. Допускается сварка на переменном токе. Обладает высокими сварочно-технологическими свойствами и высокой производительнос-тью. |
| 5 | ПП-АН7 2,0 2,3 | Э50А | Аналогична проволоке ПП-АН3. Возможна сварка вертикальных и горизонтальных швов на вертикальной плоскости | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x010.jpg | Карбонатно-флюоритный | Проволока самозащитная. Отличается большим разбрызгиванием и газовыделением. |
| 6 | ПП-АН9 2,2-2,5 | Э50А | Полуавтоматическая и автоматическая сварка низколегированных конструкционных сталей ответственных металлоконструкций, работающих в условиях тяжелого нагружения при низких температурах. | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x012.jpg | Рутило-флюоритный | Сварка в СО2 отличается пониженной токсичностью по отношению к ПП-АН4 и повышенными требованиями к чистоте под сварку. |
| 7 | ПП-АН10 2,0 2,3 | Э50А | То же что и ПП-АН8, а так же для автоматической сварки. | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x014.jpg | Рутиловый | Сварка в СО2. отличается незначительным разбрызгиванием и более надежной транспортировкой по шлангам. |
| 8 | ПП-АН11 2,0 2,4 | Э50А | Полуавтоматическая сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей ответственных металлоконструкций во всех пространственных положениях | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x016.jpg | Карбонатно-флюоритный | Проволока самозащитная |
| 9 | ПП-IДСК 2,2 1,8 | Э46Т | Полуавтоматическая сварка низкоуглеродистых сталей в нижнем и наклонном положениях. Обшивы котлов, бункеры, кожухи печей, настилы и др. То же в вертикальном положении. | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x018.jpg | Рутило-органический | Проволока самозащитная, сварка на постоянном токе обратной полярности. |
| 10 | ПП-2ДСК 2,35 | Э50А | Полуавтоматическая сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей в нижнем наклонном положениях. Применяется для выполнения заполняющих разделку слоев горизонтальных швов на вертикальной плоскости. Ответственные металлоконструкции: кожух домны, колонны, резервуары, трубопроводы. | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x020.jpg | Карбонатно-флюоритный | Самозащитная проволока, сварка выполняется на постоянном токе обратной полярности. Возможна сварка вертикальной плоскости стыков V-образной разделкой путем постоянного заполнения методом снизу вверх. |
| 11 | ПВС-IЛ 1,9-2 | Э46 | Полуавтоматическая сварка низкоуглеродистых сталей в нижнем и вертикальном положениях. Возможна сварка в потолочном положении | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x022.jpg | Рутилооргани­ческий | Проволока самозащитная. Сварка выполняется на постоянном токе обратной полярности. |
| 12 | ПВС-3 1,8 | 350 | Полуавтоматическая сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей во всех производственных положениях. | То же | Проволока самозащитная. Особо рекомендуется для сварки корневых швов трубопроводов. |
| 13 | ЭПС 15/2 2,5 | Э50А | Предназначена для сварки в нижнем, наклонном (до 30° к горизонтали) положениях низкоуглеродистых и низколегированных сталей. | https://files.stroyinf.ru/Data1/49/49026/x024.jpg | Карбонатно-флюоритный | Проволока самозащитная. Отличается меньшей в 2,0-2,5 раза проплавляющей способностью, чем ПП2ДСК. Требует строгого соблюдения режимов сварки по напряжению и вылета электрода. |

Сварка открытой дугой порошковой проволокой (СОДПП) всех типов, как правило, должна производиться на постоянном токе обратной полярности ("плюс" на электроде).

Таблица 5 - Химический состав и механические свойства металла шва, выполненного порошковой проволокой

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Марка проволоки | Марка стали | Толщина свариваемого металла, мм. | Содержание элементов, % | | | | | | Предел прочности, кг/мм2 | Относительное удлинение, % | Ударная вязкость, кгс. м/см2 при t°C | | | Угол загиба, град. |
| С не более | Mn | Si | S | Р | N |
| Не более | | |
| 1 | ПП-АН1 | Ст 3 | 5-20 | 0,10 | 0,6-0,8 | 0,15 | 0,035 | 0,035 | 0,04 | 46 | 18 | 8 | - | - | 120 |
| 2 | ПП-1ДСК | Ст3 | ≥3 | 0,12 | 0,6-1,0 | 0,10-0,16 | 0,035 | 0,035 | 0,04 | 46 | 18 | 8 | - | - | 120 |
| 3 | ПВС-1Л | Ст3 | ≥2 | 0,06-0,12 | 0,5-0,9 | 0,05-0,14 | 0,03 | 0,03 | - | 45-52 | 18-24 | 8-13 | 5-10 | - | - |
| 4 | ПВС-3 | Ст3 | ≥3 | 0,08-0,12 | 0,5-0,7 | 0,05-0,08 | 0,04 | 0,04 | - | 50 | 18 | 8 | - | - | 160 |
| 5 | ПП-АН3 | 09Г2 | ≥5 | 0,07-0,12 | 0,7-1,3 | 0,2-0,45 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 59,1 | 27,6 | 19,0 | 9,4 | - | 150 |
|  |  | 14Г2 | ≥5 | 0,07-0,12 | 0,7-1,3 | 0,2-0,45 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 56,0 | 28,7 | 26,6 | 12,0 | - | 150 |
| 6 | ПП-АН7 | 10ХСНД | ≥3 | 0,06-0,13 | 0,7-1,3 | 0,2-0,5 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 54,0 | 28,0 | 17,0 | 8,9 | - | - |
| 7 | ПП-2ДСК | 09Г2 | ≥3 | 0,14 | 0,7-0,9 | 0,12-0,25 | 0,03 | 0,03 | - | 50,0 | 20,0 | 18,0 | 10,3 | 5,2 | 150 |
| 8 | ЭПС-15/2 | 16ГС | ≥5 | 0,08-0,10 | 0,05-0,85 | 0,07-0,15 | 0,022-0,028 | 0,018-0,03 | - | 52-58 | 22-26 | 14-18 | 9,7 | - | - |
| 9 | ПП-АН4 | 09Г2 | ≥4 | 0,07-0,10 | 0,8-1,3 | 0,2-0,5 | 0,03 | 003 | 0,008 | 50,8 | 28,3 | 17,2 | 14,1 | 11,2 | 150 |
|  |  | Ст3сп. | ≥4 | 0,07-0,10 | 0,8-1,3 | 0,2-0,5 | 0,03 | 0,03 | 0,008 | 53,2-57,3 | 28,4-23,5 | 18,1 | 14,2 | 12,9 | 150 |
| 10 | ПП-АН8 | 10Г2С1 | ≥4 | 0,04-0,06 | 0,7-1,1 | 0,17 | 0,03 | 0,03 | 0,008 | 56,2 | 28,7 | 19,0 | 11,8 | 11,7 | 180 |
|  |  | Ст.3сп | ≥4 | 0,04-0,06 | 0,7-1,1 | 0,24 | 0,03 | 0,03 | 0,008 | 51,2 | 29,3 | 15,1 | 11,8 | 5,8 | 180 |
| 11 | ПП-АН9 | 10Г2С1 | ≥4 | 0,7-0,12 | 0,9-1,6 | 0,25-0,45 | 0,03 | 0,03 | 0,011 | 56,8 | 29,7 | 20,4 | 13,2 | 10,8 | 180 |
| 12 | ПП-АН10 | 10ХСНД | ≥4 | 0,04-0,06 | 0,7-1,1 | 0,24 | 0,03 | 0,03 | 0,008 | 57,2 | 27,8 | 17,6 | 12,2 | 9,9 | 180 |

1. Привести полную маркировку порошковой проволоки, учитывая прочностные характеристики, положение при сварке, способы защиты сварочной ванны. Назначить защитный газ (при необходимости)
2. Зарисовать в таблице 6, столбец 6 конструкцию сердечника.
3. Привести примерный состав шихты порошковой проволоки.
4. Результаты подбора занести в таблицу 6.

Таблица 6 - Результаты подбора

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка проволоки | Расшифровка марки проволоки | Род тока и полярность | Механические свойства металла шва | Область применения сварочной порошковой проволоки | Эскиз конструкции сердечника, с указанием материала сердечника | Защита сварочной ванны при сварке порошковой проволокой |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|  |  |  |  |  |  |  |

1. Сделать вывод о проделанной работе.
2. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа №7

**Тема:** Расчет расхода сварочных материалов при сварке в среде защитных газов

**Цель работы:** Сформировать умение расчета расхода сварочных материалов при сварке в среде защитных газов

**Знания:**

* сущность механизированной сварки в среде защитных газов, сварочные материалы;
* маркировка сварочных материалов;

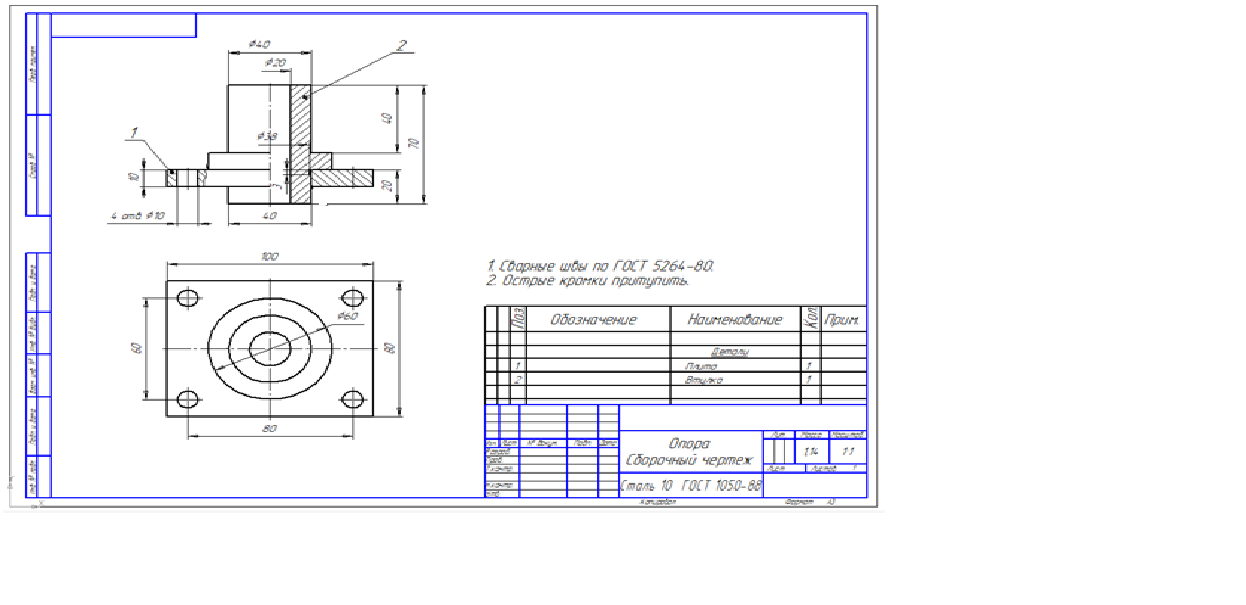
**Умения:**

* производить расчет расхода сварочных материалов при механизированной сварке в среде защитных газов;

**Задание:** Рассчитать расход сварочных материалов при сварке узла в среде защитных газов.

ХОД РАБОТЫ

1. Начертить чертеж сварного узла.



1. Проставить сборочные размеры узла
2. Обозначить сварные швы
3. Начертить конструктивные элементы шва по ГОСТ 14771-76 и проставить размеры шва.
4. По начерченному эскизу рассчитать площадь наплавленного метала по формулам в таблице 1, подставляя размеры своего шва:

Таблица 1 - Расчет площади наплавленного металла

|  |  |
| --- | --- |
| Чертеж сварного соединения | Расчетная формула площади наплавленного металла |
| 1.png |  |
| 2.png |  |
| 1.png |  |
| 3.png |  |
| 2.png |  |
| 3.png |  |
| 4.png |  |

1. Рассчитать длину сварных швов, мм
2. Рассчитать массу наплавленного металла, г,  по формуле 1:

https://pvrt.ru/upload/000/u1/0/4/c691ce11.jpg (1),

где **l** – длина шва, см; *ρ*– плотность наплавленного металла (для стали *ρ*=7,8 г/см3);

Fсв - площадь наплавленного металла, см2

1. Выбрать диаметр проволоки из таблицы 1

Таблица 1 - Зависимость диаметра проволоки от толщины свариваемого металла

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметр | Значение | | |
| Толщина листа, мм | 1-2 | 3-6 | 6-24 и более |
| Диаметр электродной проволоки dэ, мм | 0,8-1,0 | 1,2-1,6 | 2,0 |

1. Назначить марку сварочной проволоки
2. Рассчитать расход проволоки, г по формуле 8:

https://pvrt.ru/upload/000/u1/e/b/2e9a70b9.jpg(8),

где**GH** – масса наплавленного металла, г;

**Ψ** – коэффициент потерь, (**Ψ** = 0,1 … 0,15).

1. Полученные значения занести в таблицу 3

Таблица 3 - Результаты расчетов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали | Марка сварочной проволоки и защитного газа | Длина шва, м | Расход защитного газа, л | Расход проволоки, кг |
|  |  |  |  |  |

|  |  |
| --- | --- |
| Толщина металла, мм | Расход углекислого газа, л/мин |
| 1,0-3,0  4,0-8,0  9,0-12,0  13,0-28,0 | 8-10  15-16  18-20  24-25 |

1. Из таблицы 4 выбрать расход защитного газа.

Таблица 4 - Расход газа в зависимости от толщины свариваемого металла

1. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 8

**Тема:** Анализ конструкторской документации

**Цель работы:** Сформировать умение анализировать конструкторскую документацию

**Знания** (актуализация):

* сущность проектирования сварного узла
* обозначение сварных швов на чертежах, маркировка сварочных материалов;

**Умения:**

* производить анализ конструкторской документации, нанесение сборочных размеров, построение деталировки сварного узла;

**Задание:** Провести анализ сварного узла согласно своему варианту (таблица 1)

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Чертеж сварного узла |
| 1 | https://studydocs.ru/studfiles/867/916/1086123/'%D0%92%D0%90%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82%20%E2%84%9615.doc'_html_9d7f9f5d62e2e6f6.jpg |
| 2 | https://studydocs.ru/studfiles/867/916/1086123/'%D0%92%D0%90%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82%20%E2%84%9615.doc'_html_9d7f9f5d62e2e6f6.jpg |
| 3 | https://studydocs.ru/studfiles/867/916/1086123/'%D0%92%D0%90%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82%20%E2%84%9615.doc'_html_9d7f9f5d62e2e6f6.jpg |
| 4 | https://studydocs.ru/studfiles/867/916/1086123/'%D0%92%D0%90%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82%20%E2%84%9615.doc'_html_9d7f9f5d62e2e6f6.jpg |
| 5 | https://ds03.infourok.ru/uploads/ex/079c/00002eab-9cfe232f/hello_html_35e5beb8.jpg |
| 6 | https://ds03.infourok.ru/uploads/ex/079c/00002eab-9cfe232f/hello_html_35e5beb8.jpg |
| 7 | https://ds02.infourok.ru/uploads/ex/0f62/000468a9-6df3810d/hello_html_548800fb.jpg |
| 8 | https://ds02.infourok.ru/uploads/ex/0f62/000468a9-6df3810d/hello_html_548800fb.jpg |

ХОД РАБОТЫ

1. Начертить сварной узел в трех проекциях (главный вид, вид сверху и вид сбоку).
2. Проставить размеры, относящиеся к сварному узлу и требования по отклонению формы.
3. Обозначить сварные шва в соответствии с выбранным видом сварки необходимо в соответствии с ГОСТ 2.312-72 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Условные изображения и обозначения швов сварных соединений».
4. В правом нижнем углу чертежа написать технические требования к сварному узлу.
5. Заполнить чертежный штамп: фамилия разработчика, фамилия преподавателя, номер узла, наименование узла, количество листов чертежа.
6. Разбить узел на детали и присвоить каждой детали номер позиции.
7. Составить спецификацию в соответствии с чертежом.
8. Начертить чертеж каждой детали, входящей в узел.
9. Указать размеры деталей (номинальный размер, квалитет или отклонения размеров), требования по отклонению формы, требования к чистоте обработки (шероховатость поверхности).
10. Указать в штампе чертежа материал детали.
11. Результаты работы занести в таблицу 2.

Таблица 2 - Результаты работы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер и наименование сварного узла | Количество входящих деталей | Номер и наименование входящих деталей | Количество сварных швов | Вид сварки |
|  |  |  |  |  |

1. Сделать вывод о проделанной работе.
2. Оформить отчет и чертежи и сдать преподавателю

Практическая работа № 9

**Тема:** Разработка технологической карты операции сварки

**Цель работы:** Сформировать умение проектировать операцию технологического процесса сварки

**Знания** (актуализация):

* сущность проектирования технологии сварки;

**Умения:**

* производить анализ конструкторской документации, проектировать технологию сварки;

**Задание:** Спроектировать технологическую карту сварки узла из работы №8 в соответствии со своим вариантом.

ХОД РАБОТЫ

1. Составить последовательность наложения сварных швов, обеспечивая нижнее положение при сварке и занести данные в таблицу 1

Таблица 1 - Операционная карта сварки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер операции | Номер перехода | Содержание перехода | Оборудование и инструмент | Профессия рабочего и его разряд |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|  |  |  |  |  |

1. В столбце 1 - вписывать номер операции сварки 005
2. В столбце 2 - вписывать номер перехода при выполнении операции сварки в соответствии с очередностью наложения швов.
3. В столбце 3 - перечислить действие по выполнению сварного шва:

* Подготовить поверхности свариваемых деталей;
* Собрать деталь № с деталью № …;
* Закрепить;
* Прихватить, с указанием катета, длины прихваточного шва и сварочных материалов необходимых для выполнения прихватки;
* Сварить деталь № с деталью №, с указанием катета, длины сварного шва и сварочных материалов необходимых для выполнения сварки;
* Отложить узел на место складирования;

1. В столбце 4 - вписывать оборудование и инструмент для выполнения сварки и прихватки.

Перечень используемого оборудования и инструментов смотри в таблице 2

Таблица 2 - Перечень оборудования и оснастки, применяемый для производства сварных конструкций

|  |  |
| --- | --- |
| Оборудование и инструмент | Марка оборудования, ГОСТ или ТУ для инструмента |
| Трансформатор | ТДМ-306 |
| Выпрямитель | ВДГ-303 |
| Полуавтомат | А-547У |
| Щиток наголовный | НН-С3 ГОСТ 12.4.023-84 |
| Светофильтр | С3 ОСТ 21-6-87 |
| Стекло оконное 52×102 | ГОСТ Р 54170-2010 |
| 7850-0103 Молоток 0,5 | ГОСТ2310-77 |
| 2810-0219 Зубило | ГОСТ7211-86 |
| Очки 034-У | ГОСТ Р 12.4.230.1-2007 |
| 7814-0261 Плоскогубцы ИХ9 | ГОСТ 5547-93 |
| 7840-1001 Чертилка | ГОСТ 24473-80 |
| Линейка 500 | ГОСТ427-75 |

1. В столбце 5 - вписывать профессию рабочего сварщика и слесаря, указать разряд рабочего способного выполнять работу заданной сложности.
2. Сделать вывод о проделанной работе.
3. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 10

**Тема:** Последовательность наложения швов в металлоконструкциях

**Цель работы:** Сформировать умение проектировать порядок наложения сварных швов в металлоконструкциях

**Знания:**

* сущность проектирования очередности наложения сварных швов;

**Умения:**

* производить анализ конструкторской документации, проектировать очередность наложения сварных швов при сварке металлоконструкций

**Задание:** Начертить выполнение сварных швов при ручной дуговой сварке швов различной длины.

ХОД РАБОТЫ

1. Начертить наложение шва протяженностью 570 мм
2. Начертить наложение шва протяженностью 200 мм
3. Начертить наложение шва протяженностью 890 мм, выполняемый согласованными действиями двух рабочих
4. Начертить колебательные движения электрода при выполнении стыкового шва за три прохода (корневой, заполняющий и облицовочный швы). Толщина свариваемых деталей составляет 25 мм. Длина шва 350 мм
5. Изобразить колебательные движения электрода при сварке стыкового соединения в потолочном положении за один проход. Длина шва 50 мм.
6. Сделать вывод о проделанной работе.
7. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 11

**Тема:** Расчет количества прихваток на швы большой протяженности

**Цель работы:** Сформировать умение расчета количества и длины прихваток

**Знания (**актуализация**):**

* сущность расчета длины и количества прихваток при сварке швов большой протяженности;

**Умения:**

* производить анализ конструкторской документации;
* производить расчет количества прихваток при сварке длинных швов

**Задание:** Рассчитать количество и длину прихваток при сварке длинных швов и подобрать сварочные материалы для производства прихваток согласно своему варианту из таблицы 1

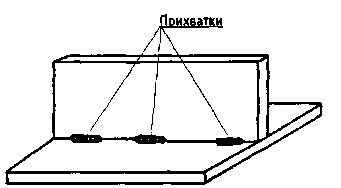
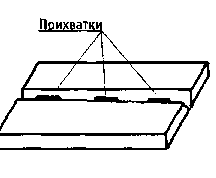
Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Длина шва, мм | Толщина свариваемых деталей, мм | Материал свариваемых деталей | Вид соединения |
| 1 | 1000; 2500 | 3;15 | Сталь 08; СтальСт3пс | Стыковое; угловое |
| 2 | 800; 2700 | 4;8 | Сталь 10; Сталь Ст5сп | Стыковое; тавровое |
| 3 | 1200; 2400 | 3; 16 | Сталь 15; Сталь Ст3сп | Стыковое; угловое |
| 4 | 900; 2800 | 5; 18 | Сталь20; Сталь Ст2кп | Стыковое; нахлесточное |

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Прихватка - это процесс закрепления деталей при сборке под сварку при помощи коротких сварных швов, называемых прихваточными или «прихватками».

«Прихватки» выполняются ручной дуговой сваркой однопроходными швами с определенным шагом или расстоянием между швами (рисунок 1).



а

б

Рисунок 1 - Расположение прихваток: а - тавровое соединение; б - стыковое соединение

Длина прихваточных швов зависит от протяженности соединения. Наиболее часто применяются прихватки длиной от 10 до 60 мм.

Прихватки, длиной < 10 мм (точечные) применяют:

* для закрепления при сборке деталей из тонколистовой стали толщиной до 3 мм ( < 3 мм);
* для закрепления при сборке  
  мелких деталей;
* для временного фиксирования деталей в определенном положении;
* для предварительного закрепления деталей.

Угловые прихваточные швы следует выполнять с проваром вершины угла

Требования к выполнению прихваток

* Прихватки следует располагать равномерно по всей длине или периметру соединения с одинаковым расстоянием между ними.
* Расстояние между прихваточными швами определяется в зависимости от протяженности соединения и обычно составляет от 80 до 350 мм

Прихватку стыковых соединений при наличии повышенных и неравномерных зазоров  
следует производить уширенными швами:

S = (2...3)dэ;

где dэ — диаметр электрода, мм; s — ширина шва, мм

Прихватки тавровых, угловых и нахлесточных соединений выполняют короткими угловыми швами: катет (К) прихваточного углового шва должен быть в пределах (0,5 ... 0,7) S1, но не менее 3 мм и не более 7 мм;

здесь S1 - толщина более тонкой из свариваемых деталей, мм.

ХОД РАБОТЫ

1. Подобрать электрод для производства прихватки в соответствии со своим вариантом и привести полную маркировку электрода
2. Выбрать диаметр электрода по таблице 2

Таблица 2 - Выбор диаметра электрода в зависимости от толщины свариваемого металла

|  |  |
| --- | --- |
| Толщина свариваемого металла, мм | Диаметр электрода Dэл, мм |
| До 3 | 2...2,5 |
| от 3 до 10 | 2,5...3 |
| >10 | 3...4 |

1. Исходя из диаметра электрода, выбрать сварочный ток для проведения прихваточного шва

Таблица 2 - выбор сварочного тока в зависимости от диаметра электрода

|  |  |
| --- | --- |
| Диаметр электрода, Dэл мм | Сила сварочного тока, А |
| 2,0 | 60...90 |
| 2,5 | 80...110 |
| 3,0 | 90..110 |
| 4,0 | 140...160 |

1. Рассчитать напряжение на дуге по формуле 1

Uд = 20+0,04\*Iсв (1),

Где Iсв - сварочный ток, А

1. Рассчитать количество прихваток при сварке стыкового соединения
2. Рассчитать длину прихваток при сварке стыковых соединений
3. Рассчитать количество прихваток и их длину при сварке углового, таврового, нахлесточного соединений, повторяя действия с 1 по 7, рассчитывая катет углового шва
4. Полученные результаты внести в таблицу 3

Таблица 3 - Результаты расчета

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид соединения | Электрод (полное обозначение) и его диаметр, мм | Количество прихваток | Длина одной прихватки, мм | Общая длина прихваток, мм | Режимы сварки:  Iсв, А  Uд, В |
| стыковое |  |  |  |  |  |
| угловое, тавровое, нахлесточное |  |  |  |  |  |

1. Сделать вывод о проделанной работе
2. Оформить отчет и сдать преподавателю

Практическая работа № 12

**Тема:** Расчет режимов и техника проведения сварки стыковых швов.

**Цель работы:** Сформировать умение расчета режимов и техники проведения сварки стыковых швов

**Знания** (актуализация**):**

* сущность расчета режимов сварки и техники проведения сварки стыковых швов;

**Умения:**

* производить расчет режимов сварки стыковых швов;
* производить подбор колебательных движений электродом;

**Задание:** Рассчитать режим сварки стыковых швов и указать колебательные движения электродом при сварке стыкового шва согласно своему варианту по таблице 1

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № варианта | S | c | b | e | e1 | q | q1 |
| 1 | 14 | 7 | 1 | 13 | 6 | 2 | 2 |
| 2 | 16 | 7 | 1 | 15 | 7 | 2 | 2 |
| 3 | 18 | 7 | 1 | 16 | 8 | 2 | 2 |
| 4 | 20 | 7 | 1 | 17 | 8 | 2 | 2 |
| 5 | 22 | 7 | 1 | 19 | 9 | 2 | 2 |
| 6 | 24 | 7 | 1 | 20 | 9 | 2 | 2 |

Исходные данные:

- толщина детали (стыка) (S);

- величина притупления (с);

- угол разделки кромок (α);

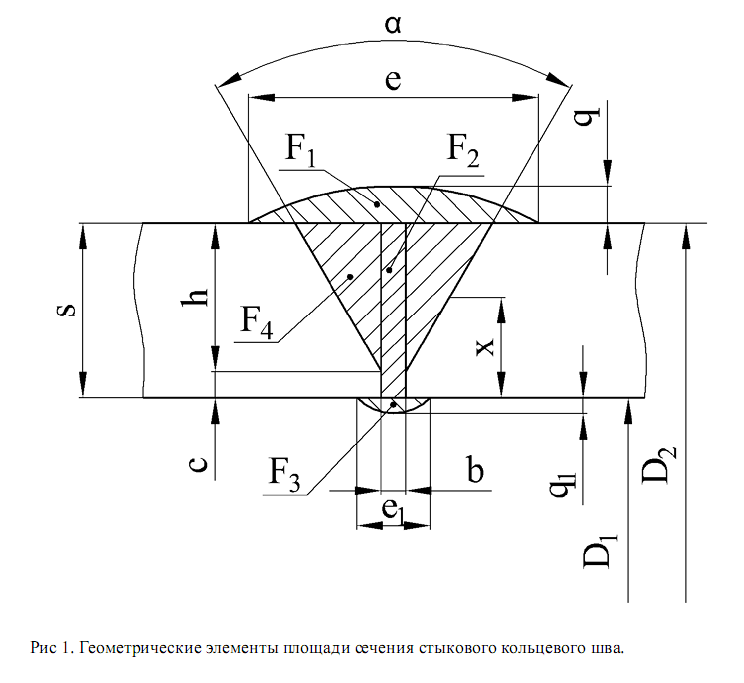
- ширина шва: внутреннего – (e1), наружного – (e);

- высота усиления: внутреннего – (q1), наружного – (q);

- наружный диаметр - D2 = 1420 мм;

- внутренний диаметр – D1 = D2 – 2S;

- величина зазора (b);



ХОД РАБОТЫ

1. Назначить тип и марку электрода
2. Диаметр электрода выбрать по таблице 2

Таблица 2 - Рекомендуемые диаметры электродов при сварке стыковых швов в нижнем положении, мм

|  |  |
| --- | --- |
| Толщина свариваемых деталей | Рекомендуемый диаметр электрода |
| 1,5  2,0  3,0  4 - 5  6 - 8  9 - 12  13 - 15  16 - 20  21 - 24 | 1,6  2,0  3,0  3,0 – 4,0  4,0  4,0 – 5,0  5,0  5,0 – 6,0  6,0 – 10,0 |

1. Рассчитать площадь сечения наплавленного металла шва (FН).

*При сварке многослойных швов на металле толщиной 10 – 12 мм и более первый слой должен свариваться электродами на 1 мм меньше, чем указано в таблице 1, но не более 5 мм (чаще всего 4 мм), так как применение электродов больших диаметров не позволяет проникнуть в глубину разделки для провара корня шва.*

При определении числа проходов следует учитывать, что сечение первого прохода не должно превышать 30-35 мм2 и может быть определено по формуле:

Fк = (6 – 8) dэл , мм2 , (1)

а последующих проходов – по формуле:

Fс = (8 – 12) dэл , мм2 , (2)

где Fк – площадь поперечного сечения первого прохода, мм2 ;

Fс – площадь поперечного сечения последующих проходов, мм2 ;

dэл – диаметр электрода, мм.

Для определения числа проходов и массы наплавленного металла требуется знать площадь сечения швов.

Площадь сечения стыкового шва с V–образной разделкой и с подваркой корня шва (см. рисунок 1) определяется как сумма геометрических фигур:

Fн = F1 + F2 + F3 + 2F4 , (3)

Глубина проплавления h определяется по формуле:

h = (S - c), мм. (4)

Площадь сечения геометрических фигур (F1 + F2) определяют по формуле (5),

(F1 + F2) = (0,75 е·q)+ (S·b), мм2, (5)

F3 – по формуле 6,

F3 = 0,75 е1·q1 , мм2 , (6)

Площадь прямоугольных треугольников F4 определяют по формуле:

F4 = h · x/2, мм2 , (7)

где x = h tg α/2;

тогда:

F4 = (h2 ·tg α/2) /2, мм2 , (8)

Но рассматриваемая нами площадь V–образного шва состоит из двух прямоугольных треугольников, поэтому:

2F4 = h2 · tg α/2, мм2 . (9)

Подставляя значения элементарных площадей в формулу (3), получим:

Fн = 0,75 е·q +в·S + 0,75 e1 ·q1 + h2 ·tg α/2, мм2 . (10)

Зная общую площадь поперечного сечения наплавленного металла (Fн), а также площадь поперечного сечения первого (Fк) и каждого из последующих проходов шва (Fс), находят общее число проходов «n» по формуле:

n = () + 1. (11)

Полученное число округляют до ближайшего целого.

Рассчитать значение силы сварочного тока при ручной дуговой сварке производится по диаметру электрода и допускаемой плотности тока по формуле:

Iсв = Fэл· j = (π · dэл2 / 4) · j , А, (12)

где π – 3,14;

j – допустимая плотность тока, А/мм2;

Fэл – площадь поперечного сечения электрода, мм2;

dэл – диаметр электрода, мм.

Сварочный ток определяется для сварки первого прохода и последующих проходов только при сварке многопроходных швов и если принят разный диаметр электрода.

*Допустимая плотность тока зависит от диаметра электрода и вида покрытия: чем больше диаметр электрода, тем меньше допустимая плотность тока, так как ухудшаются условия охлаждения (смотри таблицу 3).*

Таблица 3 - Допустимая плотность тока в электроде при ручной дуговой сварке

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид покрытия | Диаметр стержня электрода, мм | | | | |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 и более |
| Основное | 15,0-20,0 | 13,0-18,5 | 10,0-14,5 | 9,0-12,5 | 8,5-12,0 |
| Кислое, рутиловое | 14,0-20,0 | 13,5-19,0 | 11,5-15,0 | 10,0-13,5 | 9,5-12,5 |

1. Рассчитать напряжение на дуге

Определяется напряжение по формуле (13), отдельно для корневого (и подварочного) шва (Uдк) и для последующих швов (Uд С), если приняты соответственно различные диаметры электродов:

Uд=12+ (13)



1. Рассчитать скорость перемещения дуги (скорость сварки)  по формуле (14):

Vсв = Lн· Iсв/ γ · Fн · 100, м/ч, (14)

где Lн – коэффициент наплавки, г/А час; (см. табл. №1)

γ – плотность наплавленного металла за данный проход, г/см3(7,8 г/см3 – для стали);

Iсв – сила сварочного тока, А;

Fн – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм2 .

Скорость перемещения дуги (скорость сварки) определяют для первого прохода и последующих проходов только при сварке многопроходных швов.

1. Результаты расчета режима сварки стыкового шва следует занести в таблицу 4.

Таблица 4 - Режимы сварки стыкового шва и его размеры

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид проходов | Диаметр электрода, мм | Сила тока Iсв, А | Напряжение дуги U, В | Общая длина шва, мм | Площадь поперечного сечения, Fн мм2 |
| Корневой |  |  |  |  |  |
| Последующий |  |  |  |  |  |

1. Начертить колебательные движения электрода при сварке стыкового шва в нижнем положении, в соответствии с толщиной свариваемой детали из данного варианта
2. Сделать вывод о проделанной работе.
3. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 13

**Тема:** Расчет режимов и техника проведения сварки при выполнении угловых швов

**Цель работы:** Сформировать умение расчета режимов и техники проведения сварки угловых швов

**Знания** (актуализация**):**

* сущность расчета режимов сварки и техники проведения сварки угловых швов

**Умения:**

* производить расчет режимов сварки угловых швов;
* производить подбор колебательных движений электродом;

**Задание:** Рассчитать режим сварки угловых швов и указать колебательные движения электродом при сварке углового, таврового и нахлесточных соединений, согласно своему варианту по таблице 1

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Эскиз соединения | δ | δ1 |
| 1 |  | 20 | 20 |
| 2 |  | 15 | 15 |
| 3 |  | 10 | 10 |

ХОД РАБОТЫ

1. Начертить эскиз сварного соединения
2. Проставить недостающие размеры из ГОСТ 5264-80
3. Назначить тип и марку электрода
4. Диаметр электрода выбрать по таблице 2

*При сварке угловых швов  выбирается в зависимости от катета шва.*

Таблица 2 - Примерное соотношение между диаметром электрода и катетом шва при сварке угловых швов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Катет шва, К, мм | 2 | 3 | 4 | 5 | 6-8 | 9-12 | 12-20 |
| Рекомендуемый диаметр электрода, dэл , мм | 1,6-2 | 2,5-3 | 3-4 | 4,0 | 4-5 | 5,0 | 5,0 |

1. Рассчитать площадь наплавленного металла

При ручной дуговой сварке за один проход могут свариваться швы катетом не более 8 мм.

При больших катетах швов сварка производится за два и более проходов. Максимальное сечение металла, наплавленного за один проход, не должно превышать 30 – 40 мм2 (Fmax = 30÷40 мм2).

Площадь поперечного сечения углового шва, которую необходимо знать при определении числа проходов, рассчитывают по формуле 1:

Fн = Kу ·К2 / 2 мм2 , (1)

где Fн – площадь поперечного сечения наплавленного металла, мм2;

К – катет шва, мм;

Ку – коэффициент увеличения, который учитывает выпуклость шва и зазоры.

Для наиболее часто встречающихся угловых швов с катетом 2 – 20 мм, коэффициент Ку выбирают по таблице 3.

Таблица 3 - Коэффицент увеличения углового шва, в зависимости от катета шва

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Катет шва, К, мм | 2 | 3-4 | 4-5 | 6-8 | 9-12 | 12-20 |
| Коэффициент увеличения (Ку ) | 1,8 | 1,5 | 1,35 | 1,25 | 1,15 | 1,10 |

1. Рассчитать количество проходов при сварке по формуле 2

n = Fn / (30…40), (2)

где Fп - площадь наплавленного металла за один проход. Полученное дробное число округляют до ближайшего целого.

1. Рассчитать силу сварочного тока по формуле 3

Iсв = (π · d2эл/4) · j, (3)

где π – 3,14;

dэл – диаметр электрода, мм;

j – допустимая плотность тока, А/мм2.

Плотность тока выбирается в пределах, рекомендуемых в таблице 4.

Таблица 4 - Допустимая плотность тока в электроде при ручной дуговой сварке

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид покрытия | Диаметр стержня электрода, мм | | | | |
| 2 | 3 | 4 | 5 | 6 и более |
| Основное | 15,0-20,0 | 13,0-18,5 | 10,0-14,5 | 9,0-12,5 | 8,5-12,0 |
| Кислое, рутиловое | 14,0-20,0 | 13,5-19,0 | 11,5-15,0 | 10,0-13,5 | 9,5-12,5 |

1. Назначить напряжение на дуге

Напряжение на дуге при ручной дуговой сварке изменяется в пределах 20 – 38 В. Следует принять любое значение в интервале приведенных значений.

1. Рассчитать скорость сварки по формуле 4:

Vсв = Lн · Iсв / γ · Fн ·100, м/ч, (4)

где Lн – коэффициент наплавки, г/А час, выбирается из таблицы 5;

γ – плотность наплавленного металла, г/см3 (7,8 г/см3 – для стали);

Fн – площадь поперечного сечения наплавленного металла углового шва, см2;

Iсв – сила сварочного тока, А

.

Таблица 5 - Коэффициенты наплавки для различных марок электродов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка электрода | Ток и полярность | Напряжение на дуге, В | Коэффициент наплавки, г/А·ч |
| УОНИИ 13/45 | Постоянный прямой полярности | 20 – 25 | 8,0 |
| УОНИИ 13/55 | 22 – 26 | 7,0 – 8,0 |
| ЦМ - 7 | 27 – 30 | 10,0 |
| АНО – 4С | Переменный | 32 - 34 | 8,0 – 8,3 |

1. Провести аналогичные расчеты для сварки последующих проходов по формулам 1-4
2. Результаты расчетов режима сварки угловых швов занести в таблицу 6.

Таблица 6 - Режимы сварки угловых швов

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Сварка | Режимы сварки | | | |
| Марка электрода и его диаметр dэл , мм | Iсв , А | Uд , В | Vсв,м/ч |
| Первого прохода |  |  |  |  |
| Последующих проходов |  |  |  |  |

1. Начертить колебательные движения электрода при сварке деталей своего варианта
2. Сделать вывод о проделанной работе.
3. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 14

**Тема:** Расчет режимов механизированной сварки в защитных газах

**Цель:** Формирование умения подбирать режимы сварки в среде защитных газов.

**Знания (**актуализация)**:**

* сущность и режимы основных видов сварки и резки, сварочные материалы и устройства сварочного оборудования;
* технологию сварочных работ;

**Умения:**

* производить выбор сварочного оборудования и оптимальных режимов сварки и резки;

**Задание:** Подобрать режим, сварочные материалы, для полуавтоматической сварки в среде защитных газов плавящимся электродом, стыкового соединения. Тип разделки С12 по ГОСТ 14771-76 заданной марки стали. Марку стали взять из таблицы 1.

Таблица 1 - Вариант задания

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Марка стали | Длина шва, мм | Условия работы свариваемой конструкции |
| 1 | Сталь 09Г2С | 300 | При температуре от +10 до -40 |
| 2 | Сталь 15Х | 350 | При температуре от +30 до -70 |
| 3 | Сталь 10ХСНД | 500 | При температуре от +20 до -30 |
| 4 | Сталь 15ХНДП | 450 | При температуре от +50 до -30 |
| 5 | Сталь 15ХСНД | 380 | При температуре от +40 до -70 |

Основными параметрами режима сварки в среде защитных газов являются:

* Диаметр электродной проволоки, мм
* Сила сварочного тока, А
* Напряжение дуги, В
* Скорость сварки, м\ч
* Расход защитного газа, qr .
* Дополнительными параметрами режима являются:
* 6. Род тока.
* 7. Полярность при постоянном токе.

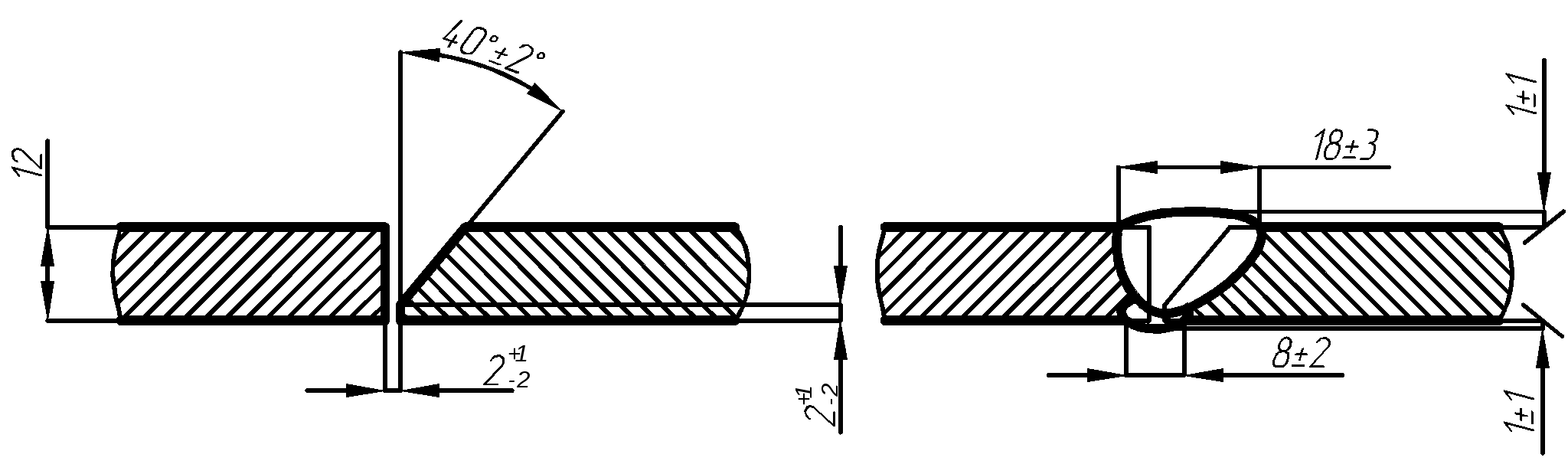


Рисунок 1 – Чертеж свариваемых деталей

ХОД РАБОТЫ:

1. Составить таблицу №2 химического состава заданной марки стали. Данные взять из марочника сталей и сплавов;

2. Рассчитать параметры сварки подварки корня шва:

Н=S=2

где s– толщина металла, мм;

**2.1** Из таблицы №3 выбрать диаметр электродной проволоки в соответствии с толщиной свариваемых деталей;

Таблица №3 **-** Выбор диаметра электродной проволоки для сварки швов стыковых соединений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина металла, мм | Форма подготовки кромок | Зазор в стыке, мм | Диаметр электродной проволоки, мм | Число проходов |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,8-1,0  1,5-2,0  2,5-3,0  3,5-4,0 | Встык, без разделки кромок | 0-1,0  0-1,0  0-1,5  0-1,5 | 0,8  1,0  1,2  1,2  0,6 | 1  1  1  2  1 |
| 4,5-6,0 | 0-1,5  0,5-2,0 | 2,0  2,0 | 1  2 |
| 7,0-8,0 | 0,5-2,0 | 2,0 | 2 |
| 9,0-10,0 | 0,5-2,5 | 2,0 | 2 |
| 11,0-12,0 | 1,0-3,0 | 2,0 | 2 |
| 13,0-14,0  15,0-16,0 | V – образная односторонняя | 1,0-2,5  1,0-2,5 | 2,0  2,0 | 2  3 |
| 17,0-18,0  19,0-20,0  21,0-22,0  23,0-24,0  25,0-28,0 | V – образная двусторонняя | 1,0-2,5  1,5-2,5  1,5-2,5  1,5-2,5  1,5-2,5 | 2,0  2,0  2,0  3,0  3,0 | 4  4  5  5  6 |

* 1. Сварочный ток рассчитать по формуле (1):

**Iсв= S·α** (1)

Где S – площадь торца электродной проволоки, мм2

α - плотность тока в электродной проволоке, А/мм2 (При сварке в СО2а=110…130 А/мм2;)

* 1. Рассчитать значение напряжения на дуге по формуле (2):

Uд = 20+ 0,05 ,В (2)

При сварочном токе 200 ÷ 250 А длина дуги должна быть в пределах 1,5 ÷ 4,0 мм. Вылет электродной проволоки составляет 8 ÷ 15 мм (уменьшается с повышением сварочного тока).

* 1. Рассчитать скорость подачи сварочной проволоки, м\ч по формуле 3:

https://pvrt.ru/upload/000/u1/8/9/04c8683b.jpg (3),

где *α***Р** – коэффициент расплавления проволоки, г/А ч ;

*ρ*– плотность металла электродной проволоки, г/см3 (для стали *ρ*=7,8 г/см3).

Значение *α***Р** рассчитывается по формуле 4:

https://pvrt.ru/upload/000/u1/9/e/6e055853.jpg (4)

* 1. Скорость сварки**,** м/ч, рассчитывается по формуле 5:

https://pvrt.ru/upload/000/u1/e/0/f24d65fd.jpg (5),

где *α***Н** - коэффициент наплавки, г/А ч; *α***Н** = *α***Р** (1-**Ψ**),

где **Ψ** - коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание. При сварке в СО2

**Ψ** = 0,1… 0.15;

**FB** - площадь поперечного сечения сварного шва, высчитывается по формуле 6



(6)

* 1. Рассчитать массу наплавленного металла**,** г, при сварке рассчитывается по формуле 7:

https://pvrt.ru/upload/000/u1/0/4/c691ce11.jpg (7)

Где  **l** – длина шва, см; *ρ*– плотность наплавленного металла (для стали *ρ*=7,8 г/см3);  Fсв - площадь наплавленного металла - см2

* 1. Рассчитать расход электродной проволоки, г, формуле (8)

https://pvrt.ru/upload/000/u1/e/b/2e9a70b9.jpg (8)

где**GH** – масса наплавленного металла, г; **Ψ** – коэффициент потерь, (**Ψ** = 0,1 … 0,15).

* 1. Рассчитать время горения дуги, ч по формуле 9

https://pvrt.ru/upload/000/u1/b/8/0fb851ed.jpg (9)

* 1. Полное время сварки (наплавки), ч, определяется по формуле 10:

https://pvrt.ru/upload/000/u1/b/7/579659fc.jpg (10)

где **kП** – коэффициент использования сварочного поста, (**kП**= 0,57…0,6).

**3.** Рассчитать силу тока для заполнения разделки шва по формулам 1-10;

Расход защитного газа выбрать из таблицы 4, марка защитного газа выбирается из таблицы 5

Таблица 4 - Расход углекислого газа в зависимости от толщины свариваемого металла стыкового соединения

|  |  |
| --- | --- |
| Толщина металла, мм | Расход углекислого газа, л/мин |
| 1,0-3,0  4,0-8,0  9,0-12,0  13,0-28,0 | 8-10  15-16  18-20  24-25 |

Таблица № 5 **-**  Сварочные материалы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Марка сварочной проволоки | Диаметр сварочной проволоки, мм | Защитная среда | Допускаемая температура применения сварочной проволоки, С0 не ниже |
| Св-08Г2C  Св-08ГС  Св-07ГС | 0,8-2,0 | CO2  CO2+20% O2 | Минус 40 |
| Св-08Г2С | 0,8-1,2 | CO2 | Минус 60 |
| Св-08Г2С  Св-08ГС  Св-07ГС | 0,8-2,0 | CO2;  CO2 +20%O2 | Минус 70 (при условии нормализации сварных соединений) |
| Св-08Г2СНТЮР | СO2 | Минус 70 (без последующей нормализации сварных соединений) |
| Cв-08Г2C  Св-08ГC  Св-07ГС | Ar + 50%CO2  Ar+25%CO2+5%O2 |

4**.** Полученные данные занести в таблицу №6

Таблица №6 - Параметры режимов сварки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка стали свариваемых деталей | Марка свароч-  ных материалов | Расход защитного газа, л | Расход сварочной проволоки | Сила тока, А | Напряжение дуги, В | Скорость сварки | Род и полярность тока |
| корневой шов |  |  |  |  |  |  |  |
| заполняющий шов |  |  |  |  |  |  |  |

**5.** Сделать вывод о проделанной работе.

**6.** Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа №15

**Тема:** Разработка технологической карты операции наплавки в среде углекислого газа

**Цель работы:** Сформировать умение разработки операции наплавки в среде углекислого газа

**Знания** (актуализация)**:**

* сущность процесса наплавки в среде углекислого газа

**Умения:**

* производить анализ конструкторской документации;
* производить разработку операционной карты процесса наплавки;

**Задание:** Разработать технологическую карту наплавки зуба фрезы, изготовленной из стали Р18 (рисунок 1)

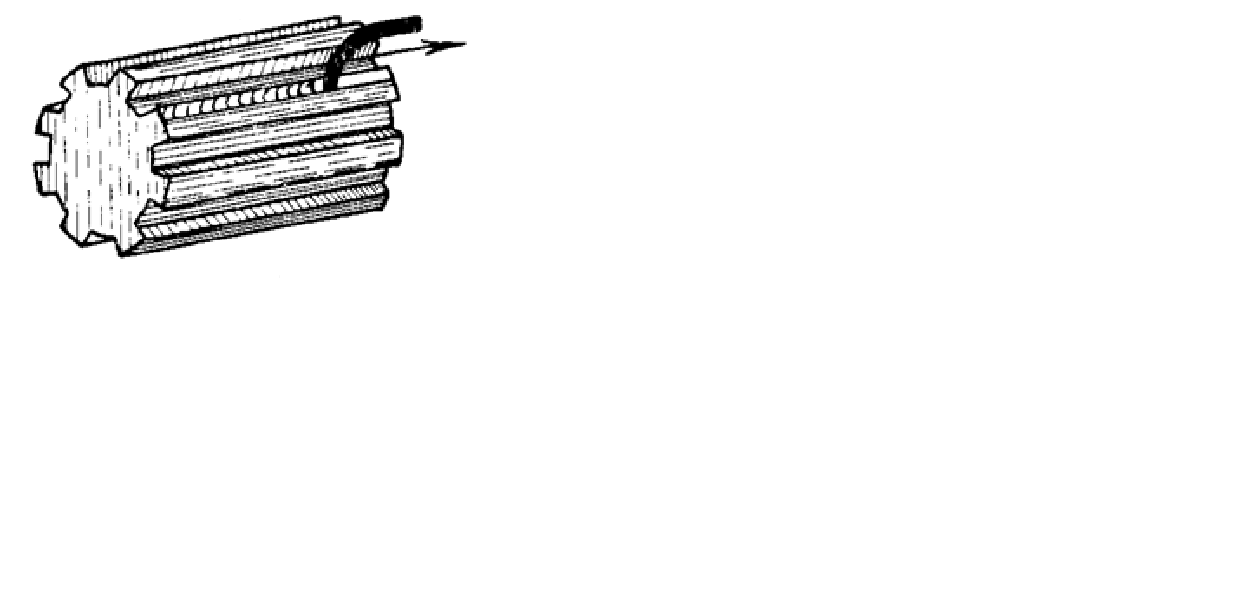


Рисунок 1 -Эскиз наплавляемой детали

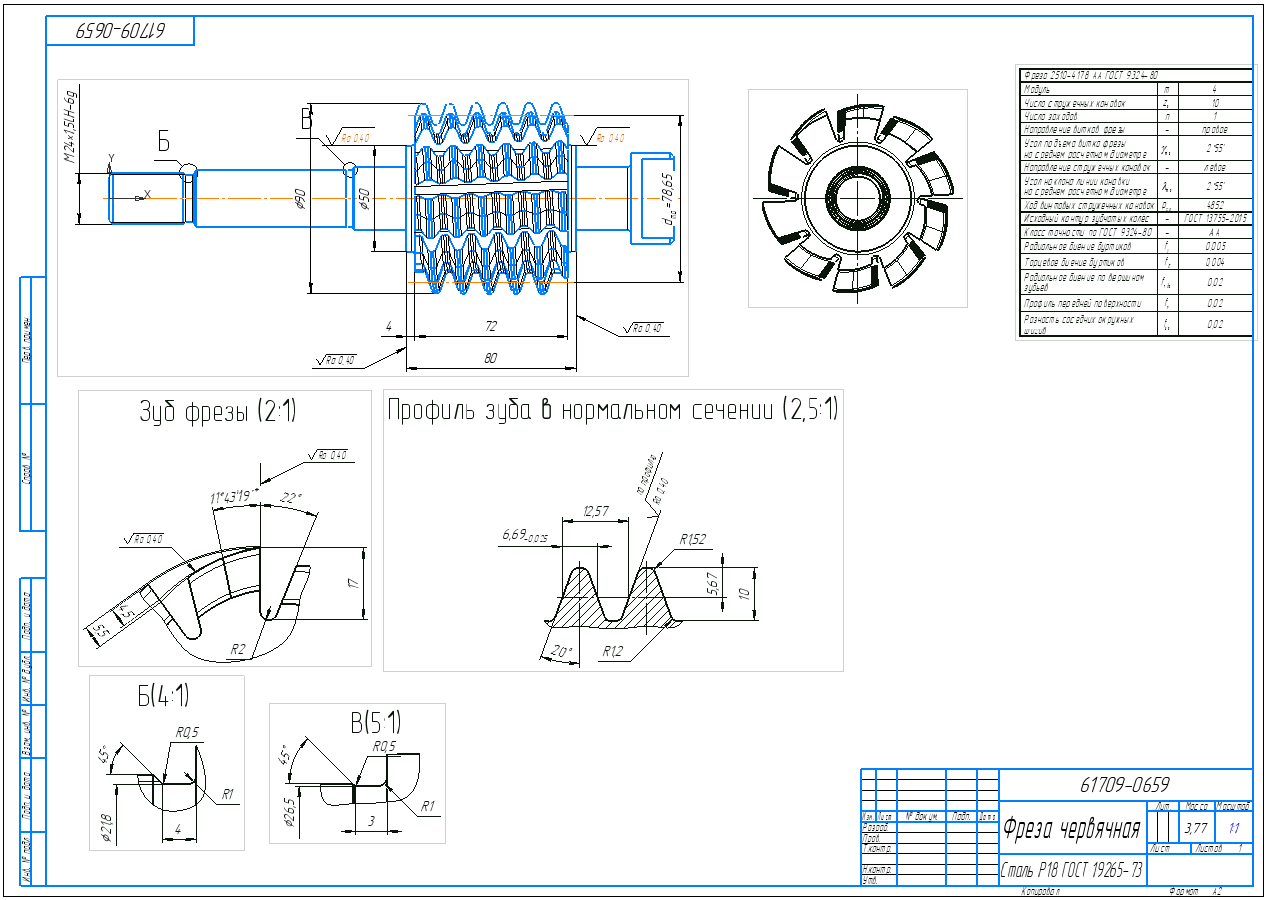


Рисунок 2 - Чертеж фрезы

ХОД РАБОТЫ

1. В столбец 1 вписать - операция 001

Таблица 1 - Технологическая карта операции наплавки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер операции | Наименование и содержание операции | Оборудование и инструмент | Профессия рабочего и разряд |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

1. В столбец 2 вписать наименование операции «Подготовительная», в которой разработать последовательность подготовки оборудования к наплавке (подача защитного газа, включение источника питания дуги, возбуждение дуги и т.д.), а так же указать требования к металлу наплавляемой поверхности
2. В столбец 3 вписать необходимое оборудование и инструмент (для зачистки металла, для защиты рабочего, для производства наплавки и т.д.)
3. В столбец 4 внести название профессии рабочего и его разряд.
4. Аналогичным образом разработать операцию 005 - «Наплавка» (с указанием сварочных материалов, применяемых при наплавке, последовательность наложения наплавочных валиков, предварительный, сопутствующий подогрев и последующая термообработка и др.)
5. В карте эскизов начертить схему наложения наплавочных валиков и указать технику наложения. Карта эскизов указана на рисунке 3.

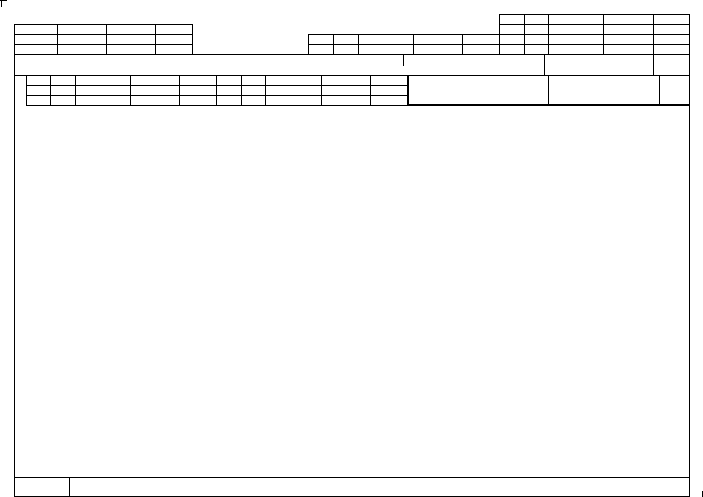


Рисунок 3 - Бланк карты эскизов

1. Сделать вывод о проделанной работе.
2. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 16

**Тема:** Разработка технологической карты операции наплавки цилиндрической поверхности

**Цель работы:** Сформировать умение разработки операции наплавки цилиндрических деталей

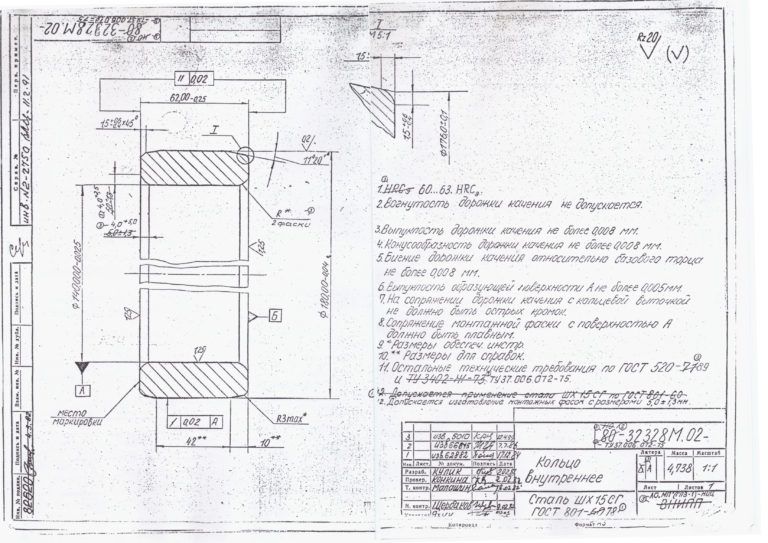
**Знания** (актуализация)**:**

* сущность процесса наплавки;

**Умения:**

* производить анализ конструкторской документации;
* производить разработку операционной карты процесса наплавки;

**Задание:** Разработать технологическую карту наплавки кольца подшипника, изготовленного из стали ШХ15СГ (рисунок 1)



ХОД РАБОТЫ

1. В столбец 1 вписать - операция 001

Таблица 1 - Технологическая карта операции наплавки

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Номер операции | Наименование и содержание операции | Оборудование и инструмент | Профессия рабочего и разряд |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
|  |  |  |  |

1. В столбец 2 вписать наименование операции «Подготовительная», в которой необходимо выбрать вид наплавки и разработать последовательность подготовки оборудования к наплавке (подача защитного газа или электрода, включение источника питания дуги, возбуждение дуги и т.д.), а так же указать требования к металлу наплавляемой поверхности
2. В столбец 3 вписать необходимое оборудование и инструмент (для зачистки металла, для защиты рабочего, для производства наплавки и т.д.)
3. В столбец 4 внести название профессии рабочего и его разряд.
4. Аналогичным образом разработать операцию 005 - «Наплавка» (с указанием сварочных материалов, применяемых при наплавке, последовательность наложения наплавочных валиков, предварительный, сопутствующий подогрев и последующая термообработка и др.)
5. В карте эскизов начертить схему наложения наплавочных валиков и указать технику наложения. Карта эскизов указана на рисунке 2.

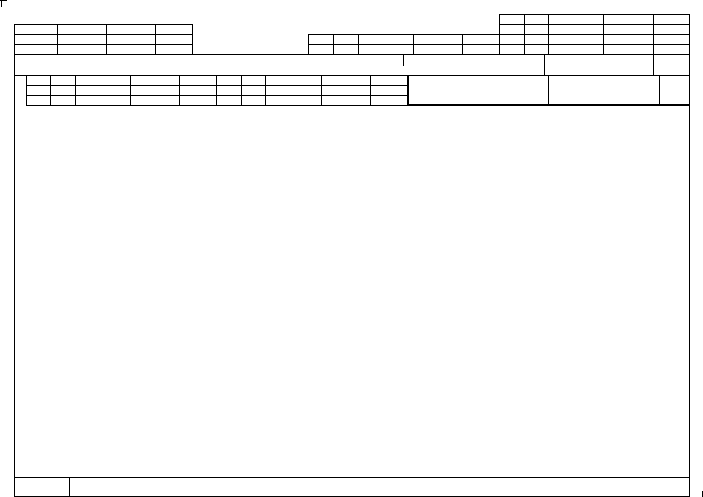


Рисунок 2 - Бланк карты эскизов

1. Сделать вывод о проделанной работе.
2. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 17

**Тема:** Выбор сварочных материалов для заданных сплавов (медный, алюминиевый, никелевый)

**Цель работы:** Формировать умения выбирать сварочные материалы для сварки цветных сплавов;

**Знания (**актуализация**):**

* принцип выбора сварочных материалов

**Умения**

* выбирать сварочные материалы для сварки цветных сплавов;
* работать с марочником цветных металлов и сплавов

**Задание:** Подобрать сварочные материалы для сварки цветных сплавов. Варианты задания смотри в таблице 1

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № варианта | Марка сплава | Вид сварки | Толщина свариваемых деталей |
| 1 | АМг6Н,  БрА5 | РДС,  Механизированная в среде защитных газов неплавящимся электродом | 5 |
| 2 | Д16Т,  ЛС59-1 | Механизированная в среде защитных газов неплавящимся электродом,  РДС | 3 |
| 3 | ЛО80-1,  ХН78Т | РДС,  Механизированная в среде защитных газов плавящимся электродом | 5 |
| 4 | Д21М,  БрО10 | Механизированная в среде защитных газов неплавящимся электродом | 5 |

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

**Сварка медных сплавов**

В роли флюса для сварки медных сплавов выступает смесь из 5%-ного металлического порошкообразного магния и 95%-ной прокаленной буры или плавления бура. Прежде чем приступить к сварке цветных металлов, порошкообразные флюсы следует нанести на свариваемые кромки или поверхность присадочного прутка, смоченную жидким стеклом. А затем просушить их на воздухе.

Перед нанесением флюса промойте кромки свариваемого изделия и присадочный пруток 10%-ным раствором каустической соды или зачистите их металлической щеткой.

Примените предварительный подогрев, чтобы обеспечить хорошее проплавление основного материала и следующего с присадочным.

Крупногабаритные изделия необходимо предварительно подогреть в электрических печах с защитной атмосферой до температуры +500 °С. В роли защитного газа может выступать азот.

При нагреве выше +400 °С медь начинает интенсивно окисляться. При этом образуется оксид меди (I) (Cu2О), который растворяется в цветном металле. В результате медь становится хрупкой. Поэтому ее обязательно следует нагревать в защитной атмосфере.

Сваривание медных изделий толщиной до 4 мм угольным электродом выполняют «левым» методом, не скашивая кромки. В этом случае электрод следует разместить между присадочным и наплавленным цветным металлом. А детали толщиной более 4 мм сваривают со скосом кромок, «правым» методом. Тогда угол разделки составляет 70–90°, а присадочные прутки помещают между электродом и наплавленным цветным металлом.

Сварку цветных металлов в данном случае выполняют в нижнем положении, соблюдая строгую последовательность: сначала рабочая поверхность подогревается, затем осыпается флюсом и прогревается до оплавления электрической дугой, после чего подается цветной металл.

Когда шов заполняется концом присадочного прутка, в сварочную ванну следует дополнительно внести флюс. При этом важно, чтобы присадочный металл после расплавления его теплом дуги хорошо сплавлялся с основным цветным металлом. Если температура прогрева участка будет недостаточной, то присадочный металл свернется в шарики. А это приведет к непроварам. Старайтесь заполнить шов за один проход, так как при многослойном сваривании в его наружных слоях могут образоваться поры.

По окончании сварки прокуйте наплавленный цветной металл и подвергните его отжигу, нагревая до +500…+550 °С и охлаждая в воде. Это делается для того, что повысить его вязкость.

**Сварка металлическим электродом.**Данный метод подходит для работы с медными изделиями толщиной более 2 мм, используемыми в виде проката.

Если присадкой служит проволока из обычной электролитической меди, применяйте флюс следующего состава (в % по весу):

* обезвоженная бура;
* борная кислота;
* фосфорнокислый натрий.

Благодаря последнему элементу в составе флюса кислоты более полно удалятся из расплавленного цветного металла.

Подготовка, подогрев изделия и последующая обработка сварного соединения осуществляются одинаково при использовании угольного и металлического электродов.

Цветной металл, наплавленный электродами, отличается хорошей пластичностью и большей прочностью.

**Ручная аргонодуговая сварка.** Этот метод требует наличия в составе защитных газов таких инертных веществ, как аргон и гелий.

Сварка цветных металлов аргоном осуществляется вольфрамовым электродом постоянным током прямой полярности при общем подогреве изделия до температуры +350…+400 °С. В качестве присадочного материала используют бронзовую проволоку («КМцЗ-1» и др.).

Работа может выполняться как «левым», так и «правым» методом. Прежде чем к ней приступить, дугу возбуждают на угольной или графитовой пластине. После чего ее переносят на изделие. Не рекомендуется зажигать ее на самом изделии, потому что вольфрамовый электрод при этом оплавляется и загрязняется. Сварка выполняется в потолочном, нижнем или вертикальном положении.

Можете сваривать медь в среде аргона и переменным током. Тогда скорость существенно снизится, но шов будет внешне выглядеть лучше, чем при использовании постоянного тока. При работе переменным током проволокой «БрКМцЗ-1» не требуется бура для раскисления. В этом случае на расплавленном цветном металле не будет поверхностной пленки. Она удалится из-за катодного распыления, которое основывается на движении с большой скоростью положительно заряженных ионов к катоду и его бомбардировке. Сварка цветных металлов описанным методом происходит устойчиво и может осуществляться в любых пространственных положениях.

**Сварка латуни**

Основная трудность при работе с латунью – это выгорание цинка, начинающего кипеть и интенсивно испаряться при температуре выше +905 °С. Попадая в воздух, пары цинка быстро окисляются и опадают на окружающие предметы в виде белого осадка. Эти окислы являются ядовитыми, поэтому при работе с латунью обязательно соблюдайте необходимые меры безопасности.

При работе угольным электродом используйте литые или прессованные прутки из латуни, содержащие в своем составе кремний (помимо цинка и меди). В присадочных прутках должно содержаться примерно столько же меди, сколько и в основном материале, а кремния – не более 3 %. Этот метод требует применения флюсов.

Кромки, которые необходимо сварить, тщательно зачистите (до появления блеска). Чтобы избавиться от оксидов, используйте 10%-ный водный раствор азотной кислоты, затем промойте изделие горячей водой и насухо его протрите. Убедитесь, что удельная мощность пламени составляет 100–150 л/ч. Мундштук горелки зафиксируйте под наклоном 80–90°, а присадочный пруток – под углом 80° к нему.

Старайтесь выполнить сваривание как можно быстрее и за один раз, без перерывов. Это позволит предотвратить интенсивное окисление. Проследите, чтобы ядро пламени находилось на расстоянии 7–10 мм от ванны. Если толщина изделия превышает 15 мм, то его лучше сначала подогреть до +500…+550 °C. По окончании сварки прокуйте шов. При содержании в латуни свыше 60 % меди проковывать нужно холодный шов. В ином случае делайте это при нагреве до +700 °C. После чего выполните отжиг швов при температуре +600…+650 °C, а затем медленно охладите их.

Дефекты на латунных изделиях можно заварить без подогрева. Только прежде чем это делать, их нужно тщательно подготовить. Газовая сварка цветных металлов выполняется на постоянном токе обратной полярности, для электрода диаметром 6 мм – при силе тока 200–225, в полувертикальном или нижнем положении.

**Сварка бронзы**.

Бронза представляет собой сплав меди и цинка, марганца, кремния, алюминия, олова. С учетом объема содержащихся в их составе добавок бронзы сплавы бывают оловянными (8–10 % олова, 2–4 % цинка, остальное – медь) и специальными (кремнистые, марганцевые, железомарганцевые, алюминиевые и пр.).

Бронзовые изделия заваривают металлическими и угольными электродами, а перед этим подогревают до +200…+550 °С. Для деталей сложной конфигурации устанавливается более высокая температура подогрева.

Простые детали (втулки) можно подогревать при меньшей температуре. Сварка бронзовых изделий выполняется для соединения частей сложных конструкций (сварнолитые изделия), ремонта изношенных и поломанных деталей, исправления дефектов отливок.

В данном случае сварку цветных металлов осуществляют в полувертикальном или нижнем положении. Если необходимо состыковать швы и заварить сквозные дефекты, то для предупреждения протекания материала используются подкладки. Их изготавливают из огнеупорной глины, стальных листов, асбеста. Форма подкладки должна повторять конфигурацию внутренней стороны изделия в свариваемом участке.

Для сваривания **оловянных бронз** угольным электродом применяйте присадочные прутки, отлитые в кокиль, и содержащие: 0,25 % фосфора, 3-4 % кремния, 95-96 % меди. Флюсом здесь будет выступать борный шлак или прокаленная бура.

По окончании сваривания укройте изделие асбестом, чтобы оно медленно охлаждалось. Таким образом вы сможете снизить остаточные напряжения и предотвратить появление трещин.

Для сварки **алюминиевых бронз** используйте тот же флюс, что и для работы с алюминием и его сплавами.

Сваривать алюминиевую бронзу рекомендуется прутками, в состав которых входит: столько же алюминия, сколько его содержится в основе, 1,5–2,5 % марганца, остальное – медь и железо.

Сваривание бронз металлическим электродом выполняется на постоянном токе обратной полярности, при этом сила тока рассчитывается по схеме: 40 А на 1 мм диаметра электрода.

## Сварка алюминиевых сплавов

Алюминий всегда покрыт пленкой окиси алюминия (Аl2O3) из-за большого сродства к кислороду. Температура плавления этой пленки – +2050 °С. Основные трудности, возникающие при работе с алюминием, обусловлены тугоплавкостью пленки и риском появления кристаллизационных трещин и пор в шве.

Вышеупомянутая пленка окиси алюминия препятствует сплавлению металла сварочной ванны с основным металлом. Поэтому ее удаляют металлическими электродами для сварки цветных металлов, воздействуя покрытием электрода или составляющими флюса. При аргонодуговом сваривании пленку разрушают посредством катодного распыления. Если использовать постоянный ток обратной полярности, то он оказывает «очищающее» воздействие на протяжении всего времени горения дуги. А переменный ток действует таким образом только в те полупериоды, когда изделие является катодом.

Поры в сварных швах образовываются из-за водорода, усиленно стремящегося выйти в атмосферу в связи с резким изменением растворимости при переходе алюминия из жидкого состояния в твердое. А кристаллизационные трещины появляются из-за повышенного содержания кремния. Чтобы их уменьшить, в алюминий вводятся добавки железа.

**Ручная сварка угольным электродом.** Выполняется в тех случаях, когда толщина цветного металла составляет от 1,5 мм до 20 мм, а также при заварке дефектов литья из алюминия и его сплавов. Если толщина цветного металла не превышает 2 мм, то его сваривают, не разделывая кромку и присадочную проволоку.

**Ручная дуговая сварка металлическим электродом.** Для работы с изделиями из чистого алюминия («АД», «АД1», «АДО», «А6») используются электроды «АФ-4аКр» и «ОЗА-1».

Ручная дуговая сварка цветных металлов осуществляется постоянным током обратной полярности после предварительного подогрева свариваемых листов: толщиной 6–8 мм – при температуре до +200 °С, 8–16 мм – до +350…+400 °С.

Прежде чем приступить к работе, электроды следует просушить в течение двух часов при температуре +150…+200 °С. Если толщина цветного металла – более 20 мм, то кромки необходимо разделать. Сварка выполняется с двух сторон при зазоре между листами 0,5–1 мм.

Электроды «А-2» применяются для устранения дефектных мест в литье сплава «АЛ-9» и сваривании алюминиево-марганцевого сплава типа «АМц». Изделие следует предварительно подогреть («АЛ-9» до +280…+300 °С, «АМц» – до +300…+400 °С) короткой дугой постоянным током обратной полярности.

Электроды «ОЗА-2» используются для сваривания сплавов «АЛ-11», «АЛ-9», «АЛ-5», «АЛ-4», «АЛ-2», которое выполняется после предварительного подогрева участка до +250…+400 °С короткой дугой и постоянным током обратной полярности.

**Аргонодуговая сварка** алюминия и его сплавов получила наибольшее распространение. При ее использовании нет необходимости применять относительно сложные флюсы и покрытия, остатки которых могут вызвать коррозию шва. В этом случае работают с постоянным током обратной полярности или переменным током, но обязательно с осциллятором и балластным реостатом.

Автоматическую и полуавтоматическую сварку цветного металла в среде аргона плавящимся электродом выполняют специальными шланговыми полуавтоматами и автоматами. В работе используют постоянный ток, подбирают подходящий режим сварки и применяют обратную полярность. В данном случае подойдет сварочная проволока «СвА97», «СвАМц», «СвАК» или того же состава, что и свариваемый цветной металл.

Участок детали толщиной до 10 мм сваривают без разделки кромок, при больших толщинах кромок применяют V- и Х-образные разделки шва. Сила тока при электродной проволоке диаметром 2 мм составляет 250–300 А, скорость работы достигает 30–40 м/ч.

Механическая очистка представляет собой обезжиривание в щелочном растворе и последующую очистку металлической щеткой. В этом случае газовую сварку цветных металлов и сплавов нужно начинать не позднее чем через 2 часа.

Выполняя химическую очистку, строго соблюдайте последовательность: сначала обезжирьте кромки и протравите их в 5%-ном растворе каустической соды, после чего промойте водой, протрите насухо тряпкой и просушите. Приступайте к работе не позднее чем через 8 часов после такой очистки.

**Сварка никелевых сплавов**

При сварке Ni и его сплавов необходима тщательная зачистка кромок и прилегающих к ним участков на ширине 20—25 мм механическим путем, так как на них образуется налет, содержащий серу, с последующим обезжириванием в ацетоне, уайт-спирите или бензине. Химическое травление, как правило, не применяется, однако при наличии пленки окислов на поверхности металла рекомендуется обработка в растворе следующего состава: 1 л Н2O, 1,5 л H2SO4, 2,25 л HNO3, 30 г NaCl в течение 5—10 с с последующей промывкой в воде, нейтрализацией в 1 %-ном водном растворе аммиака и сушкой.

Металл в сварочной ванне при сварке никеля и его сплавов более вязок, чем при сварке сталей, и поэтому проплавляется на меньшую глубину, что требует значительной разделки кромок и увеличения их притупления. При сварке кислотостойкой аппаратуры следует избегать стыковых соединений с отбортовкой кромок, так как образующиеся в этом случае «карманы» могут вызвать появление щелевой коррозии при эксплуатации.

### Аргоно-дуговая сварка

Преимуществом аргоно-дуговой сварки является возможность обеспечения качественной защиты инертным газом сварочной ванны от взаимодействия с компонентами воздуха O2, N2, Н2, в результате чего предупреждается порообразование, трещинообразование и другие дефекты. При недостаточной защите поверхность шва становится складчатой, и на рентгенограммах сварных соединений оксидные плены в складках шва могут расшифровываться как трещины.

Кратеры швов должны быть тщательно заплавлены или выведены на удаляемый припуск детали или выходную планку. Не допускается выведение кратера на основной металл. Возбуждение дуги также рекомендуется выполнять на входной пластине, на стыке деталей, в разделке или на ранее наплавленном металле, но не на основном металле. Для возбуждения дуги следует использовать осциллятор. Заканчивая процесс сварки, следует уменьшать сварочный ток для предотвращения образования трещин в кратере. Сварку следует выполнять с минимальным количеством перерывов.

Одним из способов предупреждения горячих трещин при сварке может стать обеспечение преимущественной доли присадочного металла в шве (до 70—85 %). Для этого предусматривается зазор в корне разделки кромок или расширение разделки в корневой части (OСT 92-1186—80).

При сварке никелевых сплавов применяют сварочную проволоку с повышенным содержанием марганца и молибдена с целью обеспечения высокой стойкости металла шва против образования горячих трещин.

ХОД РАБОТЫ

1. Подобрать тип электрода при ручной дуговой сварке в соответствии со своим вариантом (угольный, металлический или вольфрамовый).
2. Выбрать материал присадочного прутка, в случае сварки неплавящимся электродом.
3. Подобрать марку сварочного материала, участвующего в расплавлении.
4. Подобрать защитный газ для сварки сплава своего варианта.
5. Указать диаметр сварочного материала из таблицы 2 и 3 соответственно

Таблица 2 - Сварочные материалы и режимы для механизированной сварки цветных сплавов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина металла, мм | диаметр dэ, мм | | Защитный газ | Сила тока Iсв, А | Напряжение на дуге Uд, В |
| Неплавящийся электрод | Присадочный пруток |
| СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ МЕДИ | | | | | |
| 1,0 | 1,6 | 2 | Аргон, азот | 80–110 | 18–20 |
| 2-3 | 3-4 | 3 | Аргон  Азот | 140–210 140–210 | 19–23 20–35 |
| 4–6 | 4-5 | 4 | Аргон  Азот | 250–300 250–300 | 23–26 24–27 |
| 7-10 | 4-5 | 5 | Аргон  Гелий | 350–550 300–500 | 32–37 32–38 |
| СПЛАВЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ | | | | | |
| 1-2 | 2 | 1-2 | Аргон,  Гелий | 50-70  30-40 | 19–23 20–35 |
| 4-6 | 3 | 2-3 | Аргон,  Гелий | 100-130  60-90 | 23–26 24–27 |
| 6-10 | 5 | 3-4 | Аргон,  Гелий | 220-300  160-240 | 32–37 32–38 |
| 11-15 | 6 | 4 | Аргон,  Гелий | 280-360  220-300 | 32–37 32–38 |

Таблица 3 - Режимы для сварки покрытыми электродами цветных сплавов

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина металла, мм | Тип разделки кромок | Число проходов | Диаметр электрода, мм | Первый проход | | Последующие проходы | |
| Сила тока, А | Напряжение, В | Сила тока, А | Напряжение, В |
| Сплавы на основе алюминия | | | | | | | |
| 10 | - | 2 | 2 | 250-300 | 22-24 | 370-390 | 28-30 |
| 15 | V-образный | 4 | 2 | 250-300 | 24-26 | 370-390 | 28-30 |
| 25 | То же | 8 | 2,5 | 400-440 | 26-28 | 400-440 | 27-29 |
| 40 | X-образная | 20 | 2,0 | 280 | 25-27 | 370-390 | 27 |
| Сплавы на основе меди | | | | | | | |
| 2 | - | 1 | 2-3 | 100-120 | 25-27 |  |  |
| 4 | - | 1 | 4-5 | 160-200 | 25-27 |  |  |
| 6 | - | 1 | 5-7 | 260-340 | 26-28 |  |  |
| 7-8 | - | 1 | 6-7 | 380-400 | 26-28 |  |  |
| 9-10 | - | 1 | 6-8 | 400-420 | 28-30 |  |  |

1. Режимы сварки и марку сварочных материалов для сварки никелевых сплавов взять из таблицы 4 и 5

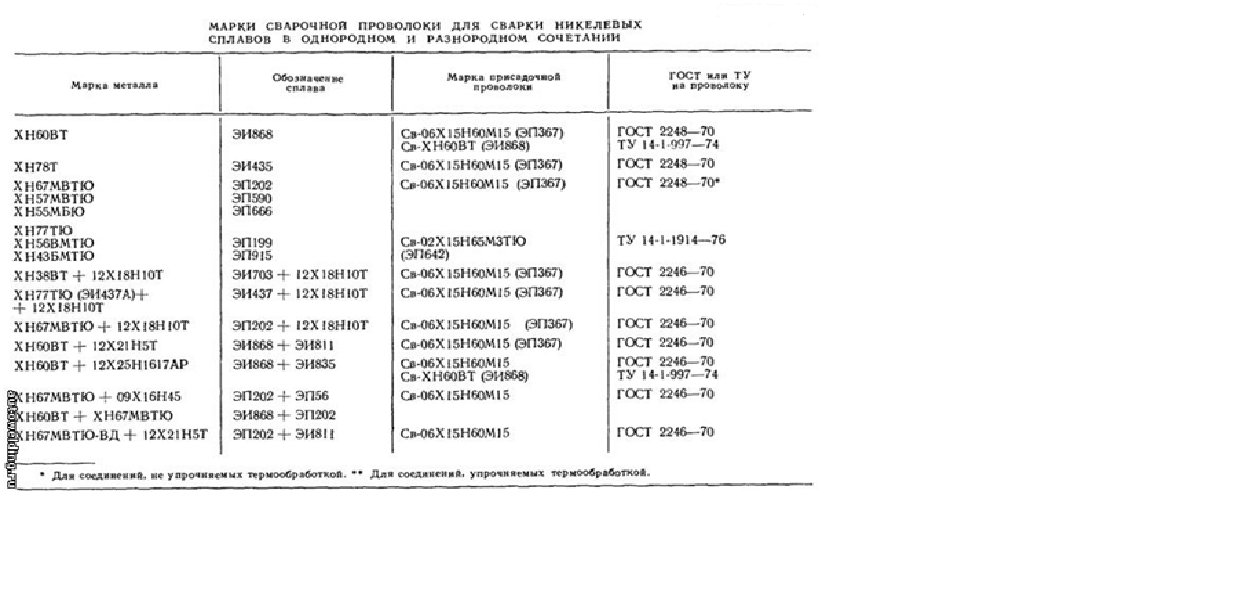
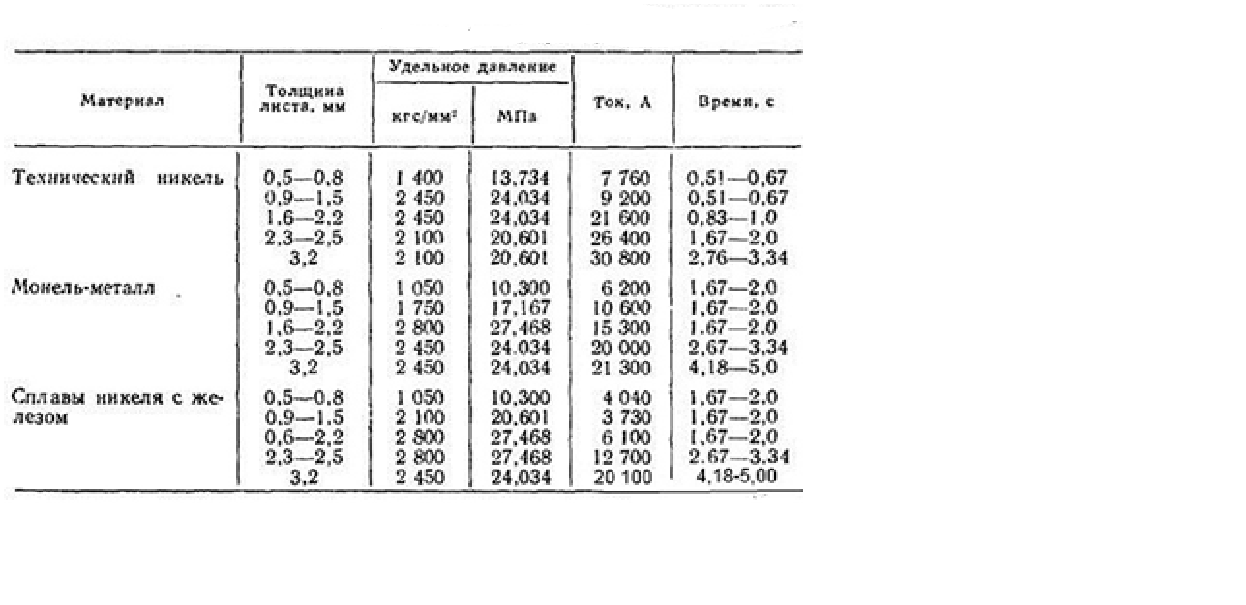
Таблица 4 - Марка присадочной проволоки для сварки никелевых сплавов

Таблица 5 - Ориентировочные режимы сварки никеля и его сплавов



1. Полученные данные занести в таблицу 6

Таблица 6 - Результаты работы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование и марка сплава | Толщина свариваемого металла, мм | Тип сварки | Сварочные материалы | Режимы сварки | | | Требование к подготовке свариваемых поверхностей | Требование к сварному шву после окончания сварки |
| Сила тока, А | Напряжение, В | Род и полярность тока |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |

1. Сделать вывод и проделанной работе
2. Оформить отчет и сдать преподавателю

Практическая работа № 18

**Тема:** Выбор технологии и оборудования послесварочной термической обработки сварных соединений из аустенитных сталей после сварки.

**Цель работы:** Сформировать умение назначения режимов термической обработки сварных соединений из аустенитных сталей

**Знания** (актуализация)**:**

* сущность процесса термической обработки сварных соединений после сварки

**Умения:**

* производить подбор термообработки аустенитных сталей по заданным условиям;
* производить расчет режимов выбранной термообработки аустенитных сталей;

**Задание:** Подобрать термическую обработку и назначить режим термообработки после сварки соединения, выполненного из аустенитной стали для получения ударной вязкости КСU 40-45 кДж\м2.при низких температурах. Варианты задания в таблице 1.

Таблица 1 - Варианты заданий

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № Варианта | Марка свариваемой стали | Ударная вязкость КСU кДж\м2 при температуре -196°С | Толщина свариваемого металла, мм | Условия работы сварного узла |
| 1 | Сталь 08Х18Н9 | 42 | 8 | В морской воде, при температуре 25°С |
| 2 | Сталь 12Х18Н12Т | 43 | 10 | В пресной воде, при температуре 280°С |
| 3 | Сталь 08Х18Н12Т | 42 | 12 | В бензине, при температуре 500°С |
| 4 | Сталь 10Х14Г14Н4Т | 40 | 8 | В минеральном масле - 20°С |

ХОД РАБОТЫ

1. Из СТП 26.260.484-2004 ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ  
   СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ НА ЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ В ХИМИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ выбрать вид термической обработки, для получения заданных параметров работы сварной конструкции.
2. Назначить режим термической обработки в соответствии с СТП.
3. Построить график проведения термообработки сварного узла с указанием охлаждающей среды.
4. Указать печное оборудование для проведения термической обработки сварного шва.
5. Ответить на контрольные вопросы.
6. Сделать вывод о проделанной работе.
7. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Контрольные вопросы:

1. Цель проведения термообработки после сварки?
2. Как влияет термическая обработка на зону термического влияния?

Практическая работа № 19

**Тема**: Расчет режимов газопламенной сварки

**Цель работы:** Сформировать умение расчета режимов газопламенной резки

**Знания** (актуализация)**:**

* сущность расчета режимов газопламенной сварки

**Умения:**

* производить расчет режимов газопламенной сварки;
* производить выбор сварочных материалов при газопламенной сварке;

**Задание:** Выбрать сварочные материалы и рассчитать режим газопламенной сварки стыкового соединения согласно варианту по таблице 1

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № варианта | Свариваемый материал | Толщина деталей, мм |
| 1 | Сталь 10 | 5 |
| 2 | СЧ15-12 | 8 |
| 3 | Амг6 | 10 |
| 4 | М1 | 5 |

Теоретический материал

При газовой сварке расплавление кромок свариваемого изделия и присадочной проволоки осуществляется теплом, выделяющимся при сжигании горючего газа в смеси с кислородом.

Газовую сварку применяют при изготовлении сварных изделий из [тонколистовой стали](https://infourok.ru/go.html?href=http%3A%2F%2Fkz3.fatwords.org%2Fsafia%2Fkrome-ugleroda-v-stalyah-prisutstvuyut-drugie-elementi-v-vide%2Fmain.html), медных и алюминиевых сплавов, при исправлении дефектов в чугунных и бронзовых отливах, а также при различных ремонтных работах.

В [качестве горючих газов могут быть](https://infourok.ru/go.html?href=http%3A%2F%2Fkz3.fatwords.org%2Fsafia%2Fzadaniya-dlya-oblastnoj-olimpiadi-po-specialenosti-06010951-se%2Fmain.html) использованы ацетилен, водород, природный и нефтяной газ, пары бензина и керосина. Наибольшее применение получил ацетилен, так как он дает при горении в технически чистом кислороде самую высокую температуру пламени, достигающую 3150°С.

В своем сечении пламя состоит из трех зон (рисунок 2):

* ядро пламени (А),
* восстановительная зона (Б),
* факел пламени (В).

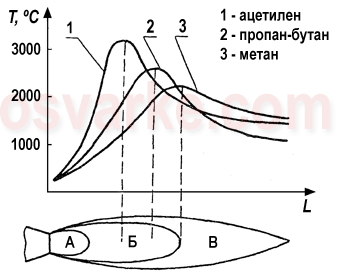


Рисунок 2 Строение газового пламени и распределение температур по его сечению

*Ядро*ослепительно белого цвета, имеет форму конуса с закругленным концом. Во внутренней части ядра пламени происходит подогрев газовой смеси, поступающей из сопла до температуры воспламенения. В наружной оболочке ядра происходит частичный распад ацетилена. Выделяющиеся частицы углерода раскалены, ярко светятся, четко выделяя очертания оболочки ядра (температура газов в ядре невелика и не превышает 1500 0С).

*Восстановительная зона* имеет значительно более темный цвет, чем ядро, и наиболее высокую температуру на расстоянии 3 – 5 мм от края ядра и является наиболее важной частью сварочного пламени (сварочной зоной). В ней происходит первая стадия сгорания ацетилена за счет кислорода, поступающего в сопло из баллона, в результате чего здесь развивается максимальная температура. Содержащиеся в сварочной зоне газы обладают восстановительными свойствами по отношению к оксидам многих металлов, в том числе и к оксидам железа. Поэтому её можно назвать восстановительной. Содержание углерода в металле шва изменяется незначительно.

В [*факеле* протекает горение ацетилена](https://infourok.ru/go.html?href=http%3A%2F%2Fkz3.fatwords.org%2Fsafia%2Fmujskoe-besplodie-prichini-i-metodi-diagnostiki%2Fmain.html) за счет атмосферного кислорода. Содержащиеся в факеле газы и продукты их диссоциации окисляют металлы, т.е. эта зона является окислительной

Качественный сварной шов обеспечивается правильным подбором тепловой мощности сварочного пламени, видом пламени, способом сварки, углом наклона горелки, применением соответствующего присадочного материала и флюса.

Основнымипараметрами режима газовой сварки являются:

* мощность пламени,
* угол наклона горелки
* диаметр присадочного прутка.

При толщине металла более 5 мм применяют правый способ сварки, при котором горелка движется впереди сварочной проволоки слева направо (рисунок 5, а). Пламя направлено на наплавленный металл, что [способствует более качественному](https://infourok.ru/go.html?href=http%3A%2F%2Fkz3.fatwords.org%2Fsafia%2Ftestovie-zadaniya-k-perevodnomu-ekzamenu-po-gistologii%2Fmain.html) формированию шва, увеличивает производительность, уменьшает расход ацетилена, но при малых толщинах может привести к прожогу металла.

При толщине металла до 5 мм применяют левый способ сварки (рисунок 5, б), при котором горелка движется справа налево. Присадочный пруток находится слева от горелки и передвигается впереди пламени, направленного от наплавленного металла в сторону основного металла, на нагрев которого расходуется значительная часть тепла, в результате чего наплавленный металл быстро охлаждается.

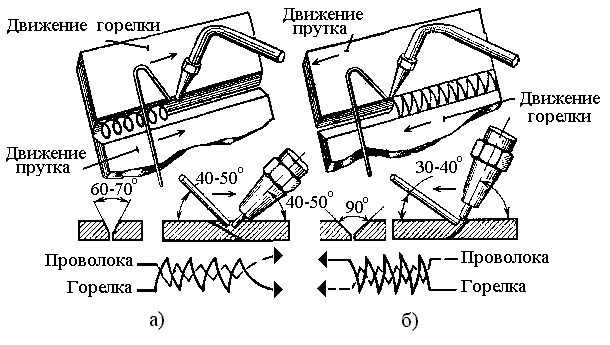


Рисунок 5 - Способы газовой сварки

а – правый; б – левый

ХОД РАБОТЫ

1. Выбрать горючий газ
2. Выбрать способ сварки (левый, правый)
3. Рассчитать мощность газового пламени по формуле 1:

q = К\*δ, (л/ч) (1),

где К - — коэффициент тепловой мощности, величина которого зависит от вида металла.

* для низкоуглеродистой стали и чугуна К = 100 — 130;
* для высокоуглеродистой стали К = 75 - 100;
* для алюминия и его сплавов К = 100 — 150;
* для меди и медных сплавов К = 150 — 225.

δ - толщина свариваемого металла, мм

1. Определить вид пламени, используемого для сварки заданного материала.
2. Определить угол наклона мундштука горелки по отношению к плоскости изделия по номограмме (рисунок 1)

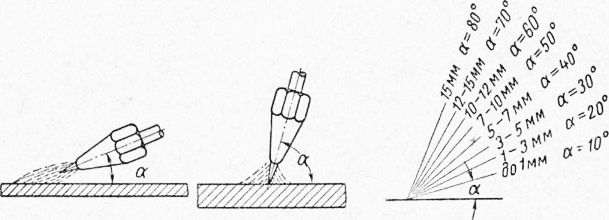


Рисунок 1 - Номограмма для определения угла наклона горелки в зависимости от толщины металла

1. Рассчитать диаметр присадочного прутка по формуле 2:

при левом способе: d = δ/2 + 1 мм; (2)

при правом способе: d = δ/2 + 2мм.

При сварке изделия толщиной более 15 мм диаметр проволоки принимают не более 6 – 8 мм.

1. Выбрать материал присадочной проволоки из таблицы 2

Таблица 3 - Марки присадочных материалов для газовой сварки

|  |  |
| --- | --- |
| Свариваемый материал | Материал присадочной проволоки |
| Низкоуглеродистая сталь | Св-08, Св-08ГА; Св-08ГС; Св-08Г2С |
| Серый чугун | ПЧ |
| Медь | М1, М3; МСр-1 |
| Алюминиевый сплав | Св-А1, Св-АК-5, Св-АМц, Св-АМг |

1. Рассчитать скорость сварки по формуле 3:

V = КC/δ, м\ч (3),

где КС – коэффициент скорости сварки, учитывающий способ и материал свариваемых деталей:

КС =14 - для левого способа сварки;

КС =18 - для правого способа сварки;

δ – толщина металла, мм.

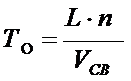
1. Рассчитать количество проходов при сварке по формуле 6:

(6)

Где Ан - площадь поперечного сечения наплавленного металла

Анп - площадь поперечного сечения наплавленного металла за один проход металла, обычно принимается не более 30-40мм2

1. Рассчитать основное время сварки по формуле 4:

 , ч (4)

Где L - длина сварного шва, м

n - число проходов

Vсв - скорость сварки, м\ч

1. Рассчитать расход горючего газа по формуле 5:

Q = q \* t, л (5)

где q – тепловая мощность сварочного пламени, л/ч;

t – время сварки, ч.

1. Рассчитать расход кислорода по формуле 6:

http://konspekta.net/poisk-ruru/baza9/1755469084185.files/image048.png (6)

Количество необходимого для сварки кислорода зависит от вида применяемого пламени. Чаще всего используется нормальное пламя, когда отношение количества кислорода подаваемого в горелку, к количеству ацетилена равно 1,0-1,2. Для науглероживающего пламени это отношение равно 0,8-0,9, а для окислительного оно превышает 1,3.

При газовой сварке расход кислорода 10…20% выше ацетилена

1. Результаты расчета занести в таблицу 2

Таблица 2 - Результаты расчета

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Способ сварки | Марка горючего газа | Вид пламени и его цвет | Угол наклона горелки | Расход горючего газа, л | Расход кислорода, л | Основное время сварки | Марка присадочного прутка и его диаметр dпр, мм |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Сделать вывод о проделанной работе
2. Оформить отчет и сдать преподавателю.

Практическая работа № 20

**Тема:** Подбор режима контактной сварки.

**Цель:** Формирование умений подбора режима контактной сварки

**Знания (**актуализация)**:**

* сущность и режимы основных видов сварки и резки, сварочные материалы и устройства сварочного оборудования;
* технологию сварочных работ;

**Умения:**

* производить выбор сварочного оборудования и оптимальных режимов сварки и резки;

**Задание:** Подобрать режим точечной контактной сварки детали, построить циклограмму сварки по полученным значениям режима сварки. Марка материала согласно своего варианту из таблицы 1.

Таблица 1 - Варианты задания

|  |  |
| --- | --- |
| № варианта | Марка свариваемого материала |
| 1 | Сталь Ст 3 |
| 2 | Сталь 08 |
| 3 | ЛС 59-1 |
| 4 | Д16Т |
| 5 | Сталь 18Х18Н9Т |

Теоретическое обоснование

Точечная сварка предназначена для конструкций, выполненных из листового материала и только ВНАХЛЁСТКУ. Перед началом сварки контактные поверхности зачищают и обезжиривают. Это необходимо для обеспечения стабильного процесса, который зависит от постоянства контактного сопротивления. Затем накладывают деталь 1 на другую деталь внахлёстку и устанавливают их между нижним и верхним электродами 2 машины (рисунок 1.1). Следующий этап - сжатие электродов и пропускание электрического тока через заготовки (рисунок 1.2). В связи с тем, что наибольшим электрическим сопротивлением обладает зона контакта между заготовками, то именно здесь металл расплавляется и появляется жидкое ядро 3, которое затвердевает после выключения сварочного тока, образуя сварную точку. Кристаллизация металла происходит при сохраняющемся давлении электродов (рисунок 1.3) для предотвращения образования в ядре дефектов усадочного характера - пор, трещин, раковин.

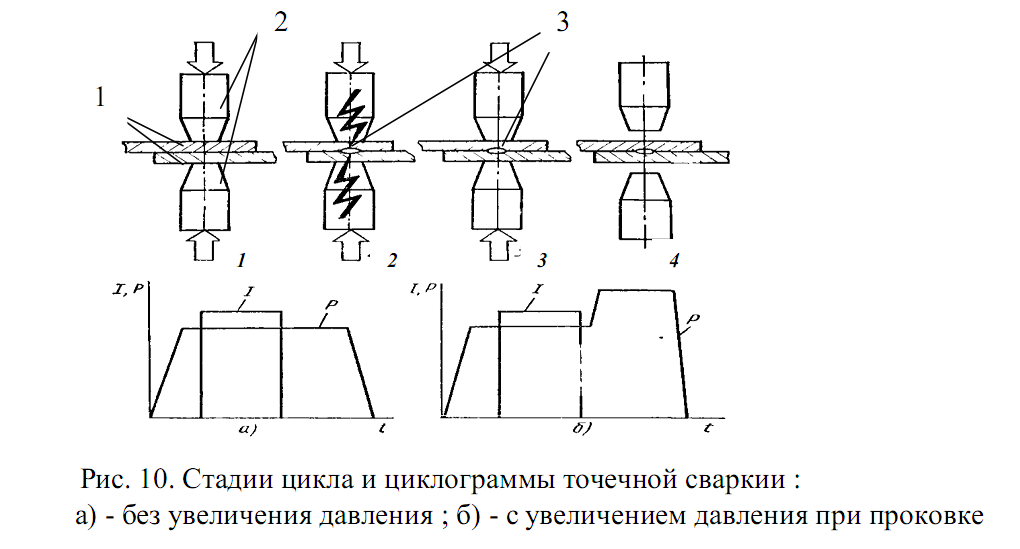


Рисунок 1 - Стадии цикла и циклограммы точечной сварки:

а) - без увеличения давления; б) - с увеличением давления при проковке.

Режимы точечной сварки

Параметрами режимов точечной сварки являются: усилие сжатия Р, [Н],

величина сварочного тока IСВ, [A], время протекания тока t, [с]. Для каждого конкретного металла можно найти некоторый оптимальный режим – наиболее благоприятную программу нагрева и напряженного состояния, которая обеспечила бы получение соединений заданных размеров и наилучшую свариваемость.

Наиболее важным элементом, определяющим прочность сварного соединения, является расчетный (минимальный) диаметр ядра d. Размеры ядра сварных точек задаются по ГОСТ 15878-79. В нем для каждой толщины свариваемых листов δ предусмотрен минимальный размер диаметра ядра (таблица 1).

Диаметр ядра, как правило, равен диаметру контактной поверхности электрода.

Для расчета d в зависимости от толщины δ свариваемых листов рекомендуется

эмпирическая формула:

d = 2·δ + (2…3), (1)

где δ и d – в мм .

При наладке режима сварщик устанавливает диаметр ядра на 15-25% больше минимального, для компенсации колебаний параметров режима.

Таблица №2 – Диаметр ядра сварной точки

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина листа δ, мм | 0,3 | 0,8–1,0 | 1,8-2,2 | 2,7-3,2 | 3,7-4,2 | 4,7-5,2 | 5,7-6,0 |
| Диаметр ядра  не менее, мм | 2,5 | 4 | 7 | 9 | 12 | 14 | 16 |

Величину усилия сжатия электродов ориентировочно выбирают в зависимости от толщины δ свариваемых листов в следующих пределах (таблица № 3).

Таблица № 3 **–** Зависимость усилия сжатия от материала детали и её толщины

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Материал | Ст3 и низколе-гированные стали | Латунь | Алюминиевые сплавы | Коррозионно-стойкие  стали |
| Усилие сжатия Р·10,кН | (0,2…0,3)·δ | (0,22…0,35)·δ | (0,25…0,50)·δ | (0,25…0,5)·δ |

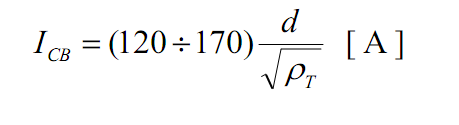
Силы сварочных токов произвольно назначать нельзя. В зависимости от свариваемого материала различают мягкие и жесткие режимы сварки.

Предельно мягкими режимами тока считают те, при которых обеспечиваются минимально требуемые по ГОСТ 15878-79 размеры расплавленного ядра сварной точки. Для мягкого режима характерны большая продолжительность протекания сварочного тока (0,5 - 3 с) и более плавный нагрев металла с большой зоной термического влияния. На этом режиме целесообразно сваривать углеродистые и низколегированные конструкционные стали, склонные к закалке.

Жесткий режим – это режим сварки с предельно возможным сварочным током.

Этот предел ограничивается опасностью выплеска сильно перегретого жидкого металла из плоскости свариваемого контакта. Для жесткого режима характерна малая продолжительность протекания сварочного тока (0,001 – 0,01 с) и большое усилие сжатия электродов. Такой режим применяют для сварки высоколегированных сталей, алюминия, меди и их сплавов.

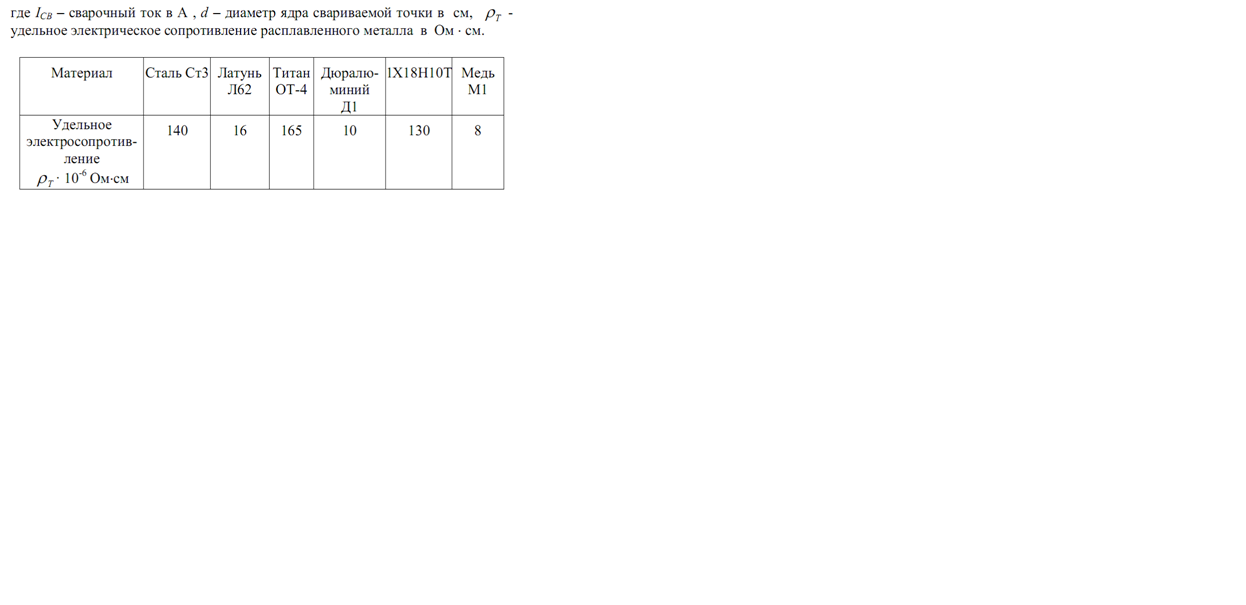
Технологическая практика вывела эмпирическую формулу для выбора сварочного тока:



(2)

ρт взять из таблицы 4

Таблица 4 - Удельное сопротивление в зависимости от материала



ХОД РАБОТЫ

**1.** Рассчитать диаметр сварной точки;

**2.** Назначить усилие сжатия электродов по таблице №3;

**3.** Рассчитать силу сварочного тока по формуле 2;

**4.** Полученные данные занести в таблицу № 5;

Таблица № 5 – Характеристика режимов контактной сварки

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Марка свариваемого материала | Диаметр сварной точки, мм | Усилие сжатия, кН | Сила тока, А | Режим сварки |
|  |  |  |  |  |

**5.** Построить циклограмму контактной сварки соответственно своим режимам сварки;

**6.** Сделать вывод о проделанной работе;

**7.** Оформить отчет и сдать преподавателю.

**Критерии оценивания практических работ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Критерии оценивания | Оценка |
| 1 | Выполнение работы в полном соответствии с методическими рекомендациями без помощи преподавателя, полные и правильные ответы при защите работы | 5 (отлично) |
| 2 | Выполнение работы в полном соответствии с методическими рекомендациями с несущественными ошибками, исправленными самостоятельно, ответы на вопросы защиты правильные, но неполные | 4 (хорошо) |
| 3 | Выполнение работы в соответствии с методическими рекомендациями с несущественными ошибками, исправленными с помощью преподавателя, затрудняется с ответами при защите работы | 3 (удовлетворительно) |

**ЛИТЕРАТУРА**

Основные источники:

1. Быковский, О. Г. Сварка и резка цветных металлов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / О. Г. Быковский, В. А. Фролов, В. В. Пешков. – М. : Альфа-М : ИНФРА-М, 2019. – 336 с.: ил. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/590247>
2. Быковский, О. Г.Сварочное дело [Текст] : учеб. пособие / О. Г. Быковский, В. А. Фролов, Г. А. Краснова. – М. : КноРус, 2017. – 272 с. : ил. + ЭБС Book.ru. – (Среднее профессиональное образование. ФГОС. 3+).
3. Гаспарян, В. Х. Технология электросварочных и газосварочных работ [Текст] : учеб. пособие / В. Х. Гаспарян. – Ростов н/Д. : Феникс, 2017. – 334 с. : ил. – (Среднее профессиональное образование).
4. Лупачев, В. Г. Общая технология сварочного производства [Текст] : учеб. пособие / В. Г. Лупачев. – 2-е изд. – М. : Форум : Инфра-М, 2015. – 287 с. : ил.
5. Овчинников, В. В. Механические испытания: металлы, сварные соединения, покрытия [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Овчинников, М. А. Гуреева. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. – 272 с. – (Профессиональное образование). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/490959>
6. Овчинников, В. В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов [Текст]: учебник / В. В. Овчинников. – М. : КноРус, 2016. – 304 с. : ил. – (Начальное профессиональное образование).
7. Овчинников, В. В. Производство сварных конструкций [Электронный ресурс]: учебник / В. В. Овчинников. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2015. – 288 с. – (Профессиональное образование). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/500249>
8. Овчинников, В. В. Производство сварных конструкций. Сварные соединения с полимерными прослойками и покрытиями [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В. В. Овчинников, В. И. Рязанцев, М. А. Гуреева. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. – 216 с. – (Среднее профессиональное образование). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/941550>

## Дополнительные источники:

1. [Куликов, В. П.](http://znanium.com/catalog/author/a369dee8-64cc-11e4-9374-00237dd2fde2) Технология сварки плавлением и термической резки [Электронный ресурс] : учебник / В. П. Куликов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2016. – 463 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/548487>
2. Лихачев, В. Л. Электродуговая сварка. Пособие для сварщиков и специалистов сварочного производства [Электронный ресурс] / В. Л. Лихачев. – М. : СОЛОН-Пресс, 2018. – 640 с. – (Библиотека инженера). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/1015062>
3. Мосесов, М. Д. Основы металловедения и сварки [Электронный ресурс] : учеб. пособие / М. Д. Мосесов. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. – 128 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/983168>
4. Схиртладзе, А. Г. Ремонт технологического оборудования [Электронный ресурс] : учебник / А. Г. Схиртладзе, В. А. Скрябин. – М. : КУРС : ИНФРА-М, 2018. – 352 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/944189>

Приложение А

Министерство образования и науки Челябинской области

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение

**«Южно-Уральский государственный технический колледж»**

**ОТЧЕТ**

по выполнению практических работ

МДК 01.01 «Технология сварочных работ»

выполнил\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

группа \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

проверил\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Челябинск, 20\_\_\_\_г.