МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Саровский физико-технический институт – филиал НИЯУ МИФИ

Факультет информационных технологий и электроники

Кафедра машиностроения

Л.М. Киткина

**Сборник примеров и задач**

**по дисциплине «Технология сварки»**

Методическое руководство по решению технологических задач по дисциплине «Технология сварки» студентами бакалавриата, обучающимися по направлению 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительного производства

УТВЕРЖДЕНО:

Заседанием кафедры

Протокол № \_\_1\_\_ от «\_\_30\_\_09\_\_\_\_» 2021 г.

И.о.зав. кафедрой доцент, к.ф.-м.н,

Ю.В.Батьков,

Научно-методическим советом СарФТИ

профессор, д.ф.н,

А.П.Скрыпник

УДК 658.512.26

Рецензент: А.А.Александров, начальник бюро сварки завода «Авангард»

Л.М. Киткина «Технология сварки». Учебное пособие для технологических специальностей машиностроительных вузов. СарФТИ, 2021г– с. 34

В пособии приведены алгоритмы решения технических задач по технологии сварки в машиностроении. После подробного разбора примеров решения, предлагаются задачи для самостоятельной работы. Даны рекомендации по изображению и обозначению сварных швов на чертежах, определению свариваемости материалов, сварочной усадки, расчету сварных соединений на прочность, проектированию сварных конструкций, расчету экономии материала при применении сварного варианта изготовления заготовок по сравнению с литьем, прокатом, обработкой давлением. Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 15.03.05 “Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств”.

**Содержание**

1. Условные обозначения сварных соединений ………………………. 4
2. Маркировка основного и сварочного материалов………………….. 7
3. Сварочные газв…………………………………………………………8
   1. Подсчет количества газа в баллоне……………………………….8
4. Свариваемость сталей…………………………………………………. 10
   1. Свариваемость углеродистых сталей..……………………………………………………………….10
   2. Свариваемость высоколегированных сталей……………………. 10
5. Режим сварки……………………………………………………………17
6. Сварочные деформации…………………………………………………18
7. Расчет сварных швов на прочность…………………………………….20
8. Конструирование сварных соединений………………………………..26
9. Расчет экономической эффективности от применения сварного варианта изготовления заготовки………………………………………28
10. Приспособления для терморихтовки …………………….……………35
11. Справочные материалы………………………………………………….38

**1.Условные обозначения сварных соединений**

Сварные соединения обозначаются по Гост 2.312-72

Схема расположения условных знаков сварного шва с лицевой стороны



Буквенно-цифровое обозначение типа шва:

С – стыковое (С1,С2 и т.д.)

У – угловое

Т – тавровое

Н – нахлесточное

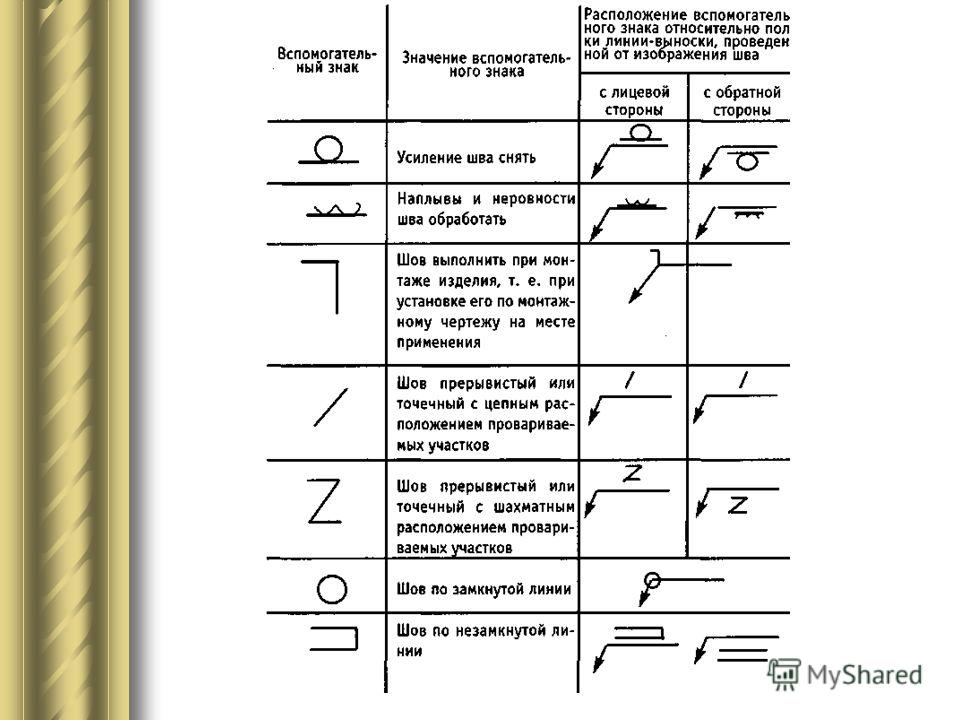
Обозначение способа сварки:

* ИH Гост 14771-76– сварка сталей в инертном газе вольфрамовым электродом без присадки ;
* ИHп – « - в инертном газе вольфрамовым электродом с присадкой -«-;
* ИП – « - в инертном газе плавящимся электродом -«-;
* УП – « - в углекислом газе плавящимся электродом -«-;
* ИHп Гост 14806-80 – « - сварка алюминиевых сплавов в инертном газе вольфрамовым электродом с присадкой ;
* ИП – « - в инертном газе плавящимся электродом;
* Кт 5 – контактная точечная по Гост 15878-79, диаметр ядра 5мм.

Размер катета указывается только для нахлесточных, тавровых швов и угловых с подваркой,

Для контактной точечной сварки вместо размеров прерывистого шва указывается через дефис количество рядов точек, расстояние между рядами, шаг в ряду

Обозначения вспомогательных знаков:



Шаг прерывистого сварного шва – это расстояние между началами одного прерывистого участка и другого.

**Примеры 1.1, 1.2, 1.3**

|  |  |
| --- | --- |
| Условные обозначения | Расшифровка |
| Гост 14771 - 76 - УП -Т3- 5-20Z40 - | Замкнутый шов, указанный с лицевой стороны стальных деталей, тавровый двусторонний без скоса кромок, выполненный сваркой в углекислом газе плавящимся электродом, катет шва 5мм, шов прерывистый в шахматном порядке, длина шва 20мм, шаг 40мм, шов зачистить с плавным переходом к основному металлу. |
| Гост 14606 -80- Ин – С3 – – Ra 12,5  2  Ra 12,5 | Два стыковых сварных шва, выполненные при монтаже, деталей из алюминиевого сплава в инертном газе без присадки, усиление и проплав швов зачистить заподлицо с основным металлом с двух сторон, шероховатость обработки Ra 12,5 |
| Гост 15878 -79- Кт 5 – 2 – 20 / 30 | Контактная точечная сварка диаметр ядра 5 мм, в 2 ряда, расстояние между рядами 20мм, цепное расположение точек, шаг в ряду 30мм |

**Задача 1.1.** См. эскиз 1.1. Труба сварена двумя сплошными швами из 3-х обечаек с продольными сварными швами. Усиление всех сварных швов зачистить снаружи заподлицо с основным металлом с шероховатостью Ra 12,5. Материал сталь12Х18Н9Т. Толщина листа 6мм.

Выбрать тип ответственных сварных швов и обозначить их.

Эскиз 1.1. Обечайка, сваренная из 3-х частей

**Задача 1.2.** Обозначить 3 прерывистых тавровых шва без скоса кромок, выполненных ручной дуговой сваркой штучным электродом, толщина деталей 10 мм, длина провариваемых участков 15мм, шаг40м, зачистка швов с плавным переходом к основному металлу. Катет выбрать по Гост 5264-80.

**Задача 1.3.** См. эскиз 1.2. Детали поз.1 и 2 из стали 20 толщиной 8мм сварены по периметру детали поз.2 в среде углекислого газа. Обозначить и указать на эскизе сварные швы.

1 2 А-А

А А

Эскиз 1.2. Наконечник.

**Задача 1.4.** См. эскиз 1.3. Полоса из стали 08кп толщиной 0,8мм сварена из двух частей точечной сваркой, количество точек не менее 6. Обозначить 2-х рядное сварное соединение группы А. Определить и указать размер нахлестки В.

В

В

30

0,8

Эскиз1.3. Пластина, сваренная контактной сваркой.

**2. Маркировка основного и сварочного материалов [1,разделы 3.1.4.3.1.5]**

В углеродистых сталях обыкновенного качества Гост 380-2005 (Ст3, Ст5) цифры после Ст обозначают условный номер стали, во всех остальных сталях и сплавах первые две цифры – содержание углерода в сотых долях процента. Все остальные элементы – в целых процентах. Содержание углерода в сталях типа Ст3 указывается в справочниках.

Электроды для сварки сталей подразделяются на типы. Например, тип электрода Э50 для сварки углеродистых сталей означает, что прочность сварного шва на разрыв не менее 50кг/мм2 . Тип электрода Э 08Х20Н9Г2Б указывает на зим. состав шва (в наплавленном металле 08% углерода, 20% хрома, 9% никеля,2% марганца, до1% ниобия).

**Задача 2.1**

Расшифровать условное обозначение материала.

Вариант 1 Вариант2

Р6М5, 12Х18Н9Т, АК7, Амг6, АD1, Р18, D16, Ст3 сп, Л62,

ВТ1-0, НМц2,5, 10кп, 08Х17Н13М2Т, БрХ0,7, БрНБТ, АМц, АК5М7,

30ХГСА Х27Н58М7Б3Ю-И D, АЛ19

**Пример 2.1**

Ст3 кп - черный металл, сталь низкоуглеродистая обыкновенного качества ГОСТ 380-2005, кипящая, углерода 0,14…0,22%.

**Пример 2.2**

Л80 – цветной сплав – латунь (сплав меди с цинком), меди 80%.

**Задача 2.2.**

Расшифровать условное обозначение сварочного материала (или припоя).

Вариант 1 Вариант 2

МНЧ2, Э 46, Св 03Х35Н50ВМТЮБ, Э 50А, Э 06Х20Н9,

ОЗР-6, ПМФОЦр-6-4-0,03 Э 10Х24Н6ГАФМ, ПЖ60НХБ,

Св04Х19Н9

**3. Сварочные газы**

Сварочные газы: горючие (ацетилен, водород, пропан-бутан и другие углеводороды), защитные (инертные – аргон и гелий, активные – углекислый газ, кислород).

Ацетилен применяется для газовой сварки, т.к. имеет самую высокую температуру пламени, пропан-бутан и другие заменители ацетилена применяется для резки, т.к. дешевые.

Чтобы эффективнее газы транспортировать, их сжимают. При этом некоторые из них превращаются в жидкость, они называются сжиженными. Сжиженный – углекислый газ ( жидкая углекислота). Растворимый в ацетоне – ацетилен. Сжатые – все остальные (они находятся в баллоне в газообразном состоянии).

Сжатые - поставляются в литрах, сжиженные - в килограммах.

Газы поставляются в баллонах. Все газы , кроме пропан-бутана, - в баллонах емкостью 40л, пропан-бутан - 50 л (на 23 кг газа). Давление газа в полном баллоне, кроме ацетилена и пропан-бутана, – 150 ати (кг/см2). Давление газа в баллоне с ацетиленом – 23 ати, с пропан-бутаном – 16ати.

При разработке режима сварки расход любого газа указывается в литрах в минуту (например, расход газа = 12 л/мин) и контролируется расходомером или более точно ротаметром.

**3.1 Подсчет количества газа в баллоне.**

**Исходные данные и формулы.**

1. Объем ацетилена в баллоне подсчитывается по формуле: V = 7• Vб• P,

где 7 – коэффициент, учитывающий растворимость ацетилена в ацетоне и заполнение объема баллона пористой массой (активированным углем),

Vб – объем баллона, равный 40л, P – давление ацетилена по манометру в кг/см2 .

2. При испарении 1 кг углекислоты получается 505 л (дм 3) углекислого газа. В баллоне содержится 24кг углекислоты, которая при испарении даст 24•0,505 =12,12 м3 углекислого газа.

1. Объем аргона в баллоне подсчитывается по формуле: V = Vб• P,

где Vб – объем баллона, равный 40л, P – давление аргона по манометру в кг/см2

4.  Доля пропана в пропанобутановой смеси по ГОСТ 15860-84 должна быть не менее 60% (примечание 1 к табл.2). Вес пропанобутановой смеси в баллоне объемом 50 л (0,05м 3) ограничивают до 21 кг. .

При нормальных атмосферных условиях и температуре 15°С из 1 кг жидкого бутана образуется 0,392 м3 газа, а из 1 кг пропана – 0,526 м3.

**Пример 3.1.**

Дано. Расход аргона при сварке составляет 10л/мин.

На сколько дней при 8-ми часовой 2-х сменной работе хватит одного баллона при загрузке источника питания 50%?

Решение.

1. Сколько л газа в баллоне?

Составляем пропорцию. 1 ати – 40 л

150 – х , х = 150х40=6000л, т.е. в полном баллоне содержится 6000л аргона.

1. Отвечаем на вопрос задачи.

((6000 : 10) : 60: 16):0,5 = 1,25дней.

Ответ. Одного баллона хватит на 1,25 дней.

**Пример 3.2**

Дано. Вес наполненного баллона с пропан-бутаном составяет 21кг.

На сколько часов резки Т хватит этого баллона при расходе газа 3л/мин?

Решение.

1.Применяя сведения п.4 раздела3, подсчитаем объем смеси газов в газообразном состоянии. V= 21кг • (0,526 • 0,6 + 0,392 •0,4) = 9,93м3

2. Ответим на вопрос задачи:

Т= 9930:3:60= 55 часов.

Ответ. Одного баллона хватит на 55 часов непрерывной резки.

**Задача 3.1.**

Дано. Расход ацетилена при сварке на один погонный метр сварного шва составляет 6л.

На сколько сборок хватит одного баллона ацетилена, если длина сварных швов в сборке составляет 5,3м ?

**Задача 3.2**

Дано. После сварки нескольких узлов из титанового сплава методом 3-х газовой защиты давление в баллоне с аргоном по манометру составило 80ати.

На сколько узлов хватит оставшегося в баллоне аргона, если расход в горелку – 12л/мин, в козырек снаружи – 8л/мин, в поддув изнутри – 4л/мин и время сварки всех швов узла составляет 40 минут?

**Задача 3.3.**

Дано. В сборке 28 погонных метров сварных швов (сварка в один проход). Расход углекислого газа на составляет 10л/мин. Время сварки одного метра – 3мин.

Сколько надо баллонов, чтобы сварить 200 сборок.

**4.Свариваемость сталей**

**4.1 Свариваемость углеродистых сталей** [1, раздел 3.4 ]

Свариваемость углеродистых, низко и среднелегированных сталей (до 5% легатуры) можно определить по формуле «эквивалентного углерода», принятой в России и европейских странах:

(Сr + Мо + V)

10

Ni

15

Мn

20

Сэкв = С + + + + + + ,

где под символами элементов обозначено содержание их в процентах.

Стали по свариваемости подразделяются на четыре группы:

I – хорошая свариваемость, Сэкв<0,25%,

II – удовлетворительная свариваемость, Сэкв = 0,25…0,35%,

III – ограниченная свариваемость, Сэкв = 0,35…0,45%,

IV - плохая свариваемость, Сэкв> 0,45%.

Для высоколегированных сталей (в них содержание элементов, кроме углерода, более 5%) формула недействительна.

**Пример 4.1** Дано. Сталь 20ХН3А.

Определить свариваемость стали.

Сэкв = 0,2 + 0,1 +0,2= 0,5> 0,45 – свариваемость плохая. Требуется предварительный и сопутствующий подогрев и немедленный отжиг.

**Задача 4.1.**

Расшифровать условное обозначение материала (без Интернета), определить его свариваемость по формуле эквивалентного углерода, а также необходимость и вид термообработки.

Вариант 1 Вариант2

У12, 30ХГСН, 35Л, 15ГС, 40Х, 20Г, У8, СЧ32, Ст5, 12ХН3А, 45Х, 10Л, КЧ350-10 65Г

**4.2 .Свариваемость высоколегированных сталей**

Свариваемость таких сталей (от 5 до 55% легатуры) ориентировочно можно определить по диаграмме Шеффлера (см.эскиз 5.1), предварительно вычислив эквивалентное содержание хрома CrЭ (ферритизирующая фаза) и никеля NiЭ (аустенизирующая фаза) по формулам:

CrЭ = Cr+ 1,5Si + 2Мo +5Тi +2Al +2Nb +V + 1,5W

NiЭ = Ni + 30C+30N+0,5Mn+10B

**Хорошо** свариваются стали с содержанием углерода С≤ 0,25% классов А и (А+до 15% Ф). Так как стали с отношением CrЭ / NiЭ ≤1,6 склонны к появлению горячих трещин в шве, то для них надо обязательно применять проволоку класса (А +2…10% Ф).

**Удовлетворительно** – стали с содержанием углерода С≤ 0,1% класса (А+до 80% Ф).

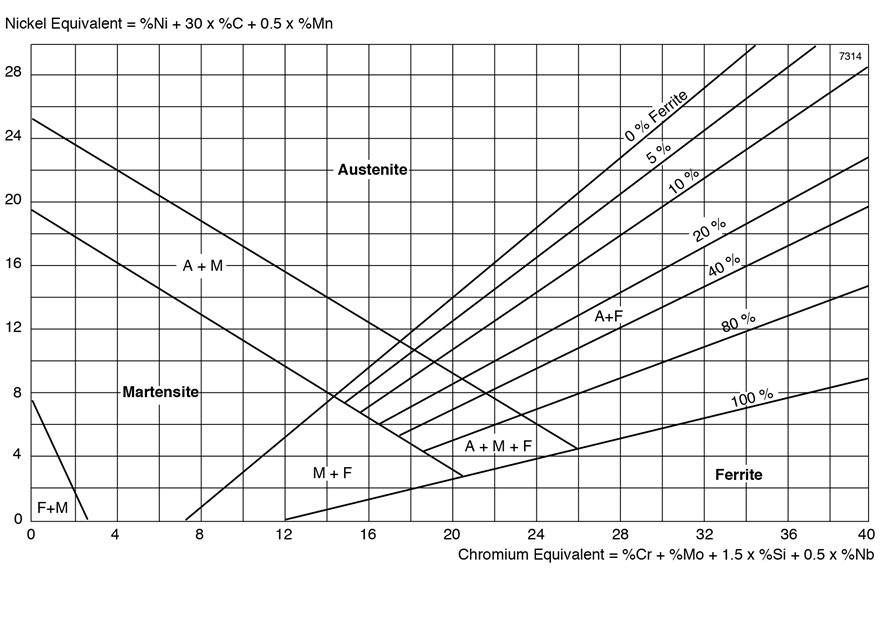
**Ограниченно** свариваются стали с содержанием углерода С≤ 0,25 % классов А+М, (А+М+ до 10% Ф), (А +от 16 до 20%Ф) и

с содержанием углерода С≤0,1% класса (М +Ф).

Стали склонны к росту зерна и охрупчиванию. Требуется предварительный и сопутствующий подогрев и немедленный отжиг.

**Плохо** свариваются все остальные стали. Они склонны к горячим и холодным трещинам в шве и зоне сплавления с основным металлом. Сварка не рекомендуется

Эскиз 4.1 Диаграмма Шеффлера



**Пример 4.2**

Дано. Сталь 12Х18Н9.

Определить свариваемость стали.

CrЭ =18. NiЭ =9+0,12•30=12,6. CrЭ / NiЭ =1,4≤1,6

По диаграмме находим, что эта сталь аустенитного класса А. Свариваемость хорошая с применением присадки, имеющей структуру А+2…10% Ф, например, проволоки св 06 Х19Н9 (ее CrЭ =19. NiЭ =9+0,9,06•30=10,8. ( По диаграмме эта проволока имеет структуру А+≈7%Ф)

**Задача 4.2**

Вычислить письменно в углеродистых и среднелегированных сталях Сэкв, а в высоколегированных – CrЭ , NiЭ  , в последних – определить структуру. Определить свариваемость сталей, пользуясь примерами 4.1 и 4. 2. Ответы оформить по образцу.

**Образец**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар 0 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | Ст3 | 0,28 | удовлетвор. |  |  |  |  |  |
| 2 | 30ХЛ | 0,4 | ограниченно |  |  |  |  |  |
| 3 | 18Х11МНФБ |  |  | 13,4 | 7,8 | М | 2,12 | плохо |
| 4 | 08Х17Н13М2Т |  |  | 23,4 | 18,4 | А | 1,22 | хорошо с присадкой А+…10% Ф |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар1 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 18ХС |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 20Х23Н18 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 10Х17Н4Г9А |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 25ХГСА |  |  |  |  |  |  |  |
| **Стали** | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар2 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | У12 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 12Х2С |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 15Х3М |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 10Х17Н13М3Т |  |  |  |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар3 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 20Л |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 25ХФА |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 09Х15Н8Ю |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | СЧ32 |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар4 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 35Г2С |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 25Х2МТФ |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 14ХГС |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 10Х17Н13М3Т |  |  |  |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар5 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | Ст5пс |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 12Х18Н9Т |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 30ХГСН2А |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 18Г2 |  |  |  |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар6 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | Ст3 сп |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 12Х3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 14Х18Н4ГЛ |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 25Х2НТРА |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар7 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | Ст3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 30Х2ГН2ВМ |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 18Х11МНФБ |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | У8 |  |  |  |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар8 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | Ст3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 14Х18Н4Г |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 30Х13Н7С2 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 45 |  |  |  |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | Высоколегированные | | | | |
| Вар9 | Марки | ,  % | Оценка свариваемости | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 25Л |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | 65ГС |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 08Х11МНФБ |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | 10Х17Н13М3Т |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | | |
| Вар10 | Марки | ,  % | | Оценка свариваемости | ,  % | | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 30Х2ГСН2ВМ |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 2 | 12ХГС |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 3 | 40ХЛ |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 4 | 25Х2ГНТРА |  | |  |  | |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | | |
| Вар11 | Марки | ,  % | | Оценка свариваемости | ,  % | | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | Ст4 |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 2 | 20ФЛ |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 3 | 25Х13Н2 |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 4 | 08Х22Н6Т |  | |  |  | |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | | |
| Вар12 | Марки | ,  % | | Оценка свариваемости | ,  % | | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 25Г2С |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 2 | 20ХН3А |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 3 | 18Х2Н4МА |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 4 | 08Х17Н15М3Т |  | |  |  | |  |  |  |  |
| Стали | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | | |
| Вар13 | Марки | ,  % | | Оценка свариваемости | ,  % | | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 25ГСЛ |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 2 | 25Х13Н2 |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 3 | 20Х |  | |  |  | |  |  |  |  |
| 4 | 20Х20Н14С2 |  | |  |  | |  |  |  |  |
| Стали | | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | |
| Вар14 | Марки | | ,  % | Оценка свариваемости | | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 08Х13 | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 2 | 20ХГСФЛ | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 3 | 20кп | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 4 | 12Х25Н16Г7АЛ | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Стали | | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | |
| Вар15 | Марки | | ,  % | Оценка свариваемости | | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 08Х17Н5М3 | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 2 | 30ХГСА | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 3 | 25Х3Н2 | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 4 | 15кп | |  |  | |  |  |  |  |  |
|  |  | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Стали | | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | |
| Вар16 | Марки | | ,  % | Оценка свариваемости | | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 20Х23Н18 | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 2 | 20ХГС | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 3 | 17Х18Н9 | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 4 | 50 | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Стали | | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | |
| Вар17 | Марки | | ,  % | Оценка свариваемости | | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 10Х14Г14Н4Т | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 2 | 15ХСНД | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 3 | У12 | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 4 | 12Х25Н16Г7АЛ | |  |  | |  |  |  |  |  |
| Стали | | | Углеродистые и среднелегированные | | | Высоколегированные | | | | |
| Вар18 | Марки | | ,  % | Оценка свариваемости | | ,  % | ,  % | Структура | ,  % | Оценка свар-сти |
| 1 | 16Г2АФ | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 2 | 15Х25Т | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 3 | 30Г | |  |  | |  |  |  |  |  |
| 4 | 20Х2Н4А | |  |  | |  |  |  |  |  |

**5.Режим сварки.**

Режим сварки рассчитывается, исходя из хим. состава основного материала и его толщины t.

Основные параметры режима дуговой сварки сталей штучным электродом :

диаметр электрода dэл

ток I,

напряжение U (зависит от тока),

При механизированной сварке в защитных газах к этим параметрам прибавляется скорость подачи электрода (проволоки) Vпп и расход защитного газа Gг.

При автоматической сварке – еще и скорость сварки Vса

Чтобы определить режим сварки покрытым электродом, нужно сначала выбирать диаметр электрода dэл и количество проходов из таблицы 1.

. Таблица1 Диаметр электрода в зависимости от толщины детали

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Толщина  детали, мм | 1…2 | 3 | 4…5 | 6…12 | 13…20 |
| Диаметр электрода, мм | 1,5…2,5 | 3 | 3…4 | 4…5 | 4…6 |
| Количество проходов | 1 | 1 | 1…2 | 2…3 | 4… 10 |

Затем определяется ток. Ток при ручной дуговой сварке штучным электродом можно эмпирически определить по формуле:

I = k• dэл ,

где k – коэффициент, зависящий от марки электрода,

для сварки электродами из углеродистой стали k = 60,

из легированной k = 40,

Напряжение на дуге U=18…28В.

При сварке алюминиевых сплавов неплавящимся электродом его диаметр выбирают из соотношения

I = (60…70)• dэл

Скорость сварки ориентировочно Vсв = 16…30 м/час Попытка снизить трудоемкость за счет повышения скорости сварки приводит к ухудшению качества сварного шва.

**Задача 5.1.**

Определить машинное время Т и ток I при ручной дуговой сварке штучным электродом узла, изображенного на эскизе 5.1. Материал сталь 25, толщина стенки t=4мм. Vсв = 16 м/час

С3 Гост 5264-80

Ø 400

t t

Эскиз 5.1. Сварная труба

**6.Сварочные деформации**

Один из недостатков сварки – поперечная усадка (укорочение размера в направлении, перпендикулярном сварному шву). Усадку полностью предотвратить не удается, поэтому важно ее рассчитать на стадии разработки техпроцесса сварки узла и, увеличив размеры свариваемых деталей на величину усадки, получить после сварки нужный размер узла.

Материалы толщиной до 5мм свариваются в один проход

(однопроходные швы), свыше 5мм – в два и более проходов

(многопроходные швы).

Усадку при сварке однопроходного стыкового шва ориентировочно определяют по формуле:

2α q

=



•

Сρ Vсв•δ

где q – удельная погонная энергия сварки,

Vсв • δ

Vсв – скорость сварки, (см/сек)

δ – толщина металла, (см)

α – коэффициент линейного расширения металла, (1/градус)

Сρ–объемная теплоемкость, Дж/кг•градус

q – эффективная мощность источника питания, q = η• Ν, где η – КПД источника питания, η =0,75…0,85 при сварке постоянным током,

η =0,65…0,75 – переменным, Ν –мощность при сварке на конкретном режиме, N=I•U, (А•В), где I – ток, U – напряжение,

I = к•dэ (к – см. раздел 6), dэ – диаметр электрода

Усадку шва при многопроходной сварке деталей толщиной до 30мм приближенно получают, умножив усадку на коэффициент К=1,1…5.

Вычисленная величина усадки, а также усадка при сварке деталей большей толщины проверяется на образцах.

**Пример 6.1**

Определить усадку от сварки однопроходного шва, выполненного дуговой сваркой покрытым электродом и изображенного на эскизе 6.1.

Справочные данные.

α для стали 25 = 12•10- 6 1/ ⁰ С

Vсв = 16 м/час, U=20 В

Сρ  для стали 25 = 500 Дж/ кг• ⁰ С

η = 0,7.

Решение.

Переведем справочные данные в нужные единицы

Vсв = 16м/час = 16•100/3600= 0,44 см/сек

Переведем Сρ =500 Дж из Дж/ кг• ⁰ С в Дж/ см3• ⁰ С.

кг• ⁰ С

Зная, что 1 Дж=1А•В•сек и объем тела весом Р=1кг равен V=Р/ρ (ρ - плотность вещества), запишем:

Сρ  = 500 Дж = 500 • 7,85г/ см3 •А• В•сек = 3,9 А•В•сек

кг• ⁰ С 1000 г• ⁰ С см3 • ⁰ С

=1,2мм

= 2α q 2•12•0,7•(60•4)А•20В• см3 • ⁰ С

=

•

Сρ Vсв•δ 1000000 ⁰ С •3,9А•В•сек 0,44 см/сек• 0,4см

Ответ: Усадка 1,2мм.

**Задача 6.1**

Определить усадку при автоматической сварке узла, изображенного на эскизе 7.1. Материал – сплав Амг6 толщина стенки t= 6мм. Количество проходов в каждом шве –2. α и Сρ взять из справочников. Ток I = к•dэ =

=70•4=280А

η = 0,7 ; U=24 В, Vсв = 30 м/час.

Гост 14806-80 - С20

2

t

Эскиз 6.1. Корпус

**7. Расчет сварных швов на прочность**

При расчетах сварных швов на прочность надо исходить из того, что прочность стыковых швов из стали должна быть не ниже прочности основного металла. Прочность сварного шва цветных сплавов не менее 0,6 от основного металла при ручной сварке и 0,7 при автоматической.

При расчетах надо учитывать, что начало и конец шва - всегда дефектные участки по 8…12мм, поэтому минимальная длина расчетного шва в конструкции должна быть не менее 30мм.

**Алгоритм расчета сварных швов**

Перед расчетом сварного шва на прочность сначала определяют, какой тип шва подвергается нагрузке. Основные типы швов : стыковой (С), тавровый (Т), угловой (У), нахлесточный (Н). Шов может испытывать статические или динамические нагрузки: растяжения, сжатия, изгиба, удара или, что чаще всего, комбинацию этих нагрузок. В последнем случае при расчетах действующие нагрузки складываются.

По расположению шва к действующей нагрузке швы могут быть лобовые, фланговые, косые, комбинированные (см. эскиз 7.1 ).

Стыковые лобовые швы испытывают растягивающие нагрузки (или как принято говорить, работают на разрыв), все остальные швы, в том числе и фланговые стыковые, – работают на срез, независимо от направления прилагаемой нагрузки.

Фланговый

Р

Р

Р

Р

Лобовой

Комбинированный

Косой

Эскиз 7.1. Виды швов по отношению к действующим нагрузкам.

При расчетах требуется решить одну из задач:

– определить сечение и длину шва по известной прилагаемой нагрузке. Так как сечение шва зависит от толщины свариваемых деталей (определено ГОСТ), эта задача чаще всего сводится к определению длины сварного шва.

– определить допускаемую нагрузку на уже известный по сечению и длине шов,

Основной показатель прочности стыкового сварного шва при статическом нагружении – предел *прочности на растяжение σв* (сила прилагается перпендикулярно сечению шва). См эскиз 7.2.

σ*в* = Р/F МПа, где Р – нагрузка в Н , F – площадь сечения шва в мм2 (усиление и проплав шва в размеры сечения не входят).

F = S•L, где L – длина сварного шва.

Р Р

S

Эскиз 7.2. Нагружение сварного образца разрывающей нагрузкой

Нагружение образца срезывающей нагрузкой *(с пределом прочности на срез τСР* ) отличается тем, что сила прилагается параллельно рабочему сечению. См. эскиз 7.3. Для низкоуглеродистых сталей τ*СР =* 0,7…0,8 σ*в*.МПа

S

Р Р

Эскиз 7.3. Нагружение сварного образца срезывающей нагрузкой

*Предел прочности на сжатие* σСЖ *=*РСЖ/ F МПа ,

где РСЖ – сжимающая сила. Обычно для металлов σСЖ = σ*в.*

*Предел прочности на изгиб* σИЗ *=*M / W = 1,5 P•*l* / *b•h2* МПа ,

где M - изгибающий момент,

W – момент сопротивления поперечного сечения образца прямоугольного сечения,

*b* и *h* – размеры изгибаемого (поперечного) сечения сварного соединения,

*l* **–** расстояние между опорами. См. эскиз 7.4.

Р

*b*

*l**h*

Эскиз 7.4. Нагружение сварного образца изгибающей нагрузкой.

Основной показатель прочности при динамическом нагружении *– предел выносливости* *или усталостная прочность* σR , который обозначается как σ-1 при симметричных циклах и как σ0  - при пульсирующих.

σ-1 = 0,5 σ*в.*

*Расчет длины сварного шва при известной статической нагрузке на растяжение.*

а). Условие прочности стыкового лобового сварного шва при растяжении:

σ≤ [σ ], (1)

где σ - действующее напряжение на шов,

[σ ] – расчетное напряжение ( допускаемое).

σ= Р/ F=Р/(S•L), (2)

[σ ]= к•σ*т /n,* (3)

где к – коэффициент снижения прочности сварного шва, зависящий от основного материала и вида сварки. Для стали к=1, для алюминиевых сплавов при ручной сварке к= 0,6, при автоматической к=0,7,

σ*т  -* предел текучести основного материала,

*n*– запас прочности, *n =*2,2 …2,6 в зависимости от условий эксплуатации. Для ответственных конструкций Росатома *n =*2,6.

Подставив формулы (2) и (3) в формулу (1), получим:

Р/ (S•L) ≤ к•σ*т /n,*

откуда L ≥ Р• *n/(* к•σ*т*• S). (4)

При этом минимальная длина сварного шва не должна быть меньше 30мм, потому что в начале и конце шва длиной по 12…15мм могут быть дефектные участки.

б).При расчетах угловых, тавровых и нахлесточных швов условие прочности на срез:

τср ≤ [τср],

где τср  - действующее напряжение на срез,

[τср]- расчетное напряжение, [τср ] = 0,7[σ ]

Тогда формула (4) примет вид: L ≥ Р• *n /(*к•σ*т*•0,7• S).

*Расчет допускаемой статической нагрузки на шов, известный по сечению и длине.*

Применяя формулу (4), допускаемая нагрузка на шов равна:

Р≤ к•σ*т /(n*• S•L) – для стыковых лобовых швов, (5)

Р≤ к•σ*т* •0,7*/(n*• S•L) – для всех остальных швов (нахлесточных, (6)

тавровых, угловых и стыковых фланговых). При расчете косых швов (см.эскиз 7.5) формулы (5) и (6) приобретают вид: Р≤ к•σ*т /(n*• S•L•sin ß)

С7

ß

Эскиз 7.5. Косой шов

В следующем примере рассмотрен вариант изготовления сварной трубы (обечайки) методом гибки из листа и последующей сварки.

**Пример 7.1.**

Дано. К обечайке из стали 20 (см. эскиз 7.6) требуется приложить давление р=2атм. Толщина стенок обечайки t =3мм. Длина шва L=150мм.

Определить, выдержит ли шов указанное давление.

Ø 30

С7

р

р

3

150

Эскиз 7.6. Сварная обечайка

Решение.

Условие прочности стыкового лобового сварного шва при растяжении:

σ≤ [σ ],

где σ - действующее напряжение на шов,

[σ ] –допустимое напряжение

σ = Р/ F=Р/(S•L), [σ ]= к•σ*т /n,* σ*т* стали 20=245Н/мм2

Действующее усилие на шов: Р= р•d•L /2, ( знаменатель -2 , так как усилие в сечении шва передается двум противоположным стенкам),

тогда σ = р•d•L /2S•L = 2кгс/мм2 •30мм/ 2• 3мм = 10кгс/ мм2 = 100Н/мм2

[σ ]= 1• 245/2,6=94 Н/мм2< 100 Н/мм2, значит, шов не выдержит такую нагрузку, следует увеличить толщину обечайки.

Обратите внимание! Длина обечайки L не влияет на прочность сварного шва.

**Пример 7.2.**

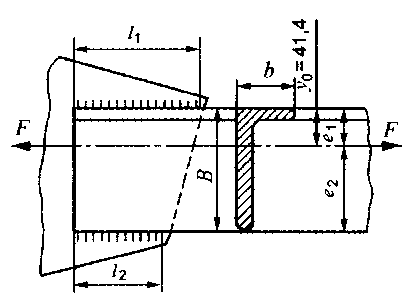
Дано. Уголок неравнополочный 125х80х10 ГОСТ 8510-93 приваривается к косынке катетом К=10мм

Зна­чения допускаемых напряжений: для основного металла

МПа, для сварно­го шваМПа. Сварное соединение должно быть равнопрочным с основным металлом.



Определить длину фланговых швов, прикрепляющих уголок к косынке (эскиз 7.7).



Эскиз 7.7 Элемент сварного узла

Решение.

Чтобы уголок не подвергался изгибающей нагрузке, сила F должна быть приложена по оси, проходящей через центр тяжести уголка, при этом моменты составляющих сил будут равны, а нагрузки на швы распределятся обратно пропорционально величинам *е1*и *е2*и прямо пропорционально длинам швов *l1* и *l2 .*

Из условия прочности уголка на растяжение определяем предельно допускаемую нагрузку на уголок  *F*.

По ГОСТ 8510—93 площадь попереч­ного сечения *А* = 1970 мм2.

103 Н



Из условия прочности швов, учитывая, что они работают на срез и расчетное сечение таврового шва равно 0,7 от катета, определяем суммарную длину фланго­вых швов:



Катет К назначается по Гост5264-80.

Тогда  *L*— суммарная длина шва равна:

= 470мм

276000

0,7•10•84



Соблюдая условие равнопрочности, определяем *l*1 и *l*2, зная поло­жение центра тяжести уголка из ГОСТ8510-93:  *y*0 =41,4 мм, *y*0= *e*1 (рис. 1.2.2 ГОСТ ):



где *В* — высота полочки по ГОСТ.

Составим пропорцию:

*е1• l*1*= е2•L – е2• l*1*,*



откуда

*е2 • L*

*е1+ е2*

83,6*•* 470

125

*l*1 = =  = 314мм. *l*2 = *L – l*1  *=* 470 – 314=156 мм

Ответ: *l*1 = 314 мм;156 мм

**Задача 7.1**

Дано. Приспособление для отжига стальных изделий весом 800кг при температуре 700 ͦ С изображено на эскизе 7.8, применяется многократно, поэтому изготовлено из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Выгрузка изделий после отжига производится при температуре 700 ͦ С. Предел текучести Ϭт стали 12Х18Н10Т при этой температуре равен 110 МПа.

Определить, исходя из условий прочности, длину сварных швов №1 и №2и диаметр трубы. По ГОСТ выбрать сортамент трубы.

Серьга

**2 №1**

5

Труба

4 -20/100

Буртик

**№3**

5

**№2**

Ребро – 3шт Основание

Эскиз 7.8 . Приспособление для транспортировки узла из печи

**8. Конструирование сварных соединений.**

При конструировании сварного соединения руководствоваться маркой материала, требованиями к качеству швов и типом производства. Способ сварки назначается по Гост в зависимости от свариваемого материала и ответственности конструкции (см.раздел 2).

**Задача 8,1**

В ячейках таблицы 8.1 отметить все возможные способы сварки и резки приведеных материалов, указать вид тока источника питания и полярность. Пример обозначения: и расшифровка

+, пост.пр. – сварка (резка) возможна, постоянный ток прямой полярности

+, пост обр.– сварка (резка) возможна, постоянный ток обратной полярности

+, пер. – сварка (резка) возможна, переменный ток

+, без элект. – сварка (резка) возможна, без электроэнергии

Таблица 8.1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Способ сварки  Материалы | Углеродистые стали | Средне  легированные стали | Высоко  легированные стали и  сплавы | Алюми  ниевые сплавы | Медные сплавы | Титановые сплав | Никелевые сплавы |
| Покрытым электродом |  |  |  |  |  |  |  |
| В среде углекислого газа |  |  |  |  |  |  |  |
| Газовая  сварка |  |  |  |  |  |  |  |
| Неплавящимся электродом в аргоне |  |  |  |  |  |  |  |
| Плавящимся электродом в аргоне |  |  |  |  |  |  |  |
| Плазменная  резка |  |  |  |  |  |  |  |
| Газовая резка |  |  |  |  |  |  |  |
| Электроннолучевая  сварка |  |  |  |  |  |  |  |
| Лазерная сварка |  |  |  |  |  |  |  |

Для серийного производства ответственных конструкций рекомендуется выбирать стыковые швы со съемной подкладкой, так как они обеспечивают полный провар, доступны для контроля и исправления дефектов с двух сторон. Для единичного производства ответственных конструкций выбирают замковые соединения или на остающейся подкладке. Если требуется, подкладку или замок удаляют после сварки.

**Задача 8.2**

Назначить способ сварки и сварочный материал для соединения, указанного на эскизе 8.1. Выбрать из соответствующего ГОСТа тип сварного шва и разделку кромок. Начертить эскиз разделки и эскиз сварного шва с обозначением, названием и размеров конструктивных элементов разделки кромок и сварного шва. Материал деталей и тип производства указаны в варианте. Сварные швы ответственные по группе I.

Вариант 1 Вариант 2 Вариант 3

Материал сталь 30ХГСА 12Х18Н10Т сплав Амг6

Толщина Т, мм 4 10 6

Тип производства среднесерийное единичное крупносерийное

?

Т

Эскиз 8.1. Элемент корпуса.

**9. Расчет экономической эффективности применения сварного варианта изготовления заготовки**

Основным показателем при выборе варианта изготовления заготовки является коэффициент материалоемкости или коэффициент использования материала КИМ= Мд/ Мн, где Мд – масса детали, Мн – норма расхода материала с учетом всех отходов.

При сравнении вариантов наиболее предпочтительными следует считать те способы изготовления, при которых значение КИМ >0,7 и требуется оборудование для механической обработки и [свар](http://pandia.ru/text/category/svarochnoe_oborudovanie/)ки, так как это оборудование имеется практически на каждом производстве.

Самый простой способ получения заготовки – нарезка из сортового проката (прутка, полосы, плиты и т.п.). При этом, если  отходы на механическую обработку составляют до 40 % (при этом КИМ имеет значение от 0,6), имеет смысл выбрать данный метод получения заготовки для единичного и мелкосерийного производства, как достаточно рациональный, не требующий специального оборудования и оснастки.

Надо отметить, что наиболее высокое значение коэффициента использования материала (около 1) обеспечивают методы обработки давлением с минимальной последующей обработкой резанием, когда объем заготовки приближается к объему готовой детали, но это требует наличия дорогого прессового оборудования и создания специальных дорогостоящих штампов, поэтому этот метод применяется для серийного и массового производства.

При изготовлении отливок с последующей обработкой резанием значение КИМ, как правило, ниже, чем при использовании штамповок, кроме того, материал расходуется на литниковую систему, хотя масса литников не учитывается в норме расхода материала, поскольку литники возвращаются на переплавку и следующую заливку. При отсутствии на производстве участка обработки давлением и уже готовых штампов следует предпочесть отливку - для мелкосерийного производства в разовую форму, для серийного – чаще всего в кокиль.

Изготовление изделий с помощью сварки обеспечивает высокий КИМ. Для единичного и мелкосерийного производства, если конструкция детали позволяет применить сварку и материал детали обладает хорошей свариваемостью, то, как правило, применяют сварные заготовки. Часто сварка является единственным способом получения заготовки для всех видов производства.

Однако величина КИМ не позволяет оценить трудоемкость выбранного способа изготовления. Для объективной оценки рассчитывают себестоимость каждого выбранного варианта изготовления.

Приближенную сравнительную оценку трудоемкости можно провести по количеству единиц оборудования или участков, задействованных при изготовлении данного изделия, при этом. чем больше используется оборудования для получения детали, тем больше трудоемкость ее изготовления.

**Пример 9.1**

Дано.  На эскизе 9.1 изображена деталь и ее аксонометрическая проекция. Материал детали – Ст 3 Масса детали 0,55кг. Шероховатость поверхностей - Rа 6,3. Производство мелкосерийное.

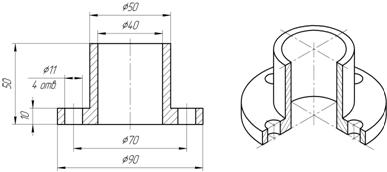
Требуется:

а) выбрать припуски на механическую обработку и рассчитать размеры заготовки для получения детали с помощью литья;

б) рассчитать размеры и выбрать заготовку для изготовления детали методом обработки давлением;

в) подобрать заготовки для изготовления детали методом сварки;

д) оценить технико-экономические показатели изготовления детали с помощью литья, сварки, обработки давлением, резанием и выбрать наиболее рациональный способ.



Эскиз 9.1– Штуцер

**Расчет размеров заготовки-отливки[2]**

Данная заготовка может быть изготовлена литьем в землю, при этом с целью экономии металла для создания центрального отверстия Ø40 целесообразно использовать стержень, а крепежные отверстия под болты Ø11 изготовить сверлением, так как минимальный диаметр отливаемых отверстий - Ø15мм. Поскольку литье не обеспечивает заданной точности размеров и чистоты поверхностей, отливку после очистки следует обработать на токарном станке, для чего необходимо предусмотреть припуски на все обрабатываемые поверхности.

Поверхность разъема с целью облегчения выемки отливки должна быть горизонтальной, поэтому деталь в форме будет располагаться, как показано на эскизе 9.2.

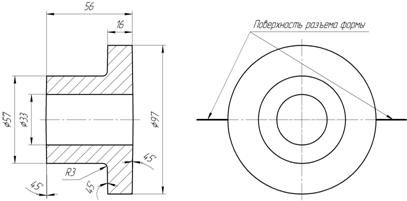
Выбираем припуски на механическую обработку для стальной отливки по Гост Р56464 – 2009:

– на диаметральные размеры поверхностей Ø40, Ø50 и Ø90, которые при заливке располагаются вверху, сбоку и внизу, принимаем симметричный наибольший припуск – 3,5 мм (причем на Ø40 припуск идет внутрь);

– на торцовые поверхности детали, расположенные при заливке сбоку, принимаем припуски по 3 мм.

Для возможности выемки отливки без разрушения формы необходимо предусмотреть формовочные уклоны на вертикальных поверхностях отливки. По рекомендациям ГОСТ принимаем для торцов Ø57 и Ø97 уклон 1º30'. Для предотвращения возникновения внутренних напряжений необходим плавный переход от толстой стенки к тонкой, с этой целью выполняем закругление радиусом R8 двух перпендикулярных поверхностей.

Эскиз заготовки с припусками, положение отливки в форме и поверхность разъема формы показаны на эскизе 9.2.



Эскиз 9.2 – Эскиз отливки и ее положение в форме

По эскизу определяем объем и массу отливки.

Для определения объема отливку следует разбить на элементарные геометрические фигуры (в нашем случае – цилиндры). При расчете объема уклонами и радиусами скругления пренебрегаем ввиду малого значения объема этих составляющих.

,



где V1, V2, V3 – условные обозначения объемов цилиндров Ø57, Ø97

и Ø33, соответственно.



Масса отливки определяется выражением:

,



где ρ – плотность металла отливки, определяемая по справочнику. (Для стали ρ=7800 кг/м3).

 (кг).



Тогда

 (дм3),



Вычислим КИМ.

КИМ= 0,55/1,32=0,42.

**Расчет размеров заготовки – штамповки [2]**

Определяем припуски на механическую обработку заготовки – штамповки, полученную в открытом штампе на кривошипном прессе. Значения припусков на обработку наружных цилиндрических поверхностей и торцов выбираем по Гост7505-93 табличным методом, исходя из исходного индекса. Исходный индекс назначаем по монограмме ГОСТа, определив предварительно массу поковки (*mпок* = *mдет* • 1,6 =0,76•1,6= 1,2), группу стали – М1, степень сложности – С1, Кслож = *mпок* / *mфиг* =1,2/9,9=0,12), точность – Т5. Исходный индекс – 11.

Значения припусков на диаметры составят: 2,3мм(1,6+0,3+0,4) на Ø50, 2,4мм(1,7+0,3+0,4) на Ø90; 2,3мм на Ø 40, на торцовые поверхности – на размер 50 припуск 2,4 мм, на 10–2,2мм (1,5+0,3+0,4).

С учетом припусков определяем наружные размеры заготовки:

Ø 50+4,6=54,6; округляем до прутка Ø 55 по Гост 2590 -2009;

Ø 90+4,8=94,8, округляем до Ø95*;*

Ø 40-4,6=35.4, округляем до Ø 35,5;

толщина 10+2,2+2,4=14,6; округляем до 14,5

высота 50+2,4+2,2 = 54,6, округляем до 54,5.

Выбор заготовки для штамповки будем выполнять с учетом полученных размеров из стандартного ряда холоднодеформированной круглой стали Гост 2590. Наиболее близко подходит пруток диаметром 55 мм

Рассмотрим возможные способы изготовления штамповки:

1) в качестве заготовки – пруток диаметром 55 мм, выполнить высадку его для образования местного утолщения диаметром 95 мм заданной высоты и произвести обтачивание припусков на токарном станке, изготовление центрального отверстия и отверстий под болты;

2) выполнить высадку заготовки из прутка диаметром 55 мм, как в предыдущем способе, затем – прошивку центрального отверстия диаметром 40 мм, с последующей обработкой наружных поверхностей на токарном станке и изготовлением отверстий под болты на сверлильном станке.

Анализируя предложенные способы изготовления детали с помощью обработки давлением, отметим следующее.

Первый способ дополнительно требует изготовления одного штампа.

Второй способ имеет меньшую трудоемкость механической обработки по сравнению с первым, но дополнительно требует второй штамп – прошивку для выполнения операции закрытой прошивки, что усложняет и удорожает процесс изготовления детали, имеющей тонкие стенки толщиной 9 мм. КИМ при этом практически не меняется. (Для серийного производства нужно выбрать второй вариант, т.к. стенку толщиной 9мм можно получить при закрытой прошивке отверстия Ø35,5 за два перехода).

Таким образом, как наиболее простой и рациональный способ обработки давлением выбираем первый, т. е. высадку заготовки диаметром 55 мм на диаметр 95 мм с последующей обработкой резанием и высверливанием центрального отверстия. Заготовка, полученная в результате высадки, приведена на эскизе 9.3.

Для выполнения этого способа необходимо определить объем и длину высаживаемой части заготовки

14,5

Ø 55

Ø 95

54,5

Эскиз 9.3. Поковка.

.

Объем высаживаемой части заготовки определяем по формуле:

Vпок = V1+ V2+ Vоблоя+ Vугара+ Vусадки

Объем усадки принимаем равным 1,5 %, потери металла на угар при электронагреве – 0,5 % объема заготовки, облой для поковок сложности С1 обычно составляет 2%. .

Тогда Vпок =1,04 (V1+ V2 )

V1 = πd2 • L/4 = 3,14•5,52 • 4/4=95см3

V2 = πd2 • L/4 = 3,14•9,52 • 1,45/4=102.7см3

Vпок=1,04•197,7=205,6 см3

Длину исходной заготовки для штамповки определим, используя один из законов пластической деформации - объем исходной заготовки равен объему штамповки.

Vзаг= Vпок, 3,14•5,52•L1/4 = 205,6, откуда L1=8,7см

Размеры исходной заготовки пруток Ø55х46.

Масса поковки Мпок= ɣ• Vпок=7,8•205,6=1,6 (кг).

КИМ= 0,55/1,6=0,34

**Расчет размеров заготовки из прутка.**

Определим для сравнения массу заготовки Мпр из сортового прутка, назначив припуски табличным методом.

Размеры заготовки Ø 95х52 мм.

Масса прутка Мпр= 3,14•9,52 • 5,2•7,8/4=2,87кг

 КИМ = 0,55/2,87=0,19 – очень низкий, заготовка-пруток Ø 95х52 применим только для единичного производства.

**Выбор заготовок для изготовления детали методом сварки**

Сварка является наиболее экономичным способом изготовления штуцеров. Для деталей подобного рода выбираются заготовки с таким расчетом, чтобы их размеры совпадали с размерами готовой детали и после сварки получалось изделие, пригодное к эксплуатации без дополнительной обработки.

Штуцер методом сварки, как правило, изготавливают из двух заготовок сортового проката – трубы и [фланца](http://pandia.ru/text/category/flantci/). Фланец изготавливают из листа требуемой толщины или прутка необходимого диаметра, обрабатывая его на токарном станке.

В качестве заготовки для патрубка выбираем трубу бесшовную горячекатаную Ø50х5х59 Гост 8732-78 массой 0,33кг. Для изготовления фланца используем стальной горячекатаный лист по ГОСТ толщиной 12 мм, из него вырежем кольцо Ø95хØ36 гидроабразивной резкой с последующей мех. обработкой под сварку.

Норма расхода металла на кольцо Мк=3,14•9,52•1,2•7,8/4=0,66кг.

Норма расхода металла на трубу Мтр=0,33кг

Итого норма расхода металла на сварной вариант штуцера Мн= 0,99кг.

КИМ=0,55/0,99=0,56.

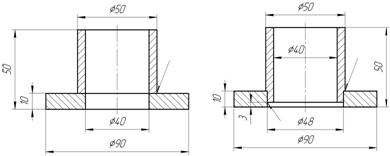
Возможны два способа сварки трубы с фланцем, показанные на рисунках 9.4а и 9.4б.

Первый способ (эскиз 9.4а) наиболее простой – не требует особой подготовки кромок соединяемых поверхностей для сварки. Диаметр отверстия фланца при этом способе совпадает с внутренним диаметром трубы. Однако на практике он применяется редко, учитывая следующие недостатки: заготовки без применения специального приспособления взаимно не зафиксированы и могут сдвинуться в процессе сварки; в результате нагрева может произойти коробление и перекос заготовок, из-за чего может нарушиться перпендикулярность оси трубы и торца фланца.

Чтобы избежать подобных дефектов, на практике чаще применяют второй способ сварки (эскиз 9.4б). Для такого соединения деталей проводят подготовку и отверстия фланца, и наружного диаметра трубы. Подготовку проводят по той причине, что даже точные трубы имеют отклонения наружного диаметра и овальность, поэтому могут не подойти точно по размеру отверстия фланца. Наружный диаметр трубы обтачивают на 0,5…1 мм; чтобы не снизить прочность стенки трубы, отверстие во фланце выполняют с таким расчетом, чтобы при сборке получался гарантированный зазор от 0,1 до 0,3 мм.

**Вывод.** По расходу металла самый рациональный способ – сварка, затем следуют отливка, штамповка, прокат. Увеличение трудоемкости из-за применения сварки компенсируется снижением трудоемкости последующей мех. обработки благодаря малым припускам.

Учитывая то, что для сварки не требуется никакой оснастки, для литья нужно изготавливать одноразовую форму, а для штамповки нужно изготовить штамп, выбираем сварной вариант изготовления детали



|  |  |
| --- | --- |
| а | б |

Эскиз 9.4 – Варианты изготовления штуцера методом сварки.

**Задача 9.1**

Дано. На эскизе 9.5 изображена деталь, изготовленная механическим путем из прутка.

Разработать для единичного производства наиболее оптимальный сварной вариант изготовления детали «Корпус». Вычислить ориентировочную экономию металла в килограммах и рублях от применения сварного варианта. Стоимость стали найти в Интернете.

16

12

Ø 195

Ø 158

Ø 170

Ø 164Н5

Rа2,5

Rа2,5

250

280

Эскиз 0.5. Корпус.

Материал сталь 12Х18Н9Т. Допуски по H14/h14. Шероховатость неуказанных поверхностей Rа 6,3. Требования к сварным швам по ОСТ951487-80 группа I. Контроль – рентгенодефектоскопия.

**10. Приспособления для терморихтовки**

При всех своих достоинствах сварка имеет одон большой недостаток: появление остаточных напряжений и деформаций, обусловленныз неравномерным нагревом, быстрым охлаждением, струкиурными изменениями. Эти явления можно снять, применив отжиг сварного узла, при этом деформации узла (неплоскостность фланцев, овальностьобечаек, неперпендикулярность поверхностей и др.) можно исправить в припособлении для терморихтовки. Приспособения для терморихтовки углеродистых сталей изготавливают из коррозионно-стойкой стали, а для алюминиевыз сплавов – из углеродистой стали. В этих приспособлениях не рекомендуется применять резьбовые зажимные элементы из-за их быстрого износа при высокой температуре. Ч аще всего применяют клиновые зажимы.

**Пример10.1**

На заводе «Авангард» был Главный инженер Касютыч, бывший детдомовец. Он был не только главным инженером, но и просто инженером, любил ходить по цехам и решать конкретные задачи. Расчеты он записывал на коробке от папирос «Казбек». Например, он научил нас решать такую задачу, которую мы назвали «Задача Касютыча».

После сварки узла из сплава Амг6, изображенного на эскизе 10. 1, фланец покоробился: неплоскостность 4мм, овальность диаметра D - 5мм. Исправить эти деформации можно только терморихтовкой в приспособлении, совместив ее с отжигом при температуре 310…335⁰С.

Зажимы а приспособлении должны быть клиновые, т.к. резьбовые соединения при повышенной температуре быстро изнашиваются, и корпус трудно будет освобождаться от приспособления.

Требуется.

Рассчитать внутренний диаметр приспособления для заневоливания и исправления овальности и неплоскостности фланца и наружным диаметром D.

**Решение.**

Все металлы при нагреве расширяются. Наружный периметр L фланца поз.1 удлиняется на величину ∆L =α• ∆Т, где α – коэффициент линейного расширения Амг6 при 315⁰, α = 23,9• 10 -6 1/град, ∆Т – разность температур = 330- 20 =310⁰.

При Т=300⁰ L = 600• π (1+ 23,9• 10 -6 •310= 1898, что соответствует диаметру 1898 /π = Ø 604,2.

Назначим диаметр приспособления, в которое поместим фланец,

Ответ. D= Ø 604,5 Н9(+0,175).

∆5

∆6

Ø 400

Ø500

Ø 600

Эскиз10.1 Корпус

При разработке конструкции клиновых приспособлений для терморихтовки важно , чтобы ход клина по горизонтали был достаточным для заневоливания (прижатия) фланца. Ход клина SQ по горизотали не зависит от передаточного отношения силы и рассчитывается по формуле:

SQ / SP =ctg α. (см. эскиз10.2)

А ход клина по вертикали SP должен быть больше неплоскостности фланца, в нашем примере больше 4-х мм.

Р

α

Q

Р

Эскиз 10.2. Расстановка сил клина (упрощенно)

**Задача 10.1**

Разработать эскиз приспособления с клиновыми зажимами для исправления деформации узла, изображенного на эскизе 10.1. Использовать ответ примера 10.1 . Рассчитать ход клина по горизонтали.

**11. Справочные материалы.**

1. Александров А.А., Завалишин Ю.К., Киткина Л.М. Сварка металлов, композитов и полимеров.
2. Халдеев В.Н., Денисова Н.А. Проектирование и производство заготовок.
3. Мандриков А.П. Примеры расчета металлических конструкций.
4. ГОСТ 2.312-72. Условные изображения и обозначения швов сварных соединений.
5. ГОСТ 5264-80. Ручная дуговая сварка.
6. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе.
7. ГОСТ 14806-80.Дуговая сварка алюминия и алюминиевых сплавов.
8. ГОСТ 15878-79. Контактная сварка.