

Министерство образования и науки Челябинской области

ГБПОУ «Троицкий технологический техникум»

**Методические указания**  
**к выполнению лабораторных и практических работ**

по профессиональному модулю: **ПМ.01. Подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций**

по специальности: **22.02.06 Сварочное производство**

2022

Методические указания для выполнения лабораторных и практических работ разработаны на основе программы «ПМ.01. Подготовка и осуществление технологических процессов изготовления сварных конструкций» по специальности 22.02.06 Сварочное производство

Разработчик: Мумбаева С.Ю., преподаватель профессионального цикла.

Рассмотрено и одобрено на заседании цикловой методической комиссии преподавателей и мастеров п/о по программам подготовки квалифицированных рабочих технического и строительного профиля

Протокол № \_\_\_\_ от «\_\_\_\_» \_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

## **Содержание:**

1. Пояснительная записка
2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ
3. Требования к технике безопасности при выполнении работ
4. Тематика и содержание лабораторных работ
5. Список используемой литературы.

### **1. Пояснительная записка**

Целью проведения лабораторных работ является:

- лучшее усвоение материала, закрепление полученных теоретических знаний и практических умений по учебной дисциплине;
- формирования умений применять теоретические знания при решении поставленных вопросов;
- формирования общих и профессиональных компетенций

Согласно учебного плана и рабочей программы дисциплины общий объем на выполнение лабораторных работ составляет 120 часов.

### **2. Общие требования по выполнению работы и оформлению отчета; критерии оценивания работ.**

Обучающийся должен:

- строго выполнять весь объем самостоятельной подготовки, указанный в описании соответствующих лабораторных (практических) работ;
- знать, что выполнению каждой работы предшествует проверка готовности обучающегося, которая проводится преподавателем;
- знать, что после выполнения работы обучающийся должен представить отчет о проделанной работе с обсуждением полученных результатов и выводов.

Критерии оценки лабораторных (практических) работ.

Например:

Оценка «5» - работа выполнена в полном объеме и без замечаний.

Оценка «4» - работа выполнена правильно с учетом 2-3 несущественных ошибок, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «3» - работа выполнена правильно не менее чем на половину или допущена существенная ошибка.

Оценка «2» - допущены две (и более) существенных ошибок в ходе работы, которые обучающиеся не может исправить даже по требованию преподавателя или работа не выполнена.

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя:

1. Название лабораторной работы.
2. Цель работы.
3. Перечень оборудования и приборов.
4. Выводы по работе.

### **3. Требования к технике безопасности при выполнении работ**

1. Перед тем как приступить к выполнению работы, тщательно изучите ее описание, ход ее выполнения.
2. Приступить к выполнению работы учащиеся могут только с разрешения преподавателя.
3. Будьте внимательны, дисциплинированы, осторожны, точно выполняйте указания преподавателя.
4. Не держите на рабочем месте предметы, не требующиеся при выполнении задания.

## Лабораторная работа №1

Определение диаметров и марок сварочной проволоки.

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при расшифровке условные обозначения сварочной проволоки для сварки различных сталей

### Ход выполнения работы:

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Изучить условное обозначение сварочной проволоки для сварки и наплавки углеродистых, низколегированных и легированных сталей.
3. Расшифровать условное обозначение сварочной проволоки (по карточкам).
4. Ответить на контрольные вопросы.

### Теоретические сведения

**Сварочными** называют материалы, обеспечивающие возможность протекания сварочных процессов и получения качественных сварных соединений.

#### К ним относят:

- присадочные металлы,
- покрытые электроды,
- флюсы,
- защитные газы.

Большинство швов при сварке выполняют с применением присадочных материалов.

Присадочный металл вводят в сварочную ванну в дополнение к расплавленному основному металлу с целью заполнения зазора, разделки кромок, получения шва с необходимыми геометрическими размерами и обеспечения высоких эксплуатационных характеристик при минимальной склонности к образованию дефектов.

**Присадочные материалы (металлы).** В большинстве случаев состав присадочного материала мало отличается от химического состава свариваемого металла. При разработке присадочного металла учитывают методы сварки, марку свариваемого металла, условия эксплуатации конструкции. Присадочный металл должен быть более чистым по примесям, содержать меньшее количество газов и шлаковых включений.

#### Присадочные металлы используют в виде:

- металлической проволоки сплошного сечения,
- металлической проволоки с порошковым сердечником,
- прутков,
- пластин,
- лент.

К сварочной проволоке предъявляют высокие требования по состоянию поверхности, предельным отклонениям по диаметру, овальности и др. показателям.

### Проволока стальная сварочная и наплавочная.

Для дуговой сварки и наплавки применяют специальные сварочные и наплавочные проволоки. Холоднокатаную стальную **сварочную проволоку** сплошного сечения

выпускают по **ГОСТ 2246-70\***, где она классифицируется по группам и маркам стали. ГОСТ предусматривает 77 марок разного химического состава.

**Сварочную проволоку разделяют на 3 группы:**

1. **6** марок из низкоуглеродистой стали с содержанием легирующих элементов *до 2,5%* – **Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-10ГА, Св-10Г2А;**
2. **30** марок из легированной стали с содержанием легирующих элементов *от 2,5 до 10%* – **Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-18ХГС** и др.;
3. **41** марку из высоколегированной стали с содержанием легирующих элементов *более 10%* – **Св-12Х11НМФ, Св-10Х17НТ, Св-06Х18Н9Т.**

*Обозначение марок проволок состоит из сочетания букв и цифр и расшифровывается следующим образом:*

**Св** – сварочная; цифра после Св – содержание углерода в сотых долях процента (например **08** означает 0,08% углерода);

**А** – повышенная чистота металла по содержанию серы и фосфора;

**АА** – более пониженное содержание серы и фосфора по сравнению с проволокой Св-08А; последующие буквы – условное обозначение легирующих элементов; цифры после буквенных обозначений – среднее содержание легирующих элементов в процентах (при содержании легирующего элемента менее 1% цифра не ставится).

Химические элементы в сталях условно обозначают следующим образом:

Пример обозначения проволоки диаметром 4 мм из легированной стали, содержащей 0,06-0,10 % С; 0,45-0,70 % Si; 1,15-1,45 % Мп; 0,85-1,15 % Cr; не более 0,3 % Ni; 0,40-0,60 % Mo; не более 0,025 % P, обозначается :

### **Проволока 4Св-08ХГСМА ГОСТ 2246-70.**

**Проволоку различают по назначению:**

- Для сварки (наплавки) и для изготовления электродов (условное обозначение – **Э**).
- Низкоуглеродистую и легированную проволоку выпускают неомеднённой и омеднённой (условное обозначение – **О**) для предохранения её поверхности от коррозии. Омеднённую поставляют по особому требованию заказчика.

Кроме того, **по особому требованию заказчика** изготавливают проволоку из стали, **выплавленной**:

- электрошлаковым (**Ш**),
- вакуумно-дуговым (**ВД**) или
- вакуумно-индукционным (**ВИ**) методами (переплавом).

При этом оговариваются дополнительные требования к металлу проволоки с точки зрения допустимого содержания в нем вредных примесей и газов.

**Пример:**

1. **Проволока 3Св - 08А - О ГОСТ 2246-70** - сварочная проволока диаметром 3 мм, марки Св-08А с омеднённой поверхностью.
2. **Проволока 2,5 Св-08ХГСМФА-ВИ-Э ГОСТ 2246-70** – сварочная проволока диаметром 2,5 м, марки Св-08ХГСМФА из стали, выплавленной в вакуумно-индукционной печи, предназначенная для изготовления электродов.

Стальная **наплавочная проволока** по **ГОСТ 10543-98** изготавливается диаметром от 0,3 до 8,0 мм, по химическому составу разделяется на три группы:

1. **9** марок из углеродистой стали – Нп-25, Нп-30 и т.д.;
2. **11** марок из легированной стали – Нп-10Г, Нп-50Г, Нп-30ХГС и др.;
3. **11** марок из высоколегированной стали – Нп-20Х14, Нп-30Х10Г10Т и др.

Проволока используется для наплавки под флюсом, в защитных газах, при электрошлаковой наплавке и для изготовления покрытых электродов. Марку проволоки выбирают в зависимости от назначения и требуемой твёрдости металла наплавленного слоя. Используемая для наплавки обрезная холоднокатанная лента имеет толщину от 0,4 до 1,0 мм при ширине от 20 до 100 мм. Ленту поставляют в рулонах

**Контрольные вопросы:**

1. Какие материалы называют сварочными?
2. Как выбирают присадочные материалы?
3. Какие виды присадочных материалов вы знаете?
4. Перечислите требования, предъявляемые к сварочной проволоке.
5. В каком виде поставляется сварочная проволока?
6. Что содержит сертификат, сопровождающий партию сварочной проволоки?
7. Как очищают присадочный материал?
8. Назовите ГОСТ, по которому выпускают сварочную проволоку?
9. Как классифицируется сварочная проволока по химическому составу?
10. Для чего предназначена сварочная проволока марки Св-18ХГС, Св-08А.
11. Как обозначают проволоку для сварки (наплавки) и для изготовления электродов?
12. Какую проволоку выпускают по требованию заказчика?
13. Какой диаметр имеет стальная наплавочная проволока?
14. Как классифицируют наплавочную проволоку по химическому составу?
15. Для чего используют стальную наплавочную проволоку?
16. Как выбирают стальную наплавочную проволоку?
17. Назовите параметры наплавочной ленты.
18. Как поставляют ленту?

### **Практическое занятие № 2, 3**

Построение структурной схемы условного обозначения металлического электрода.

Расшифровка условных обозначений электродов

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при расшифровке условные обозначения сварочных электродов

**Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Начертить структурную схему условного обозначения металлического электрода
3. Изучить условное обозначение сварочных электродов для сварки углеродистых, низколегированных и легированных сталей.
4. Изучить условное обозначение электродов для сварки теплоустойчивых, высоколегированных сталей и цветных металлов.
5. Изучить международные и национальные системы обозначения электродов.
6. Расшифровать условное обозначение электродов (варианты – по номеру в журнале).
7. По описанию составить структурную схему условного обозначения электрода: **Тип электрода Э46А, марка УОНИ-13/45, предел прочности наплавленного металла менее**

600 МПа, ГОСТ 9467-75, электроды имеют диаметр 3 мм, предназначены для сварки углеродистых и низколегированных сталей, покрытие - среднее; содержание серы в наплавленном металле допускается до 0,04 %, фосфора - до 0,045 %, электроды имеют минимальное временное сопротивление разрыву 430 МПа, вид покрытия - основное, сварка возможна во всех пространственных положениях, производится на постоянном токе обратной полярности. Номер стандарта, определяющего общие требования к электродам - 9466-75.

8. Ответить на контрольные вопросы.

### Теоретические сведения

**Условное обозначение электродов для сварки углеродистых, низколегированных и легированных сталей**

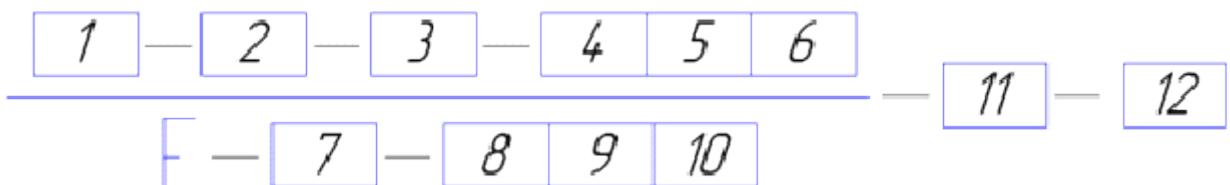


Рис. 1 Структурная схема условного обозначения металлического электрода

**Обозначение электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей с времененным сопротивлением разрыву до 600 МПа и электродов для сварки легированных конструкционных сталей с времененным сопротивлением разрыву более 600 МПа.**

А) Э46А-УОНИ-13/45-3,0-УС2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
E432(5)-Б10

Б) Э85-УОНИ-13/85-2,0-ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
E-13Г2СМ-0-Б20

- А)- обозначение электрода для сварки углеродистых и низколегированных сталей с времененным сопротивлением разрыву менее 600 МПа;  
Б)- обозначение электродов для сварки легированных конструкционных сталей с времененным сопротивлением разрыву более 600 МПа

В наименовании типа электрода содержится буква Э, после которой приведено временное сопротивление разрыва, кгс/мм<sup>2</sup> (например, Э38, Э42, Э50). У некоторых типов электродов после цифр поставлена буква А, что указывает на более высокие характеристики пластичности наплавленного металла. У электродов этих типов регламентированы механические характеристики (временное сопротивление разрыву, относительное удлинение, коэффициент наплавки и угол изгиба), а также содержание серы и фосфора в наплавленном металле.

Согласно требованиям ГОСТ 9466-75 в условном обозначении электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей с времененным сопротивлением разрыву менее 600 МПа в знаменателе (рис.1 и рис. 2, А) группа индексов, относящаяся к показателям

наплавленного металла, должна быть записана следующим образом: первые два индекса указывают минимальное значение временного сопротивления разрыву (**σ<sub>в</sub>, кг/мм<sup>2</sup>**), а третий индекс характеризует одновременно минимальные значения относительного удлинения (**δ<sub>5</sub>, %**) и температуры (**T<sub>х</sub>, °C**), при которой определяется ударная вязкость.

В условном обозначении электродов (**рис. 2, Б**) для сварки сталей с временным сопротивлением разрыву более 600 МПа группа индексов, обозначающих характеристики наплавленного металла и металла шва, указывают среднее содержание основных химических элементов в наплавленном металле и минимальную температуру, при которой ударная вязкость не менее 35 Дж/см<sup>2</sup>.

Эта запись (**13Г2СМ-0**) включает: **а) первый индекс** – двузначное число, соответствующее среднему *содержанию углерода в сотых долях процента*; **б) последующие индексы**, каждый из которых состоит из буквенного обозначения соответствующего химического элемента и расположенного за ним числа, показывающего среднее *содержание элемента в наплавленном металле* (с погрешностью до 1 %); **в) последний индекс**, характеризующий *минимальную температуру*, при которой ударная вязкость составляет не менее 35 Дж/см<sup>2</sup>

### **Условное обозначение электродов для сварки теплоустойчивых, высоколегированных сталей и цветных металлов**

**Обозначение электродов для сварки теплоустойчивых сталей.**

ГОСТ 9467-75 предусматривает **9 типов** электродов для сварки теплоустойчивых сталей. В основу классификации электродов положены химический состав наплавленного металла и его механические свойства – временное сопротивление разрыву, относительное удлинение и ударная вязкость. Обозначение типов электродов состоит из индекса Э (электроды для дуговой сварки) и следующих за ним цифр и букв. **Две первые цифры** соответствуют среднему *содержанию углерода в наплавленном металле в сотых долях процента*. Среднее содержание основных *химических элементов* указано в процентах после буквенных обозначений химических элементов. У электродов для сварки теплоустойчивых сталей вводится **дополнительный индекс**, указывающий максимальную температуру *T<sub>х</sub>, 0С*, при которой нормированы показатели длительной прочности наплавленного металла и металла шва

Например, электроды типа **Э-09Х1МФ** для сварки теплоустойчивых сталей согласно ГОСТ 9466-75 имеют маркировку:

**Э-09Х1МФ - ЦЛ-20 - 4,0 - ТД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75**

**Е-27 - Б10**

Марка покрытия (**ЦЛ-20**), диаметр электрода (**4 мм**), вид свариваемых сталей (**T - теплоустойчивые**), обозначение толщины покрытия (**Д - толстое**), группа электродов по качеству (**3**). В знаменателе: первый индекс (2), аналогичный третьему индексу (0, см. выше, пример Б), для легированных конструкционных сталей с  $\sigma_v > 600$  МПа и характеризует минимальную температуру  $T_h = 00$ , следующий индекс, равный **7** - температура эксплуатации 570...5850 С вид электродного покрытия (**Б - основное**). Сварка выполняется во всех пространственных положениях (**1**) на постоянном токе обратной полярности (**0**).

***Обозначение электродов для сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами.***

ГОСТ 10052-75 устанавливает **49 типов** электродов для сварки хромистых и хромоникелевых сталей, коррозионно-стойких, жаропрочных и жаростойких легированных сталей мартенсито-ферритного, ферритного, аустенито-ферритного и аустенитного классов. В основу классификации электродов положены химический состав и механические свойства наплавленного металла. Для некоторых типов электродов нормируется также содержание в структуре металла шва ферритной фазы, его стойкость к межкристаллитной коррозии и максимальная температура, при которой регламентированы показатели длительной прочности металла шва.

**Э-10Х25Н13ГБ - ЦЛ-9 - 5,0 - ВД1 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10052-75**  
**E-2075 - Б30**

Обозначение таких электродов отличается только группой индексов (**2075**), характеризующих наплавленный металл и металл шва: **2** - стойкость против межкристаллитной коррозии при **0** – требования в отношении максимальной рабочей температуры наплавленного металла и металла шва **7** – максимальная рабочая температура сварных соединений, при которой допускается применение электродов при сварке жаростойких сталей, составляет 910...1000°C **5** – содержание ферритной фазы в наплавленном металле 2...10 %. Если структура металла не двухфазная (A + F), то числовой индекс, характеризующий наплавленный металл, будет содержать только три цифры.

***Обозначение электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами.***  
ГОСТ 10051-75 регламентирует **44 типа** электродов для наплавочных работ.

**Э-10Г3 - ОЗН-300У - 4,0 - НД1 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10051-75**  
**E-300/2-1 - Б40**

Принцип обозначения химического состава прежний. В группе индексов характеризующих наплавленный металл (**300/2-1**) **первый индекс (300)** указывает среднюю твердость наплавленного металла по Виккерсу; **первая цифра** после косой черты (**2**) характеризует твердость HRC. **Вторая цифра (1)** показывает условия получения регламентируемой твердости: 1 – непосредственно после наплавки; 2 – после термообработки.

***Международные и национальные системы обозначения электродов.***

В разных странах используют различные системы обозначения электродов. Классификация электродов может быть по **международному ISO**; **европейскому EN**; **американскому AWS** и **немецкому DIN** стандартам.

**Пример:** классификация электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей в соответствии с ISO 2560

**Е 432** предел прочности **430...510** МПа, минимальное относительное удлинение **20 %**, минимальная температура для обеспечения ударной вязкости **28 Дж/см<sup>2</sup>**, 0С - **20**; **RR** – рутиловое покрытие большой толщины; **160** – производительность (переход металла в шов) – **155-165 %**; **4** – нижнее положение (стыковые и угловые швы); **6** – обратная полярность, напряжение холостого хода источника питания 70 В.

**Расшифровать условное обозначение электродов (варианты – по номеру в журнале):**

1. Э42 - УОНИ-13/45 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 41 2(5) - Б10
2. Э85 - УОНИ-13/85 - 2,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 12Г2СМ – 0 - Б20
3. Э42 - ВСЦ-4 - 3,0 - УС2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 41 0 (3)-Ц14
4. Э85 – НИАТ-3М - 2,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г1ХМ – 0 - Б20
5. Э46-АНО-4-3,0-УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 2 (3)-Р21
6. Э60 - ВСЦ-60 - 2,0 - ЛС3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 11ГНМ – 3 – Ц14
7. Э46 - ОЗС-4 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 0 (3) - Р25
8. Э85 - УОНИ-13/85 - 2,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г2СМ – 0 - Б20
9. Э46 - ОЗС-6 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 0 – РЖ23
10. Э85 - УОНИ-13/85 - 2,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г2СМ – 0 - Б20
11. Э46 - ОЗС-12 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 0 (3) - Р12
12. Э85 - УОНИ-13/85 - 2,0 – ЛМ1 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 12Г2СМ – 2 – БР46
13. Э46 - МР-3 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 1 (3) – РБ23
14. Э85 - НИАТ-3М - 4,0 – ЛД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г1ХМ – 0 - Б20
15. Э46А - УОНИ-13/55К - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 3 – Б20
16. Э60 - ВСЦ-60 - 4,0 – ЛС2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 11ГНМ – 3 – Ц14

17. Э46А - ОЗС-22Р - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 2 (3) - БРЖ14
18. Э85 - УОНИ-13/85 - 4,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 12Г2СМ - 0 - Б20
19. Э50А - ТМУ-21У - 3,0 - УД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 43 0 - Б20
20. Э85 - НИАТ-3М - 5,0 - ЛД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г1ХМ - 0 - Б20
21. Э50А - ЦУ-5 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 51 3 (0) - Б20
22. Э60 - ВСЦ-60 - 4,0 - ЛС3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 11ГНМ - 3 - Ц14
23. Э50А - УОНИ-13/55 - 3,0 - УД1 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 51 7 - Б20
24. Э85-УОНИ-13/85-4,0-ЛД1 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 12Г2СМ - 0 - Б20
25. Э50А - ОЗС-18 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 51 0 - Б20
26. Э85 - НИАТ-3М - 4,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г1ХМ - 0 - Б20
27. Э50 - ВСЦ-4А - 3,0 - УС2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 51 0 (3) - Ц14
28. Э85 - УОНИ-13/85 - 5,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г2СМ - 0 - Б20
29. Э55 - УОНИ-13/55У - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 51 3 - Б26
30. Э85 - УОНИ-13/85 - 4,0 - ЛД3 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е - 13Г2СМ - 0 - Б20
31. Э60 - УОНИ-13/65 - 3,0 - УД2 ГОСТ 9466-75, ГОСТ 9467-75  
Е 51 3 - Б20

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какой документ определяет структурную схему условного обозначения электродов?
2. Сколько пунктов в структурной схеме?
3. Как устанавливается тип электрода?
4. Какой буквой обозначается тип электрода?
5. Какими буквами в структурной схеме обозначены электроды исходя из их назначения?

6. Для чего предназначены электроды, обозначенные буквой "У"?
7. Какой буквой обозначены электроды для наплавки?
8. Определите толщину покрытия, если  $d = 3,0$ ,  $D = 5$ ?
9. Как определить величину покрытия?
10. Чему равно отношение  $D/d$  у толстопокрытых электродов?
11. Как обозначается покрытие, у которого  $D/d > 1,8$ ?
12. Назовите покрытие, у которого  $D/d < 1,2$ .
13. Какие химические элементы регламентирует группа качества в покрытии?
14. Назовите группу качества у самых качественных электродов.
15. Что характеризует группа цифр, обозначенная цифрой 7 в структурной схеме?
16. Назовите типы покрытий? Как они обозначаются?
17. Как обозначаются смешенные покрытия?
18. Если в состав покрытия входит более 20 % железа, как оно обозначается?
19. Как обозначаются электроды для сварки в любом пространственном положении?

#### **Практическое занятие № 4**

Самостоятельное изучение и конспектирование материала "Функции покрытий электродов"

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении материала "Функции покрытий электродов"

#### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Изучить и конспектировать "Функции покрытий электродов"
3. Ответить на контрольные вопросы.

#### **Теоретические сведения**

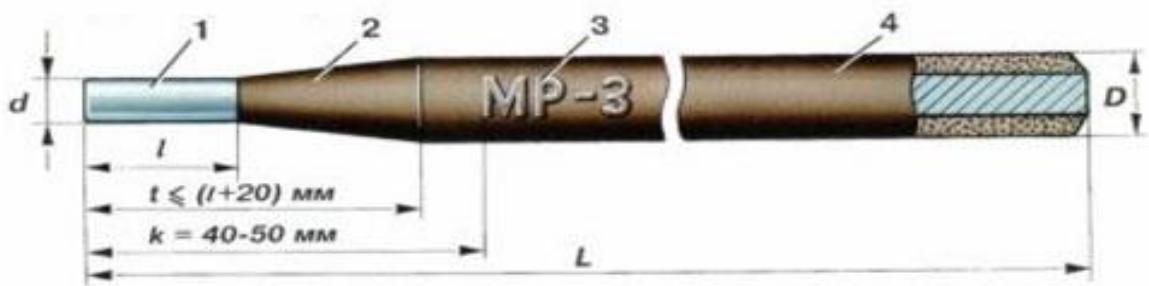
##### **Классификация покрытий электродов**

В качестве сварочных материалов для электродуговой сварки применяются штучные электроды, сварочная и порошковая проволока.

Электроды для дуговой сварки бывают двух основных типов: ***плавящиеся и неплавящиеся***.

Для ручной дуговой сварки сталей широко применяются ***плавящиеся металлические электроды*** в виде стержней длиной **до 450** мм из сварочной проволоки с нанесенным на них слоем покрытия **4**.

Один из концов электрода **1** на длине **20...30** мм освобожден от покрытия для зажатия его в электрододержателе с целью обеспечения электрического контакта.

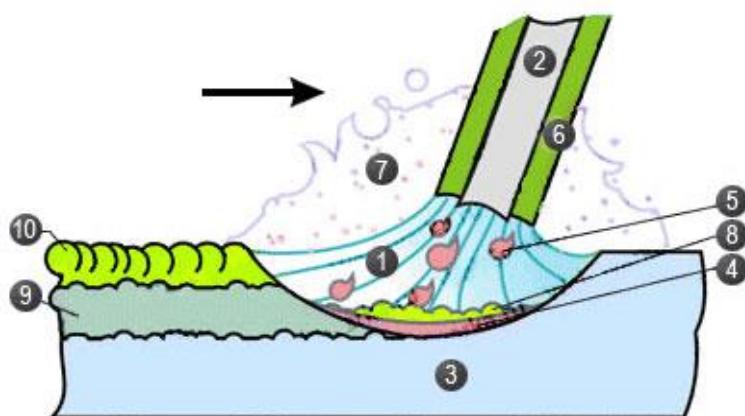


**Рис. Плавящийся электрод:** 1 - стержень, 2 - участок перехода, 3 - марка электрода, 4 - покрытие.

Стержни электродов для сварки стали изготавливаются из низкоуглеродистой, легированной или высоколегированной сварочной проволоки. Стандартом предусматривается **77 марок** стальной проволоки, идущей на изготовление штучных электродов диаметром от **1,6 до 6 мм**.

Покрытие сварочных электродов представляет собой смесь порошкообразных материалов, нанесенных на металлический стержень. Оно выполняет множество функций, которые направлены на достижение двух основных целей, преследуемых в процессе сварки - обеспечение стабильности горения дуги и приданье металлу сварного шва необходимых свойств.

Покрытие сварочных электродов оказывает множественное действие: образует атмосферу защищающую металл от кислорода и азота, находящихся в воздухе, стабилизирует горение дуги, удаляет вредные примеси из расплавленного металла, легирует его с целью улучшения свойств.



**Рис. Покрытие электрода в действии:** 1 - дуга, 2 - электрод, 3 - свариваемый металл, 4 - сварочная ванна, 5 - капли расплавленного электрода, 6 - покрытие, 7 - газовое облако, 8 - шлаковая ванна, 9 - сварочный шов, 10 - шлаковая корка.



Для сварки цветных металлов и их сплавов наряду с неплавящимися применяют плавящиеся электроды из соответствующих металлов и сплавов - алюминия, меди, никеля, бронзы, латуни и т.п.

## **Рис. Сварочные электроды**

**Все покрытия должны удовлетворять следующим требованиям:**

- обеспечивать стабильное горение дуги;
- физические свойства шлаков, образующихся при плавлении электродов, должны обеспечивать нормальное формирование шва и удобное манипулирование электродом;
- не должны проходить реакции между шлаками, газами и металлом, способные вызвать образование пор в сварных швах;
- материалы покрытия должны хорошо измельчаться и не вступать в реакцию с жидким стеклом или между собой при изготовлении покрытия;
- должны обеспечивать получение металла шва требуемых химического состава и свойств;
- обеспечивать равномерное расплавление электродного стержня и покрытия;
- обеспечивать высокую производительность при небольших потерях электродного материала на угар и разбрызгивание;
- состав покрытий должен обеспечивать приемлемые санитарно-гигиенические условия труда при изготовлении электродов и в процессе их сгорания;
- шлаки, образующиеся при плавлении покрытия должны быть иметь плотность меньшую, чем плотность металла сварочной ванны, что обеспечит его всплытие из сварочной ванны;
- шлак должен покрывать сварной шов по всей поверхности ровным слоем;
- шлак должен легко отделяться от сварного шва.

## **Функции покрытий электродов:**

**Кислое покрытие** - обозначается буквой А и свидетельствует, что в состав этих покрытий имеется значительное количество материалов рудного происхождения

**Марки электродов: АНО-2, СМ-5, ЦМ-7**, содержащие кислые компоненты: *оксиды железа, марганцевую руду, кремнезем, титановый концентрат*, обеспечивающие шлаковую защиту и большое количество *ферромарганца*, необходимого для *раскисления* металла шва и увеличения производительности за счет *железа*, переходящего из покрытия в металл шва.

Сварку электродами с этим видом покрытия можно производить на *переменном и постоянном токах любой полярности во всех пространственных положениях*. В процессе сварки этими электродами сварочная ванна бурно кипит вследствие активного раскисления металла сварочной ванны углеродом, поэтому при сварке длиной дугой и на форсированных режимах по окалине или ржавчине получаются плотные швы без пор.

## **Преимущества:**

- хорошая стабильность горения дуги при сварке переменным током,
- можно производить сварку по ржавым и окисленным поверхностям,
- легкое зажигание дуги,
- высокую производительность процесса сварки.

**Недостатками** кислых покрытий электродов являются:

- склонность металла шва к образованию кристаллизационных трещин;
- повышенное разбрызгивание металла;
- значительное выделение в процессе сварки вредных марганцевых соединений;
- большая склонность металла к механическому старению;
- склонность шва к образованию пор (из-за большого содержания марганца) .

Электроды с кислым покрытием **применяют** для сварки конструкций из низкоуглеродистых сталей в строительстве и машиностроении в заводских и монтажных условиях.

**Основное покрытие** - обозначается буквой **Б**. Это покрытие содержит: **карбонат кальция**  $CaCO_3$ , **карбонат магния**, **плавиковый шпат**  $CaF_2$ , **мрамор**, **мел** – обеспечивающие шлаковую защиту; **ферросплавы** и некоторое количество **кремнезема**.

**Марки электродов: УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ОЗС-2.**

Электроды с покрытием этого вида применяются для сварки швов во всех пространственных положениях с получением сварных соединений повышенной прочности и пластичности.

Для сварки используют в основном **постоянный ток обратной полярности**. Чтобы использовать электроды этого вида для сварки на переменном токе, в покрытие вводят материалы, содержащие легко ионизирующие элементы: **калиевое жидкое стекло, поташ, кальцинированную соду и др.**

**Преимущества:**

- Металл шва, наплавленный электродами с основным покрытием, обладает минимальным содержанием кислорода и азота, мало насыщается водородом,
- Минимально загрязнен неметаллическими включениями и вредными примесями серы и фосфора,
- Обладает хорошей стойкостью против образования кристаллизационных трещин и старения, высокими показателями ударной вязкости как при положительных, так и при отрицательных температурах.

Поэтому эти электроды **предназначаются** для сварки конструкций, трубопроводов, сосудов из углеродистых и конструкционных сталей, жестких конструкций из литых углеродистых и низколегированных высокопрочных и высоколегированных сталей и сплавов в заводских и монтажных условиях.

**Недостатками** основного покрытия является:

- низкая стабильность горения дуги: образование большого числа отрицательных ионов фтора при плавлении покрытия приводит к уменьшению проводимости дугового разряда и снижению устойчивого горения дуги, поэтому сварка возможна только на постоянном токе обратной полярности,
- повышенная склонность к образованию пор в швах при сварке удлиненной дугой, при больших зазорах, при наличии окалины и коррозии на поверхности свариваемого металла, при увлажнении покрытия

**Целлюлозное покрытие** - обозначается буквой **Ц**. Оно содержит преимущественно (до 40 %) материалы органического происхождения (**крахмал, оксицеллюлозу, древесную**

*муку*), которые, разлагаясь под действием теплоты дуги, обеспечивают интенсивную газовую защиту расплавленного металла. Шлакообразующим в данном покрытии служит *титановый концентрат, рутил  $TiO_2$  раскислителем – ферромарганец*.

### **Марки электродов: ВЦС-1, ВЦС-2, ВЦС-4, ОЗЦ-1-1**

При сварке на торце электрода появляется конусная втулка из нерасплавляющегося покрытия, что способствует образованию направленного потока газов, который обеспечивает оттеснение жидкого металла из-под дуги и обеспечивает более глубокое проплавление основного металла, хорошая стабильность горения дуги при использовании переменного и постоянного тока.

Они образуют небольшое количество шлака, что позволяет применять их для сварки швов *во всех пространственных положениях переменном и постоянном токах любой полярности*.

По механическим свойствам соответствуют электродам типа Э-42.

**Недостатками** электродов с целлюлозным покрытием являются:

- повышенная склонность металла шва к холодным трещинам (наводороживание металла) и к горячим трещинам при повышенном содержании углерода и серы,
- значительное разбрызгивание металла,
- большая чувствительность покрытия к перегреву при просушке и прокалке электродов (выгорание органических составляющих)

**Применяют** для сварки трубопроводов и конструкций из низкоуглеродистых сталей, в том числе корневых швов неповоротных магистральных трубопроводов методом опиравия сверху вниз с высокой скоростью, достигающей 25 м/ч из низколегированных сталей в монтажных условиях. Применяются для сварки деталей малой толщины.

**Рутиловое покрытие** - обозначается буквой Р.

### **Марки электродов: АНО-3, АНО-4, АНО-6, МР-3, МР-4, ОЗЦ-3, ОЗЦ-4, ОЗЦ-6,**

Это покрытие содержит минералы: *рутит  $TiO_2$ , рутиловый концентрат, мусковит, магнезит*, обеспечивающие *устойчивость горения дуги, шлаковую защиту*, а за счет диссоциации некоторых элементов частичную газовую защиту. *Раскисление и легирование* достигается наличием *ферромарганца, а газовая защита – целлюлозой*.

Сварку электродами с этим видом покрытия можно производить на *переменном и постоянном токах любой полярности во всех пространственных положениях*.

**Преимущества:**

- не склонны к образованию пор в металле шва при коррозии и окалине на свариваемых кромках, при удлинении дуги.
- наименее вредны для сварщиков,
- обладают хорошими сварочно-технологическими свойствами:
- хорошая стабильность горения дуги при сварке на переменном и постоянном токе,
- низкая разбрызгиваемость металла,

- легкая отделяемость шлаковой корки,
- хорошее формирование швов во всех пространственных положениях, легкое зажигание дуги.

**Недостатками** электродов с рутиловым покрытием являются:

- склонность к появлению пор при сварке на повышенных режимах тока, при сварке угловых швов тавровых соединений с зазорами.
- металла швов характеризуется низкой длительной пластичностью.

**Применяются** для сварки конструкций из низкоуглеродистой и низколегированной сталей с временными сопротивлением разрыву до 490 МПа в строительстве и машиностроении.

**Прочие покрытия** - обозначаются буквой **П**.

**Смешенные покрытия.** К ним относят электроды с кисло-целлюлозным (**АЦ**), рутилово-основным (**РБ**), кисло-рутиловым (**АР**), рутилово-целлюлозным (**РЦ**) и другими видами покрытий.

К электродам с **кисло-целлюлозным покрытием** причисляют электроды марки **ОМА-2**, предназначенные для сварки тонколистовых конструкций (толщиной 1...3 мм) из углеродистых низколегированных сталей постоянным и переменным током.

К электродам с **кисло-рутиловым (ильменитовым) покрытием** относят электроды марок **ОММ-5, АНО-6, АНО-6М, АНО-17** и др. Они содержат в покрытие ильменит ( $FeO \cdot TiO_2$ ) и предназначены для сварки конструкций из углеродистых сталей во всех пространственных положениях постоянным и переменным током.

Электроды с **рутилово-основным** покрытием предназначены для сварки оборудования из углеродистых и низколегированных сталей с временными сопротивлением до 490 МПа, когда предъявляются повышенные требования к пластичности и ударной вязкости металла сварных швов. К ним относятся электроды марок **МР-3, АНО-30, ОЗС-28** и др.

Кроме указанных видов покрытий имеются **специальные электродные покрытия: гидрофобные**, для сварки и наплавки цветных металлов, а также их сплавов и др.

**Гидрофобные** покрытия предназначены для выполнения сварочных работ в особо влажных условиях: при повышенной влажности воздуха, под водой и т. д. В них добавляют до 10 % специальных гидрофобных полимеров, которые в процессе полимеризации заполняют поры между частицами покрытия и перекрывают пути проникновения влаги в его внутренние слои. Для сварки лежачим или наклонным электродом используют специальные электроды марок **НЭ-1, НЭ-5, ОЗС-17Н** и др. В этом случае часто применяют удлиненные конструкции электродов **до 2 м, диаметром до 8 мм** с покрытием большой толщины. Конкретный состав покрытия и стержня определяет марка данного электрода. Ее обозначение часто содержит начальные буквы организации, в которой был разработан электрод, и порядковый номер разработки.

**Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение плавящегося электрода.
2. Назовите основные части плавящегося электрода.
3. На какую часть поверхности стержня наносят покрытие?
4. Для чего наносят покрытие на стержень электрода?
5. Назовите составляющие электродного покрытия.
6. Какие химические элементы обеспечивают стабильное горение дуги?
7. В каких материалах присутствуют K, Na, Ca?
8. Для чего предназначены шлакообразующие компоненты?
9. Как шлакообразующие компоненты защищают электродный металл и поверхность металла шва?
10. Какие материалы относятся к шлакообразующим?
11. Назовите температуру плавления шлака.
12. Каким образом газообразующие компоненты обеспечивают защиту сварочной ванны?
13. Почему химические элементы, входящие в состав покрытия удаляют кислород из сварочной ванны?
14. Какие вещества вводят в покрытия для раскисления сварочной ванны?
15. Для чего в состав покрытия вводят легирующие элементы?
16. Зачем в состав покрытия добавляют жидкое число?
17. Как называются компоненты, улучшающие формирование покрытия на электродном стержне?
18. Назовите материалы, входящие в покрытие одновременно выполняющие несколько функций.
19. Какие функции при сварке выполняют ферросплавы, входящие в состав покрытия?
20. Какие требования предъявляют к электродным покрытиям?
21. Какие компоненты кислого покрытия обеспечивают раскисление металла шва и газовую защиту?
22. Назовите основное достоинство кислых покрытий.
23. Назовите недостатки кислых покрытий.
24. Чем обеспечивается газовая защита при сварке основным покрытием?
25. Дайте характеристику наплавленного металла при использовании основного покрытия.
26. Для каких конструкций предназначены электроды с основным покрытием?
27. Какие материалы входят в состав целлюлозного покрытия?
28. Какую защиту обеспечивают материалы органического происхождения?
29. Для чего в целлюлозное покрытие введен титановый концентрат (рутил)?
30. Назовите основные компоненты рутилового покрытия.
31. Какую защиту обеспечивает магнезит?
32. Какие материалы обеспечивают раскисление и легирование металла шва при использовании рутилового покрытия?
33. Как обозначаются прочие покрытия?
34. Какие смешенные покрытия вы знаете?
35. Для чего предназначены гидрофобные покрытия?
36. Как "ведут" себя гидрофобные полимеры во время сварки при повышенной влажности воздуха?

### **Практическое занятие № 5, № 6, № 7**

Составление Инструкционно - технологической карты «Сварка пластин из низкоуглеродистой стали в нижнем положении». Составление инструкционно -

технологической карты «Сварка деталей из низколегированной стали угловым однопроходным швом в вертикальном положении». Составление инструкционно - технологической карты «Сварка деталей из низколегированной стали угловым однопроходным швом в горизонтальном положении»

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при составлении инструкционно - технологических карт

**Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Составление инструкционно - технологической карты «Сварка пластин из низкоуглеродистой стали в нижнем положении» (*согласно вариантам заданий*)
3. Составление инструкционно - технологической карты «Сварка деталей из низколегированной стали угловым однопроходным швом в вертикальном положении» (*согласно вариантам заданий*)
4. Составление инструкционно - технологической карты «Сварка деталей из низколегированной стали угловым однопроходным швом в горизонтальном положении» (*согласно вариантам заданий*)

### **Теоретические сведения**

**Сварка** – сложный процесс, выполнение которого должно производится в строгой последовательностью определенных действий, которые связаны с подготовкой металла, выполнением сварного соединения и последующим контролем. Сварной шов, если не уделить ему должного внимания, является уязвимым местом в любой сварной конструкции.

Причиной этому может послужить недостатки в разработке технологии сварки или вообще ее отсутствие, недостаточный контроль, неудачный выбор сварочного оборудования и материалов. Как результат — большое количество брака и убытки понесенные организацией для его устранения. Предотвратить убытки можно корректно разработав инструкцию на выполнение сварочных работ и проконтролировав ее исполнение.

Так что же такое технологическая карта на сварку? Карта технологического процесса сварки или как ее еще называют технологическая карта сварки — это документ, который является результатом разработки технологии сварки конкретного соединения, в котором прописаны самые важные технологические параметры создания сварного соединения, по сути это инструкция по сварке соединений. Технологическая карта сварки была утверждена и введена в активное действие первого января 1984 года, более 30 лет назад. При разработке технологии сварки металлоконструкций каждое сварное соединение должно быть изготовлено в соответствии с разработанной для нее технологической картой сварки.

**Технологическая карта по сварке должна содержать следующие данные:**

1. Сведения о основном металле.
2. Сведения о качестве и подготовке соединения под сварку: данные о разделке (величина зазора, величина притупления, угол наклона разделки и т.д.), о количестве и расположении прихваток, данные о предварительной очистке кромок, размеры шва.

- 3.** Данные о фиксации свариваемого изделия и о возможном подогреве. А также последовательность выполнения проходов в сварном шве.
- 4.** Сведения об используемом сварочном оборудовании и сварочных материалах. Подбор сварочных материалов и оборудования основывается на различных сведениях, полученных из литературы, в том числе профессиональной сварочной (журналы, статьи), на собственном опыте, а также на отзывах организаций.
- 5.** Сведения о режиме сварки в зависимости от способа сварки могут включать: сварочный ток, напряжение дуги, скорость сварки, полярность при сварке, расход защитного газа, скорость подачи проволоки и др. Нарушение рекомендованных режимов сварки может привести к охрупчиванию металла шва и околошовной зоны.
- 6.** Сведения о форме сварного соединения, способах и объемах контроля качества сварного соединения.

Разработка карты технологического процесса сварки начинается с анализа свариваемого материала и подбора способа сварки. После этого производится анализ условий, при которых будет работать сварная конструкция и определяется, какими нормативными документами нормируется изготовление и работа этой конструкции. Далее по данным нормативной литературы и по расчетным данным определяется режим сварки, рассчитывается необходимое количество проходов, геометрия сварного соединения и другие параметры.

Каждая технологическая карта по сварке получает свой идентификационный номер, который в дальнейшем используется для указания в технической документации и спецификациях проекта. Визирует карту технологического процесса сварки сам разработчик, он же ставит свою подпись внизу формуляра.

При строительстве объекта на производстве должен находиться комплект технологических карт всех используемых типов сварных соединений. Полный комплект карт технологического процесса сварки хранится в отделе главного сварщика. Сварщик при выходе на смену получает технологические карты для сварных соединений, которые он выполняет в процессе работы. Осмотр и контроль подготовленных кромок и готового сварного соединения выполняется службой технического контроля в соответствии с разделом контроля качества и испытаний сварных соединений. Таким образом, не происходит никакой путаницы между службами, так как всё необходимое указано в технологической карте сварного соединения.

На каждом предприятии, при организации сварочного производства обязательно составляются карты технологического процесса сварки, иначе сложно выдержать параметры, предъявляемые к качеству выполняемой работы.

**Для получения качественного результата проделанной работы при производстве сварочных работ, сварщик должен руководствоваться документом, в котором корректно описаны все этапы выполнения сварки на объекте строительства. Несоблюдение рекомендаций приведенных в технологической карте может привести к разрушению сварного соединения при эксплуатации, что может повлечь за собой необратимые последствия.**

В таблице представлен пример инструкционно - технологической карты **«Согласовано»**

**Главный сварщик ЗАО «НК НПЗ»**  
**Е.Н.Ушарев**  
«    » 2009г.  
**«Утверждаю»**

Главный инженер  
ЗАО «Энергохимзащита»  
А.А.Масенькин  
«\_\_\_» 2009г.  
ТК-  
С21

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**  
**на ручную дуговую сварку углеродистых и низколегированных сталей**

Объект: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Производственная аттестация технологии сварки ТИ.РД1-1.1.14

Сварочное оборудование Выпрямитель сварочный ВД-401 УЗ

Вид сварки РД Основной материал (марка) 1(МО1)

Наименование НД (шифр) ГОСТ 5264-80 Тип шва СШ

Тип соединений (по НД) С21 (стыковое)

**Конструктивные размеры, мм**

Условное обозначение сварного

соединения  
Конструктивные элементы

$s = s_1$

$e$

$e_{12}$

$g = g_1$

подготовленных кромок свариваемых деталей  
сварного шва

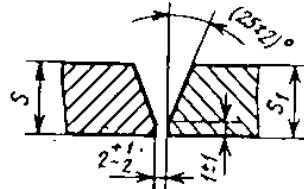
Номин.

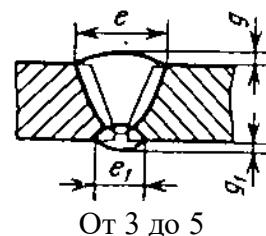
Пред. Откл.

Номин.

Пред. Откл.

С21





От 3 до 5

8

8

Св.5 до 8

12

2

+1,5

Св.8 до 11

16

-0,5

Св.11 до 14

19

Св.14 до 17

22

Св.17 до 20

26

10

Св.20 до 24

30

Св. 24 до 28

34

3

0,5

**Сварочный материал**  
**Режим сварки**

Диаметр

электрода

Положение шва в пространстве

Горизонтальное

Вертикальное

Потолочное

3

4

80-100

130-160

60-80

100-130

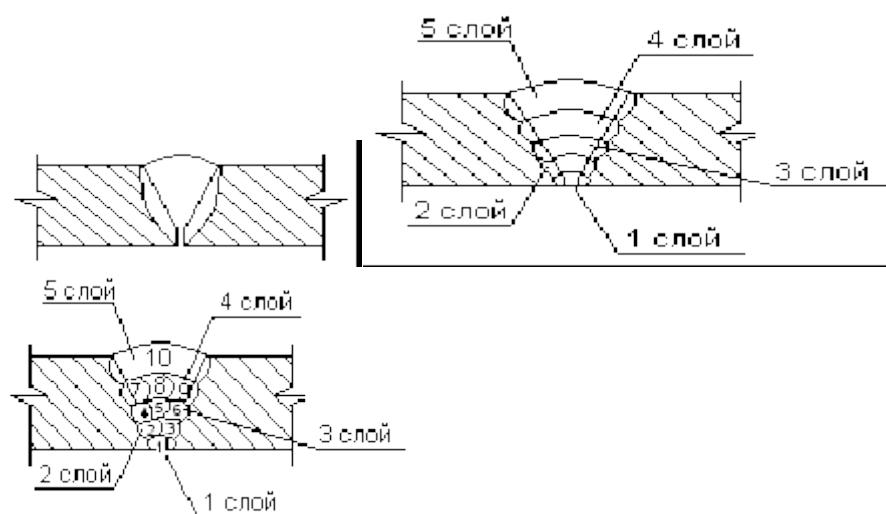
70-90

120-140

Род тока, полярность

Постоянный, обратная

**Последовательность наложения валиков**



однопроходный многослойный многопроходный

**Требования к контролю качества**  
**Общие требования**

1. Пооперационный контроль постоянно проводят сварщик и руководитель сварочных работ.

2. Электроды применять только после контрольной проверки их качества согласно ГОСТ9466
3. При атмосферных осадках или ветре со скоростью выше 10 м/с сварочные работы выполнять при наличии инвентарных укрытий.
4. При температуре наружного воздуха ниже -20<sup>0</sup> С сварочные работы не производить.
5. Перед сваркой электроды прокалить по режиму, указанному в таблице. Электроды хранить в термопеналлах.

**Разработал:**

**Специалист сварочного производства III уровня**

**С технологической картой ознакомлены:**

**Мастер** \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200 г.  
**Бригадир** \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200 г.  
**Сварщик** \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200 г.  
**Сварщик** \_\_\_\_\_ «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 200 г.

### **Практическое занятие № 8**

Влияние основных параметров режима наплавки на формирование валика

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении влияния основных параметров режима наплавки на формирование валика

**Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Опишите влияние основных параметров режима наплавки на формирование валика
3. Ответить на контрольные вопросы.

### **Теоретические сведения**

Ток наплавки, скорость наплавки и напряжение дуги оказывают существенное влияние на качество наплавки и процесс формирования наплавленного металла.

Сварочный ток и скорость наплавки — это два технологических параметра, которые взаимосвязаны. Оптимальное их сочетание с правильно выбранным составом флюса позволяет получить качественные наплавки и требуемые физико-механические свойства наплавленного металла.

**Сварочный ток.** *Если ток наплавки мал*, то образуется узкий валик с неровными краями и непроварами, дуга горит неустойчиво и гаснет, а лента, замыкаясь на изделии, нагревается и рвется при выходе из токоподводящих губок.

*Если же ток превышает оптимальное значение*, то с увеличением тока ухудшается формирование валика.

**При большом токе и большой скорости** наплавки происходит забегание шлака впереди электродной ленты.

**С увеличением сварочного тока** увеличивается толщина наплавленного валика, а также растет глубина проплавления и производительность наплавки. С увеличением сварочного тока происходит выпучивание валика в средней его части, что обусловлено п имущественным горением дуги в середине ширины электродной ленты, в то время как при обычных режимах, при минимальном токе, валик становится двугорбый в; связи с большой задержкой дуги на концах электрода. Критерием соответствия сварочного тока выбранном электроду является линейная плотность тока, выражаемая отношением сварочного тока к ширине ленты. **Оптимальная линейная плотность тока** находится в пределах **8—14 А/мм**. Высокое качество наплавленного металла возможно и на других токах, несколько больших либо меньших оптимальных. В работе для лент из углеродистых сталей определены критические значения тока, ниже которых валик по ширине резко уменьшается. Кромки валика становятся неровными, а плотность наплавленного металла ухудшается.

Между критическим током и шириной электрода существует пропорциональная зависимость. На практике сварочный ток изменяется в пределах **300—2000 А**. Для лент **шириной 20—40 мм** **скорость наплавки** изменяется в пределах **0,15—0,55 см/с** и зависит от сварочного тока, размеров ленты, марки электродного материала, состава флюса, формы изделия и т. д. Оптимальная скорость наплавки позволяет достичь необходимой глубины проплавления основного металла и производительности процесса наплавки.

**При малых скоростях наплавки** формируется ровный валик со слабо заметными слоями кристаллизации. Слишком малая скорость приводит к уменьшению глубины проплавления и увеличению толщины наплавленного слоя, его поверхность получается грубой и неровной. С дальнейшим уменьшением скорости появляется опасность образования неоплавления и прорыва жидкого шлака и металла сварочной ванны, в результате чего в наплавленном металле образуются поры.

**На средних скоростях наплавки** валики имеют менее ровную поверхность и резко выраженную чешуйчатость, ширина валика становится меньше ширины ленты.

**При наплавке на больших скоростях** в наплавленном металле образуются несплошности, увеличивается неравномерность валика по высоте, дуга горит не устойчиво, в наплавленном металле образуются шлаковые включения, появляются отдельные провалы поверхности наплавленного металла несплавления.

**За критическую скорость принимается повышенная скорость наплавки, при которой валик еще сохраняет сплошность, но его высота становится неравномерной.**

На основании экспериментальных данных установлены критические значения скоростей наплавки, которые в первом приближении обратно пропорциональны ширине ленты. С увеличением ширины ленты критическая скорость наплавки уменьшается. Толщина наплавленного слоя также уменьшается при повышении скорости наплавки. I

**Напряжение дуги** оказывает существенное влияние на качество наплавленных валиков и, прежде всего, на вид поверхности наплавленного металла, мало влияет на производительность расплавления электрода и глубину проплавления основного металла. Оптимальное напряжение дуги зависит от материала электрода и типа флюса и

определяется для коррозионно-стойких сплавов в пределах 26—32 В, износостойких 32—35 В, для восстановительных наплавок лентой из стали 08kp 28—31 В.

В случае применения легирующих флюсов слишком высокое напряжение дуги приводит к образованию подрезов. Для каждого флюса существуют весьма узкие пределы изменения напряжения дуги, позволяющие получить оптимальные результаты, на критической скорости слишком низкое напряжение затрудняет зажигание дуги, дуга становится неустойчивой, ширина валика резко уменьшается.

При больших колебаниях напряжения дуги валик по ширине сужается, толщина валика становится непостоянной по длине, а поверхность бугристой. Повышенное напряжение в сочетании с высокой скоростью наплавки приводит к образованию грубой и неравномерной поверхности наплавки, а дальнейшее повышение напряжения — к вытеканию сварочной ванны из шлаковой оболочки. С увеличением напряжения возрастает расход флюса, увеличивается объем шлаковой ванны, что затрудняет ее

удержание при наплавке цилиндрических деталей, особенно малых диаметров.

Наплавка дугой низкого напряжения связана с затеканием жидкого шлака перед электродом, увеличивает глубину проплавления, уменьшает переход легирующих элементов из флюса в наплавленный металл.



*Рис. 1. Сварочный автомат для ленточной наплавки*

**Сварочная головка может применяться в наплавочных установках для наплавки тел вращения, плоских деталей, а так же деталей**

**сложных форм:**

- для восстановления железнодорожных колес методом наплавки колесных пар
- для наплавки крановых колес
- для наплавки валов и валков
- для восстановления прокатного, доменного и сталеплавильного оборудования (наплавка конусов, чащ доменных печей, поршней, седел, роликов)

**Контрольные вопросы:**

1. Как влияет сварочный ток на формирование валика при наплавке?
2. Как влияет напряжение дуги на формирование валика при наплавке?
3. Как влияет скорость сварки на формирование валика при наплавке?
4. Для чего применяется сварочная головка в наплавочных установках?

### **Практическое занятие № 9**

**Общая характеристика процесса наплавки**

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении общей характеристики процесса наплавки, свойств наплавленного слоя и применение наплавки.

### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Ответить на вопросы тематического диктанта по теме «Общая характеристика процесса наплавки»

### **Теоретические сведения**

Одной из важных отраслей современной сварочной техники является наплавка.

**Наплавкой называется процесс нанесения слоя расплавленного металла на поверхность металлического изделия.**

**Наплавкой на изделии образуют поверхностный слой (или слои) с особыми свойствами:**

- износостойкость,
- кислотоупорность,
- жаростойкость,
- антифрикционность и др.

**Износостойкость** – способность материала сопротивляться поверхностному разрушению под действием внешнего трения.

**Коррозионная стойкость** – способность материала сопротивляться действию агрессивных кислотных, щелочных сред.

**Жаростойкость** – это способность материала сопротивляться окислению в газовой среде при высокой температуре.

**Жаропрочность** – это способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах.

**Хладостойкость** – способность материала сохранять пластические свойства при отрицательных температурах.

**Антифрикционность** – способность материала прирабатываться к другому материалу. (способность материала обеспечивать низкий коэффициент трения скольжения и тем самым низкие потери на трение и малую скорость изнашивания сопряженной детали).

*Наплавку используют как в ремонтном деле, так и при изготовлении новых деталей.*

Наплавленный металл связан с основным металлом весьма прочно и образует одно целое с изделием. Толщина слоя **от 0,5 до 10 мм** и более. Это один из наиболее распространенных способов повышения износостойкости и восстановления деталей и конструкций.

Наплавка позволяет создавать биметаллические изделия, у которых высокая прочность и низкая стоимость сочетаются с большой долговечностью в условиях эксплуатации.

Многократное повторное восстановление изношенных деталей во много раз уменьшает расход металла для изготовления запасных частей оборудования.

Из-за износа деталей ежегодные убытки в промышленности всех стран мира составляют многие миллиарды долларов, поскольку при остановках оборудования (связанных с его ремонтом) выпуск продукции на предприятии снижается.

**В процессе эксплуатации изделия подвергаются следующим видам износа:**

1. **Износ «металл по металлу»** – при трении качения и скольжения деталей относительно друг друга с недостаточным количеством смазки или совсем без нее.

2. **Ударный износ** – происходит при ударных и сжимающих нагрузках, которые приводят к смятию, сжатию и растрескиванию рабочей поверхности.
3. **Совместный ударно-абразивный износ** – происходит при воздействии ударных нагрузок и режущего действия скользящих по инструменту твердых частиц, что приводит к выкрашиванию, растрескиванию и стачиванию рабочих поверхностей.
4. **Интенсивный абразивный износ** – происходит в результате воздействия сыпучих материалов, приводящего к стачиванию и эрозии рабочей поверхности. Его разновидностью является износ типа «металл по земле», встречающийся у оборудования, используемого при землеройных работах. Также разновидностью его можно считать эрозионный износ при воздействии на рабочую поверхность запыленного газового потока.
5. **Коррозионный износ** – происходит в результате коррозионного воздействия окружающей среды, а также вследствие окисления при повышенных температурах.
6. **Кавитационный износ** – имеет место в гидравлических системах.

На практике обычно реальный износ является результатом комбинированного воздействия нескольких указанных выше видов износа, причем почти всегда один из них превалирует.

Путем наплавки на рабочей поверхности изделия получаем сплав, обладающий комплексом свойств - износостойкостью, кислотоупорностью, жаростойкостью и т.д. *Масса наплавленного металла не превышает нескольких процентов от массы изделия.* При ремонте восстанавливаются первоначальные размеры и свойства поверхности деталей.

Увеличение стойкости важно, если от нее зависит работа того или иного агрегата, а его замена связана с простоем.

Для противостояния износу рабочие поверхности необходимо упрочнить. Один из наиболее эффективных способов упрочнения – электродуговая наплавка. Это недорогой метод продления срока службы металлических изделий нанесением на их поверхность защитного слоя. Он применяется не только для ремонта изношенных элементов конструкции, но и для придания особых свойств поверхностям новых изделий перед вводом их в эксплуатацию.

**Помимо увеличения срока эксплуатации изделий, метод наплавки имеет и другие достоинства:**

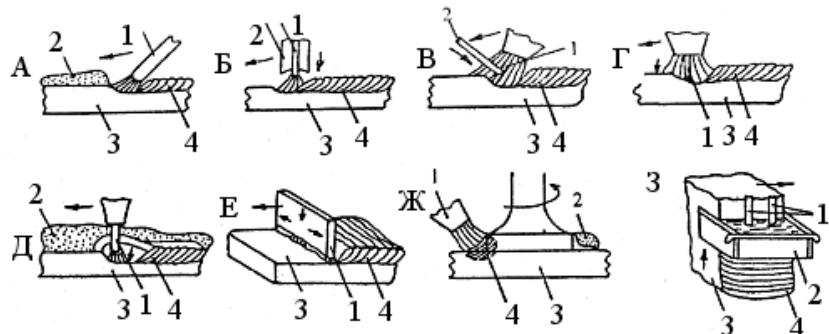
- Сокращается количество запасных частей эксплуатируемого оборудования.
- Увеличивается эффективность эксплуатации оборудования в связи с сокращением времени его простоя.
- Основная часть (основа) детали может быть выполнена из дешевой низколегированной стали.
- Снижаются расходы на обслуживание оборудования.

**Применяется:**

- дуговая,
- плазменно-дуговая,
- вибродуговая,
- импульсно-дуговая,
- электрошлаковая,
- индукционная,
- газовая наплавка.

Наибольший объем наплавочных работ выполняется электрической сварочной дугой.

*При наплавке в отличие от сварки в процессе участует небольшое количество основного металла в связи с небольшой глубиной проплавления; поэтому внутренние напряжения и деформации изделия, склонность к образованию трещин незначительны.*



**Рис. 1. Основные способы наплавки плавлением:**

- А** — угольным электродом (1), расплавлением сыпучего наплавочного сплава (2);
- Б** — покрытым электродом (1) или легирующим покрытием (2);
- В** — неплавящимся вольфрамовым электродом (1) в инертных газах с воздействием присадочного прутка (2);
- Г** — плавящимся электродом (1) в защитном газе;
- Д** — сварка плавящейся проволокой (1) под флюсом (2);
- Е** — лентой плавящейся (1) в защитном газе (под флюсом);
- Ж** — струей плазмотрона (1) с наложенным или спеченным из порошков наплавочного материала (2);
- 3** — плавящимся электродом (1) с перемещаемым медным ползуном (2), наплавляемая деталь (3); наплавленный слой (4)

*Заданные свойства наплавленного слоя получают введением в его состав легирующих элементов. Способы легирования различны: за счет взаимодействия металла и шлака, поглощения элементов из окружающей газовой среды, введения в сварочную ванну металлических добавок. Чаще всего применяют последний способ, как наиболее надежный и обеспечивающий нужный состав наплавленного слоя.*

Особенно важно при наплавке получить однородность химического состава наплавленного металла, а следовательно, его свойств на всей поверхности наплавляемой детали.

**Дуговая наплавка** в отличие от сварки развивалась гораздо медленнее. Ручная износостойкая наплавка открытой дугой известна с 20-х годов прошлого столетия, но ее промышленное применение ограничивалось коренными ее недостатками: низкой производительностью, высококвалифицированной рабочей силой, тяжелыми условиями труда, непостоянным качеством наплавленного металла, обилием различных дефектов. Для наплавки наибольшее применение получила дуговая сварка плавящимся электродом. Требования к качеству наплавленного металла строже чем к сварным швам. *Наплавленный металл по свойствам должен существенно отличаться от основного металла. Часто в нем недопустимы поры, трещины и иные пороки, поэтому требования к нему строже, чем к сварным швам.*

**Автоматическая наплавка** свободна от перечисленных недостатков и способствовала успешному ее внедрению.

**Механизированная наплавка** – это непрерывность процесса, которая достигается использованием электродной проволоки или ленты в виде больших мотков; в подводе тока к электроду на минимальное расстояние от дуги, что позволяет применять токи большой силы без нагрева электрода; в применении различных способов защиты расплавленного металла от вредного воздействия воздуха.

Оптимальный состав наплавленного металла должен быть выбран с учетом особенностей его эксплуатации, а электродная проволока, флюс, термический режим наплавки – так, чтобы наплавленный металл обладал необходимым химическим составом и физическими свойствами.

**Процессы наплавки применяются** при ремонте и восстановлении первоначальных размеров и свойств изделий, изготовлении новых изделий с целью обеспечения надлежащих свойств конкретных поверхностей. При восстановлении наплавку обычно выполняют тем же металлом, из которого изготовлено изделие, однако это не всегда целесообразно. Иногда необходимо получить металл, отличающийся от металла детали, так как условия эксплуатации поверхностных слоев могут значительно отличаться от условий эксплуатации всего изделия. Изготовление изделия целиком из металла, который обеспечивает эксплуатационную надежность работы его поверхностей не экономно.

Целесообразно изготавливать изделие из более дешевого, но достаточно работоспособного металла и только на поверхностях, работающих в особых условиях, иметь по толщине необходимый слой другого материала (применять биметалл). Это может быть достигнуто: поверхностным упрочнением (поверхностная закалка, электроискровая и другие виды обработки); нанесением тонких поверхностных слоев значительной толщины на поверхность (на низкоуглеродистую сталь нанесением бронзы, коррозионностойкой стали и др.)

**Для успешного развития наплавки промышленностью выпускается:**

- углеродистая, легированная стальная проволока **56** марок,
- специальная наплавочная проволока **28** марок,
- различные флюсы,
- специальные наплавочные электроды.

Развитие наплавки направлено в первую очередь на полную механизацию трудоемких наплавочных работ за счет автоматической и полуавтоматической наплавки.

Разрабатываются новые технологии.

### **Восстановление изношенных поверхностей и наплавка слоев с особыми свойствами**

**Восстановление изношенных элементов оборудования, а также изготовление новых деталей с прочным поверхностным слоем часто разделят на три основных этапа:**

1. **Наплавка на поверхность изделия промежуточного слоя** – для снижения содержания углерода и легирующих элементов в поверхностных слоях основного металла (применяется не всегда).
2. **Восстановление первоначальных размеров изношенного изделия (достройка)** – с использованием пластичных трещиностойких материалов, позволяющих наплавлять неограниченное число слоев. Если изделие эксплуатируется не в экстремальных условиях, этот этап наплавки становится завершающим. Если предполагается дальнейшая наплавка износостойкого материала, достройка выполняется до размеров, меньших первоначальным на толщину конечного слоя.
3. **Наплавка слоев с особыми свойствами** – для придания специальных свойств рабочим поверхностям изделия с целью увеличения срока его службы. Применяется как для

реставрации изношенных, так и для изготовления новых деталей. Обычно осуществляется в один – два, реже в три и более слоя.

**Износостойкая наплавка обычно осуществляется на изделия из:**

- Углеродистых и низколегированных сталей
- Марганцовистых аустенитных сталей.

**Рекомендации по наплавке на такие стали прямо противоположны:**

- *При наплавке на углеродистые и низколегированные стали*, как правило, нужен предварительный нагрев изделия и медленное охлаждение. Иногда после наплавки применяется термообработка. Параметры этих процессов зависят от содержания углерода и легирующих элементов в металле основы и наплавляемого материала, габаритов изделия.
- *Наплавка на марганцовистые аустенитные стали*, наоборот, должна производиться без предварительного подогрева и последующей термообработки. Нагрев изделия при наплавке должен быть минимальным; если его температура превысит 260 °C, изделие может стать хрупким.

*Углеродистые и низколегированные стали магнитны, а марганцовистые аустенитные немагнитны, поэтому их можно легко отличить с помощью магнита.*

### **Контрольные вопросы:**

1. Износостойкостью называется .....
2. Коррозионной стойкостью называется .....
3. Жаропрочностью называется .....
4. Жаростойкостью называется .....
5. Антифрикционностью называется .....
6. Хладостойкостью называется .....
7. Толщина наплавленного слоя должна быть .....
8. Ударный износ – происходит при .....
9. Износ «металл по металлу» – происходит при .....
10. Интенсивный абразивный износ – происходит в результате .....
11. Коррозионный износ – происходит в результате .....
12. Совместный ударно-абразивный износ – происходит при .....
13. Кавитационный износ – имеет место .....
14. Основная часть (основа) детали может быть выполнена из .....
15. Применяются следующие виды наплавки:
  1. .....
  2. .....
  3. .....
  4. .....
  5. .....
  6. .....
  7. .....
16. Процессы наплавки применяются при .....
17. Наплавка на поверхность изделия промежуточного слоя выполняется для ...
18. Если предполагается дальнейшая наплавка износостойкого материала, достройка выполняется до размеров, .....
19. Наплавка слоев с особыми свойствами выполняется для .....
20. При наплавке на углеродистые и низколегированные стали, как правило, нужен ...

## **Критерии оценивания:**

- «5» 20 17 балла;
- «4» 16 13 балла;
- «3» 11 8 балла;
- «2» 7 4 балла;
- «1» 3 0 балла;

## **Практическое занятие № 10, № 11**

Выбор сварочных материалов для наплавки. Расшифровка сварочных материалов для наплавки.

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении и расшифровке сварочных материалов для наплавки

### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Изучить и законспектировать электроды для наплавки и законспектировать материал.
3. Изучить сварочную проволоку для наплавки и законспектировать материал.
4. Расшифровать условные обозначения наплавочных материалов (*таблица 1*)

### **Теоретические сведения**

#### **Электроды для наплавки.**

Электроды наплавочные применяются при одной из разновидностей электродуговой наплавки - износостойкой наплавке штучными покрытыми электродами.

**Электродуговая наплавка** - это один из наиболее распространенных и эффективных способов противостояния износу с помощью упрочнения поверхности. Это недорогой, экономически выгодный метод продлить срок эксплуатации металлических деталей путем нанесения на них защитного слоя.

Несомненным достоинством ручной электродуговой наплавки штучными электродами является возможность наплавить практически любой состав. Помимо этого, наплавка производится при помощи относительно несложного и недорогого сварочного оборудования.

#### **Электродуговая наплавка имеет и ряд других достоинств:**

- Сокращение количества запасных и расходных частей рабочего оборудования;
  - Увеличение эксплуатационной эффективности оборудования из-за сокращения сроков простоя;
  - Возможность выполнения основы требуемой детали из недорогой низколегированной стали;
  - Снижение расходов на обслуживание рабочего оборудования.
- Наиболее распространенными являются наплавочные электроды **T-590** и электроды **T-620**.

#### **Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки. Типы электродов. Технические условия по ГОСТ**

**Типы** металлических покрытых электродов для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами устанавливаются **ГОСТ 10051-75**.

**ГОСТ 10051-75** не распространяется на электроды для наплавки поверхностных слоев из цветных металлов и их сплавов.

**Технические условия на электроды для наплавки** - по **ГОСТ 9466-75**.

**Типы электродов для наплавки, твердость наплавленного металла** - по **ГОСТ 10051-75**

**ГОСТ 10051-75** устанавливает 44 типа покрытых металлических электродов для ручной дуговой наплавки (**таблица 1**).

Твердость наплавленного металла после наплавки, в зависимости от типа электродов, устанавливается без термической обработки и после термической обработки.

**Таблица 1.**

**Типы электродов для наплавки по ГОСТ 10051-75**

**Без ТО после наплавки**

**После ТО**

Э-10Г2 22,0-30,0

ОЗН-250У

Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок (осей, валов, железнодорожных крестовин, рельсов и др.)

Э-11Г3 29,5-37,0

ОЗН-300У

Э-12Г4 36,5-42,0

ОЗН-350У

Э-15Г5 41,5-45,5

ОЗН-400У

Э-30Г2ХМ 32,5-42,5

НР-70

Э-16Г2ХМ 36,5-41,0

ОЗШ-1

Наплавка штампов для горячей штамповки

Э-35Г6 51,0-58,5

ЦН-4

Э-30В8Х3

ЦШ-1 Э-35Х12В3СФ	41,5-51,5
Ш-16 Э-90Х4М4ВФ	51,0-59,0
ОЗИ-3 Э-37Х9С2	59,0-64,0
ОЗШ-3	53,0-59,0
	Наплавка штампов для холодной штамповки
Э-70Х3СМТ	
ЭН-60М Э-24Х12	53,0-61,0
ЦН-5 Э-20Х13	41,5-49,5
48Ж-1 Э-35Х12Г2С2	34,5-49,5
НЖ-3 Э-100Х12М	55,0-63,0
ЭН-Х12М Э-120Х12Г2СФ	54,0-61,0
Ш-1 Э-10М9Н8К8Х2СФ	55,0-63,0
ОЗШ-4 Э-65Х11Н3	56,0-61,0
ОМГ-Н Наплавка изношенных деталей из высокомарганцовистых сталей типов Г13 и Г13Л Э-65Х25Г13Н3	27,0-35,0
	25,0-37,0

ЦНИИН-4  
Э-80В18Х4Ф

58,0-63,0

ЦИ-1М

Наплавка металлорежущего инструмента, а так же штампов для горячей штамповки в тяжелых условиях (осадка, прошивка, вытяжка)

Э-90В10Х5Ф2

58,0-63,0

ЦИ-2У

Э-105В6Х5М3Ф3

61,0-65,0

И-1

Э-10К15В7М5Х3СФ

53,0-59,0

ОЗИ-4

Э-10К18В11М10Х3СФ

63,0-67,0

ОЗИ-5

Э-95Х7Г5С

27,0-34,0

12АН/ЛИВТ

Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок с абразивным изнашиванием

Э-30Х5В2Г2СМ

51,0-61,0

ТК3-Н

Э-80Х4С

57,0-63,0

13КН/ЛИВТ

Наплавка деталей, работающих в условиях преимущественно абразивного изнашивания  
Э-320Х23С2ГРТ

56,0-63,0

Т-620

Э-320Х25С2ГР

58,0-64,0

Т-590

Э-350Х26Г2Р2СТ

59,0-64,0

Х-5

Э-300Х28Н4С4

49,0-55,5

ЦС-1

Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания с  
ударными нагрузками

Э-225Х10Г10С

41,5-51,5

ЦН-11

Э-110Х14В13Ф2

51,0-56,5

ВСН-6

Э-175Б8Х6СТ

53,0-58,5

ЦН-16

Э-08Х17Н8С6Г

29,5-39,0

ЦН-6М,

ЦН-6Л

Наплавка уплотнительных поверхностей арматуры для котлов, нефтеаппаратуры и  
трубопроводов

Э-09Х16Н9С5Г2М2ФТ

30,5-36,0

ВПИ-1

Э-09Х31Н8АМ2

41,5-49,5

УОНИ-13/Н1-БК

Э-13Х16Н8М5С5Г4Б

39,5-51,5

ЦН-12М, ЦН-12Л

Э-15Х15Н10С5М3Г

36,5-46,5

ЦН-18

Э-15Х28Н10С3ГТ

36,5-42,0

ЦН-19

Э-15Х28Н10С3М2ГТ

41,5-46,5

ЦН-20

Э-200Х29Н6Г2

41,5-51,5

ЦН-3  
Э-190К62Х29В5С2

41,5-51,5

ЦН-2

### Размеры электродов для наплавки

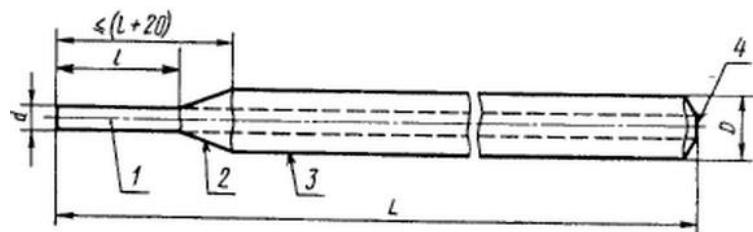


Рис.1. Эскиз электрода: 1 - стержень; 2 - участок перехода; 3 - покрытие; 4 - контактный торец без покрытия

Таблица 2.

### Размеры электродов для наплавки (по ГОСТ 9466-75)

200	250
	150
	200
	(250)
	20
	2,0
	250
	(300)
	200
	250
	(300)
	2,5
	250
	300
	(250)
	250
	(300)
	3,0
	300
	350
	(450)
	300
	350

4,0  
350  
450  
350  
(450)  
5,0

450

350  
450  
6,0  
8,0  
10,0  
30  
12,0

**Примечания:**

- В скобках - размеры применять ГОСТом не рекомендуется;
- Допускаются электроды номинальными диаметрами 3,15; 3,25; 6,3 и 12,5 мм;
- По соглашению - длина может быть иная, покрытие с конца электрода на длине 1 допускается не зачищать (торцы должны быть зачищены как контактные).

**Классификация электродов для наплавки (по ГОСТ 9466-95)**

Условное обозначение электродов для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами - **Н** (индекс в условном обозначении)

**По толщине покрытия электроды для наплавки подразделяются:**

- с тонким покрытием - **М** ( $D/d \leq 1,20$ )
- со средним покрытием - **С** ( $1,20 < D/d \leq 1,45$ )
- с толстым покрытием - **Д** ( $1,45 < D/d \leq 1,80$ )
- с особо толстым покрытием - **Г** ( $D/d > 1,80$ ),

где: **D** - диаметр покрытия, **d** - диаметр электрода, определяемый диаметром стержня.

**По виду электродного покрытия наплавочные электроды подразделяются:**

- с кислым покрытием - **А**;
- с основным покрытием - **Б**;
- с целлюлозным покрытием - **Ц**;
- с рутиловым покрытием - **Р**;
- с покрытием смешанного вида - соответствующее двойное условное обозначение;
- с прочими видами покрытий - **П**.

При наличии в составе покрытия **железного порошка** в количестве более 20 % к обозначению вида покрытия электродов добавляется буква **Ж**.

**По допустимым пространственным положениям наплавки электроды подразделяются:**

- для всех положений - **1**;
- для всех положений, кроме вертикального сверху вниз - **2**;
- для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх - **3**;
- для нижнего и нижнего в лодочку - **4**

**По роду и полярности применяемого при наплавке тока, по номинальному напряжению холостого хода используемого источника питания сварочной дуги переменного тока частотой **50 Гц** электроды для наплавки подразделяются:**

- Цифрой **0** - электроды для наплавки только на постоянном токе обратной полярности.

**Индексы характеристик наплавленного металла (два индекса):**

- первый - средняя твердость наплавленного металла:
- второй:
  - **1** - твердость наплавленного металла обеспечивается без термической обработки после наплавки,
  - **2** - после термической обработки

**Пример условного обозначения электродов для наплавки (на этикетках, в маркировке коробок, пачек и ящиков):**

Электроды *типа Э-11Г3 по ГОСТ 10051-75, марки ОЗН-300У, диаметром 4,0 мм, для наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами Н, с толстым покрытием Д, обеспечивающие среднюю твердость 300НВ (HRC<sub>э</sub> 33; ~300HV) - 300/33, без термической обработки после наплавки - 1, с основным покрытием Б, для наплавки в нижнем положении 4 на постоянном токе обратной полярности (0):*

**Э-11Г3-ОЗН-300У-4,0-НД ГОСТ 9466-75, ГОСТ 10051-75**

**E-300/33-1-Б40**

**В документации: Электроды ОЗН-300У-4,0 ГОСТ 9466-75.**

### **Контроль качества**

**Для проверки сварочно-технологических свойств** наплавочных электродов выполняется наплавка на один образец (пластина из Ст3 или стали, для наплавки которой предназначены электроды). Размер пластины - **120 x 80 x 20 мм** (отклонение длины и ширины +/- 5 мм, толщины +/- 2 мм).

*Наплавка на образец выполняется в четыре слоя в нижнем положении. Длина наплавки не менее 80 мм, ширина - не менее 8-мм диаметров контролируемых электродов.*

Для электродов, обеспечивающих среднюю твердость наплавленного **HR C<sub>э</sub> > 42** допускается наплавка в образцов в три или два слоя.

На наплавочных образцах, проверка сплошности наплавленного металла проверяется после снятия верхнего слоя на **1,5 - 3,0 мм**.

При средней твердости наплавленного металла **HRC<sub>э</sub> > 42** допускается зашлифовка поверхности наплавки без снятия верхнего слоя на **1,5 - 3,0 мм**.

Для проверки химического состава наплавленного металла выполняется 8-ми слойная наплавка на образец (размеры выше), площадь наплавки - не менее 80 x 40 мм. Для электродов диаметром **менее 5 мм** толщина пластин **не менее 4-х диаметров электрода**.

Для электродов со средней твердостью наплавленного металла **HRC<sub>Э</sub> > 42** допускается наплавка в пять слоев.

**Проверка твердости наплавленного металла** производится на поверхности 8-ми слойной или 5-ти слойной наплавки, выполненной для проверки химического состава наплавленного металла.

#### **Упаковка**

**Масса электродов в коробке или пачке не должна превышать:**

- **3 кг** - для электродов диаметром **до 2,5 мм**;
- **5 кг** - для электродов диаметром **3,0 - 4,0 мм**;
- **8 кг** - диаметром **более 4,0 мм**.

#### **Наплавочная проволока.**

**По ГОСТ 10543 - 75** изготавливается стальная наплавочная проволока диаметром от **0,3 до 8 мм**.

**Стандартом предусмотрена:**

- углеродистая проволока **9 марок** (**Нп-25, Нп-30, Нп-35, Нп-40, Нп-45, Нп-50, Нп-65, Нп-80, Нп-85**);
- легированная проволока, **11 марок** (**Нп-40Г, Нп-50Г, Нп-65Г, Нп-30ХГСА, Нп30Х5, Нп-40Х3Г2МФ, Нп-40Х2Г2М, Нп-5ХНМ, Нп-50ХФА, Нп-50Х6ФМС, Нп-105Х**),
- высоколегированная проволока **10 марок** (**Нп-20Х14, Нп-30Х13, Нп-30Х10Г10Т, Нп-40Х13, Нп-45Х4В3Ф, Нп-45Х2В8Т, Нп-60Х3В10Ф, Нп-ГВ, Нп-Х15Н60, Нп-Х20Н80Т**).

Проволока для наплавки подбирается в зависимости от назначения и требуемой твердости металла наплавки (*табл. 3*). **Минимальную твердость металла** можно получить при наплавке углеродистой проволокой марки **Нп-25 (HRC 40)**; **максимальная твердость металла** достигается высоколегированной проволокой марки **Нп-40Х13 (HRC 45 - 52)**. Обычно наплавка проволокой выполняется пол флюсом на автоматах, шланговых полуавтоматах и электродами с покрытиями - вручную.

*Техника наплавки предусматривает наложение ниточных валиков с перекрытием предыдущего валика на 1/3 его ширины или валиков с поперечными колебаниями электрода.*

Если необходимо восстановить размеры или форму детали, то используются обычная сварочная проволока, которая дает наплавленный металл низкой твердости.

**Для наплавки согласно Госту 2247-70 используют сварочная проволока марок:**

1. **Св-08** (с твердостью наплавленного слоя **HB120-160**); **Св-10Г2 (HB180-210)**;  
**Св-08ГС (НП 180-200)**; **Св-12ГС (HV 190-220)**; **Св-08Г2С (HV 180-210)** - оси, валы, ролики (где проходит трения металла с смазкой);

2. **Св-18ХГС (HV240-300)** - трение металла с смазкой и без смазки (опорные ролики, натяжные колеса гусеничных машин, Цапфы);
3. **Св-20 Х13 (HRC 42-48); Св-07Х27Т (HRC 30-38)** - кавитационно-коррозионный износ при температурах до 450 °С (уплотнительные поверхности запорной и пропускной арматуры для пара и воды);
4. **Св-06Х19Н9Т (HB160-190); Св-08Х19Н9Ф2С2 (HB200-230)** - кавитационно-коррозионный износ при температурах выше 450 °С.

Для получения наплавленного металла высокой твердости используют специальный стальной наплавляющий провод, который выпускают диаметром: 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 6,5; 8,0 мм.

Таблица. 3.

Основной металл	Марка проволоки	Ориентировочная твердость наплавленного металла, HRC	Примерное назначение
Углеродистые и низколегированные стали (менее 0,4% С)	Нп-25, Нп-30, Нп-35, Нп-40, Нп-40Г	40	Коленчатые валы, оси, шпинNELи
Углеродистые и низколегированные стали (более 0,4% С)	Нп-45, Нп-50, Нп-65, Нп-80, Нп-50Г, Нп-65Г, Нп-30ХГСА и др.	60	Крановые колеса, оси опорных тракторов и др.
Аустенитные высокомарганические стали	Нп-ГВА и др.	50	Железнодорожные крестовины, щеки дробилок, зубья ковшей
Хромистые стали	Нп-20Х14, Нп-30Х13, Нп-40Х13	48	Уплотнительные поверхности задвижек для пара и воды
Хромовольфрамовые теплоустойчивые стали	Нп-45Х2В8Т, Нп-60Х3В10Ф	45	Ножи для резки горячего металла, штампы для горячей штамповки

Согласно Госту 10543-82 используют стальной наплавляющий проволока марок:

1. **Нп-25, Гп-30, Нп-35 (НП 160-220); Нп-40, Чп-45 (НП 170-230); Нп-50 (НП 180-240); Нп-65 (HB220-300); Нп-80 (НП 260-340); Нп-40Г (НП 180-240)** - трение металла при наличии смазки (оси, валы, шпинNELи);
2. **Нп-50Г (НП 200-270); Нп-65Г (НП 230-310); Нп-40Х13 (HRC 45-50)** - трение металла без смазки со значительным контактным нагрузкой (оси опорных роликов, крановые колеса, натяжные колеса гусеничных машин);
3. **Нп-40Х2Г2М (HRC 45-56); Нп-50 ХФА (HRC 43-50)** - трение металлов с смазкой в сочетании с динамической нагрузкой (шлифовальные и коленчатые валы, поворотные кулаки);
4. **Нп-30 ХГСА (НП 220-300); Нп-30Х5 (HRC37-42); Нп-50ХМ (HRC 40-50);**
5. **Нп-50 Х6ФМС (HRC 42-48); Нп-50Х (HRC 32-38); Нп-45Х2В8Г (HRC 40-46);**
6. **Нп-60Х3ВЮФ (HRC42-50); Нп-45Х4В3ГФ (HRC38-45)** - термическая усталость, тепловые изменения (прокатные валки, кузнечной -прессовый инструмент);
7. **Нп-40Х3Г2МФ (HRC 38-44)** - ударно-абразивный износ (ковши экскаваторов, ножи бульдозеров);
8. **Нп-Г13А (HB220-280)** - ударное износ деталей из стали 110Г13Л;
9. **Нп-20Х14 (HRC 32-38)** - кавитационно-коррозионный износ запорной арматуры для пара и воды;

10. **Нп-30Х13 (HRC 38-45)** – гидро -абразивный износ (плунжеры гидравлических прессов, шейки коленчатых валов, гребные валы судов);
11. **Нп-30Х10ПОТ (НП 200-220)** - кавитационная эрозия (лопасти турбин, гребные винты);
12. **Нп-Х15Н60 (НП 180-220)** - термическая усталость при высокой температуре (печи, реторты);
13. **Нп-Х20Н80Т (НВ120-220)** - термическая усталость при высокой температуре в сочетании с коррозионной средой (клапаны двигателей внутреннего сгорания);
14. **Нп-03Х15Н35Г7М6Б** - коррозионный износ при повышенной температуре (корпуса сосудов в атомно-энергетическом машиностроении, арматура химической промышленности).

*Цифры и буквы после индекса Нп (наплавляющий) указывают химический состав проволоки. Марки проволоки выбирают, учитывая необходимую твердость и нагрузки наплавляемых поверхностей.*

*Проволока поставляется в мотках с внутренним диаметром от 150 до 750 мм и массой от 1,5 до 30 кг. Мотки связывают в бухты массой не более 80 кг.*

*Наплавляющий проволока упаковывают и хранят идентично сварочном.*

**Таблица №1**

**Расшифровать условное обозначение наплавочных материалов**  
**(варианты – по номеру в журнале):**

<b>Номер варианта</b>	<b>Условные обозначения наплавочных материалов</b>	
	1	
Нп-30 ПЛ-Нп-10Г2СТ Э-15Х28Н10С3М2ГТ		2
Нп-50 ПЛ-Нп-20Х2Г2СТ Э-09Х31Н8АМ2		3
Нп-85 ПЛ-Нп-300Х25С3Н2Г2 Э-13Х16Н8М5С5Г4Б		4
Нп-40Г ПЛ-Нп-400Х38Г3РСТЮ Э-15Х15Н10С5М3Г		5
Нп-65Г ПЛ-Нп-120Х22Р3Г2С Э-15Х28Н10С3ГТ		6
Нп-30ХГСА ПЛ-Нп-450Х20Б7М6В2 Э-15Х28Н10С3М2ГТ		7
Нп-30Х5 ПЛ-Нп-500Х40Н40С2Р Э-09Х16Н9С5Г2М2ФТ		8
Нп-40Х3Г2МФ ПЛ-Нп-550Х44Н34ГСР Э-35Х12В3СФ		9
Нп-40Х2Г2М		

ПЛ-Нп-12Х16Н8М6С5Г4Б Э-90Х4М4ВФ	10
Нп-50ХНМ ПЛ-Нп-12Х18Н9С5Г2Т Э-35Х12Г2С2	11
Нп-50Х6ФМС ЛС-18ХГСА Э-15Х15Н10С5М3Г	12
Нп-50ХФА ЛС-70Х3МН Э-120Х12Г2СФ	13
Нп-20Х14 ЛС-25Х5ФМС Э-10М9Н8К8Х2СФ	14
Нп-30Х13 ЛС-50Х4В3ФС Э-65Х11Н3	15
Нп-40Х13 ЛС-15Х13 Э-65Х25Г13Н3	16
Нп-20Х17Н3М ЛС-12Х14Н3 Э-80В18Х4Ф	17
Нп-30Х10Г10Т ЛС-02Х20Н11Г Э-90В10Х5Ф2	18
Нп-45Х4В3ГФ ПП-Нп-200Х12М Э-105В6Х5М3Ф3	19
Нп-50Х3В10Ф ПП-Нп-200Х12ВФ Э-10К15В7М5Х3СФ	10
Нп-Г13А ПП-Нп-30Х4В2М2ФС Э-10К18В11М10Х3СФ	21
Нп-03Х15Н35Г7М6 ПП-Нп-10Х17Н9С5ГТ Э-13Х16Н8М5С5Г4Б	22
Нп-Х20Н80Т ПП-Нп-250Х10Б8С2Т Э-30Х5В2Г2СМ	23
Нп-03Х15Н35Г7М6Б ПП-Нп-30Х2М2ФН Э-190К62Х29В5С2	24
Нп-40Х3Г2МФ ПП-Нп-40Х4Г2СМНТФ Э-320Х23С2ГРТ	25

Нп-60Х3ВЮФ ПП-Нп-150Х15Р3Т2 Э-320Х25С2ГР	26
Нп-45Х4В3ГФ ПП-Нп-350Х10Б8Т2 Э-350Х26Г2Р2СТ	27
Нп-45Х2В8Г ПП-Нп-35В9Х3СФ Э-300Х28Н4С4	28
60Х3ВЮФ ПП-Нп-12Х12Г12СФ Э-225Х10Г10С	29
Нп-45Х2В8Г ПП-Нп-25Х5ФМСТ Э-110Х14В13Ф2	30
Нп-50 ХФА ПП-Нп-35Х6М2 Э-175Б8Х6СТ	

## **Практическое занятие № 12**

**Флюсы для наплавки. Материалы, для производства флюсов, виды флюсов, марки, области применения**

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении флюсов для наплавки, материалов, для производства флюсов, видов флюсов, марок, областей применения

### **Ход выполнения работы:**

4. Ознакомление с теоретическими сведениями
5. Законспектировать материал «Флюсы для наплавки. Материалы, для производства флюсов, виды флюсов, марки, области применения»
6. Ответить на контрольные вопросы.
7. Заполнить кроссворд

### **Теоретические сведения**

Сварочные флюсы **применяют** при автоматической и механизированной дуговой сварке под флюсом, при ручной дуговой сварке чугуна и цветных металлов.

**Флюс** представляет собой сыпучее зернистое вещество, которое при расплавлении образует жидкий шлак, защищающий металл сварного шва от азота и кислорода воздуха.

#### **Кроме того, назначение флюсов следующее:**

- обеспечение устойчивого горения дуги;
- раскисление сварочной ванны и получение плотных швов без пор и шлаковых включений;
- легирование металла шва;
- уменьшение потерь электродного металла на угар и разбрзгивание;
- улучшение формирования шва;
- сохранение теплоты в зоне сварки, вследствие чего химические реакции между жидким металлом и шлаком проходят более полно.

#### **По способу изготовления флюсы делят на:**

- плавленые;
- неплавленые.

**Плавленые флюсы** изготавливают сплавлением флюсовой шихты определенного состава в электрических или пламенных печах с последующей ее грануляцией до получения крупинок (зерен) требуемого размера.

**По строению зерен плавленые флюсы разделяют на:**

- стекловидные;
- пемзovidные.

**Стекловидный флюс** представляет собой прозрачные зерна с острыми гранями, окрашенными в зависимости от состава флюса в различные цвета. Для его получения жидкий расплав флюса при **1200-1250°C** тонкой струей сливают в бак с холодной проточной водой. Расплав быстро затвердевает и растрескивается на мелкие зерна.

**Пемзovidный флюс** представляет собой зерна пенистого материала также различных оттенков. При выливании в воду жидкого расплава флюса, нагретого до **1550-1600°C**, пары воды вспенивают расплавленную массу, образуя пемзovidный флюс.

Плавленые флюсы (ГОСТ 9087-81), применяемые при автоматической и механизированной дуговой и электрошлаковой сварке и наплавке стали, выпускают 21 марки.

Размер зерен флюса — **от 0,25 до 4 мм**. Флюсы — **стекловидный** с размером зерен **не более 2,5 мм** и **пемзovidный** с размером зерен **не более 4 мм** — предназначены для автоматической сварки проволокой диаметром **не менее 3 мм**. **Стекловидный** флюс с размером зерен **не более 1,6 мм** предназначен для автоматической и механизированной сварки проволокой диаметром **не более 3 мм**.

Флюс упаковывают в бумажные мешки или другую тару, обеспечивающую его сохранность при транспортировании. Масса одного упаковочного места должна быть **не более 50 кг**.

Плавленые флюсы различных марок имеют разные области применения. **Например: АН-17М, АН-43, АН-47** — для дуговой сварки и наплавки углеродистых низколегированных сталей.

Кроме плавленых широко применяют и неплавленые (керамические) флюсы.

**Неплавленые (керамические) флюсы** получаемые скреплением частиц флюсовой шихты без их расплавления. Они представляют собой механическую смесь тонкоизмельченных природных минералов, ферросплавов и силикатов, сцементированных жидким стеклом и гранулированных на крупинки определенных размеров. Каждое зерно (крупинка) керамического флюса состоит изочно соединенных мелких частичек и содержит все компоненты флюса в определенном соотношении.

Керамические флюсы различных марок имеют определенные области применения, например:

**АНК-35 и АНК-36** используют для сварки углеродистых сталей;

**АНК-47 и АНК-48** — для сварки низколегированных сталей;

**АНК-45** — для сварки высоколегированных сталей;

**АНК-18, АНК-19 и АНК-40** — при наплавочных работах;

**АНК-3** служит добавкой (в количестве **5-15%**), применяемой в смеси с плавлеными флюсами **АН-348А, ОСЦ-45, АН-60** и другими для повышения стойкости швов против образования пор. Наиболее распространенным видом флюса является вещество бура.

**Для автоматической и полуавтоматической наплавки** применяются те же флюсы, что и для сварки. Наиболее распространена плавленые флюсы **АН-348-А, ОСЦ-45, АН-60, АН-20, 48-ОФ-6, АН-26, АН-15М, АН-8, АН-25.**

**Для наплавки аустенитных хромоникелевых сталей** применяют флюс **АН-26.**

**Преимуществом** этого флюса является отличное формирование наплавленного валика и малая склонность наплавленного слоя к порам;

**Недостатком** — сравнительно высокая окислительная способность, что приводит в ряде случаев к недопустимому снижению содержания титана и хрома в наплавленном слое и к появлению кристаллизационных трещин. Трещины в этом случае можно устранить примесью к флюсу **3—4% алюминиевой лигатуры (80% Al и 20% Fe),** которая обладает примерно одинаковой с флюсом плотностью

**Для наплавки высокочромистых чугунов** рекомендуется флюс **АН-28,** он безмарганцевый и содержит мало кремнезема. Поэтому не происходит значительного окисления легирующих элементов, достигается хорошая отделимость шлаковой корки. **Недостатком** флюса является плохое формирование валиков при содержании в наплавленном слое менее **1,0% Si,** а также повышенная склонность к порам. Последнее связано с низким содержанием **SiO<sub>2</sub>** и **CaF<sub>2</sub>** во флюсе.

**Наплавку электрошлаковым способом** целесообразно выполнять с флюсами **АН-8, АН-25, АНФ-1П, АНФ-14**

Флюс **АНФ-1П** обладает высокой электропроводностью в расплавленном состоянии и обеспечивает устойчивый электрошлаковый процесс. Низкая окислительная способность флюса позволяет использовать его для электрошлаковой наплавки высоколегированных сплавов. Флюс **АН-8** также обеспечивает высокую устойчивость электрошлакового процесса, но обладает повышенной окислительной способностью. Поэтому его следует применять для электрошлаковой наплавки сталей типов А и В, где потери на окисление легирующих примесей не сказываются в опасной мере на качестве наплавленного металла.

Флюс **АН-25** предназначен для возбуждения электрошлакового процесса без дуги: он электро-проводен в твердом состоянии, при прохождении тока быстро нагревается и расплавляется, образуя начальную ванну жидкого шлака.

**При наплавке среднелегированных и высоколегированных сталей и сплавов** применение высококремнистых марганцевых флюсов нецелесообразно, так как они отличаются высокой окислительной способностью, чрезмерно легируют наплавленный металл кремнием и марганцем, образуют плохо отделяющуюся шлаковую корку. В этом случае применяют флюсы **АН-26, АН-20, АН-28, АН-70, 48-ОФ-6, 48-ОФ-10** и др.

**Из низкокремнистых безмарганцевых флюсов** наиболее широко применяют для наплавки флюс **АН-20.** **Преимущество** - он обеспечивает высокую стабильность дуги, малую склонность к порам, хорошее формирование валиков. Его **недостаток** — относительно низкая температура плавления и малая вязкость, что затрудняет наплавку тел вращения малого диаметра, а также сравнительно высокая активность кремнезема, что приводит в ряде случаев к нежелательному обогащению металла кремнием, окислению легирующих элементов и ухудшению отделимости шлаковой корки. Шлаковая корка удовлетворительно отделяется при нагреве детали до температуры не выше **450° С.**

**Для наплавки высоколегированных сплавов с высоким содержанием хрома, вольфрама, ванадия и титана** - применяют наиболее химически нейтральные флюсы **АН-70** и **48-ОФ-6.** При наплавке под этими флюсами велика опасность образования пор. Если наплавляют порошковой проволокой, то для устранения пор в сердечник обязательно вводят кремнефтористый натрий.

Для снижения содержания влаги эти флюсы прокаливают при **температуре 900—930°С в течение 5 ч**. Чтобы флюс не поглощал влагу из воздуха, его нужно хранить в сухих помещениях. Состав наплавленного металла изменяется минимально, так как флюс почти не содержит веществ, вступающих в химическое взаимодействие с железом и легирующими элементами. Шлаковая корка удовлетворительно отделяется при нагреве деталей **до 600—700° С**

### **Керамические флюсы.**

Керамические флюсы гигроскопичны, поэтому хранить их следует в герметически закрывающейся упаковке. Ввиду небольшой прочности зерен транспортировать керамический флюс рекомендуется в жесткой таре — металлических банках или картонных барабанах.

Для наплавки интерес представляют легирующие керамические флюсы, которые позволяют при использовании стандартных и недефицитных проволок получать легированный наплавленный металл повышенной износостойкости. При наплавке под легирующим керамическим флюсом возможно опасное изменение химического состава наплавленного металла при изменении режимов наплавки. Однако этот недостаток относится в основном к флюсам с высоким содержанием легирующих элементов, поэтому высокое легирование наплавленного металла целесообразно осуществлять через проволоку. Наплавка же низколегированного металла возможна и при помощи слаболегирующих керамических флюсов.

Лабораторная разработка рецептур привела к созданию многочисленных марок керамических флюсов: **ЖС-400; ЖС-500; ЖСН-1; ЖСН-2; КС-Х12Т; КС-3Х2В8; КС-Р18Б; АНК-18; АНК-19; ФК-45** и др. Однако заметное **применение** нашли только флюсы **АНК-18 и АН К-19**.

Флюс **АНК-18** предназначен для механизированной наплавки проволокой **Св-08** и **Св-08А** колес мостовых кранов, опорных катков, роликов и натяжных колес гусеничного хода тракторов, бульдозеров и экскаваторов.

Флюс **АНК-19** используют для широкослойной наплавки колеблющимся электродом рабочих кромок ножей бульдозеров, скреперов и грейдеров.

**Преимущество** - оба флюса обеспечивают хорошее формирование наплавленного металла, легкую отделимость шлаковой корки, высокую стойкость наплавленного металла против образования пор и трещин и возможность наплавки на переменном и постоянном токе.

### **Контрольные вопросы:**

1. Для чего служит флюс?
2. Как разделяют флюсы по назначению?
3. Как разделяют флюсы по способу изготовления?
4. Разгадать кроссворд

### **Кроссворд по теме «Сварка под слоем флюса»**

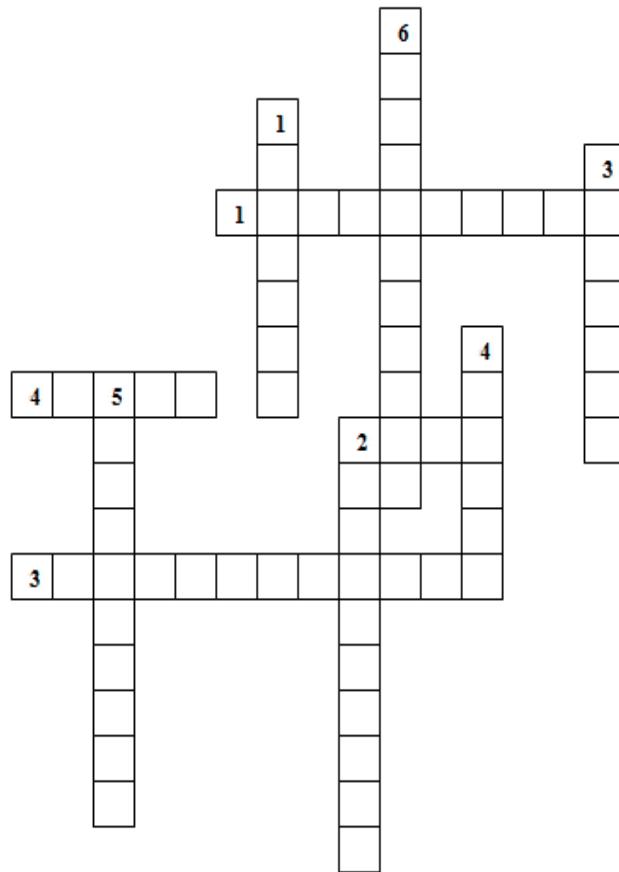
#### **По горизонтали:**

1. Параметр режима сварки, который оказывает влияние на геометрические размеры и форму шва.
2. АН-348, ОСЦ-45 – Что это?
3. Флюс, изготовленный без плавления компонентов шихты
4. Сила сварочного тока измеряется в ....

#### **По вертикали:**

1. Основной узел сварочного автомата АДФ-1002
2. Служит для уборки флюса после сварки
3. Что означает буква «Ж» в условном обозначении – ТДФЖ-1002

4. Вид флюса по химическому составу.
5. Основной параметр режима дуговой сварки под флюсом: сила сварочного тока, его род и...
6. Источник питания, используемый в сварочных автоматах




---

#### Эталон ответов

1. *Флюс защищает капли электродного металла и жидкий металл сварочной ванны от воздействия воздуха, обеспечивает устойчивое горение дуги, хорошее формирование шва и образует шлаковую корку, легко отделимую от поверхности шва после затвердевания.*
2. *Различают флюсы общего назначения и специальные.*  
*Флюсы общего назначения предназначены для механизированной дуговой сварки и наплавки углеродистых и низколегированных сталей низкоуглеродистой и легированной сварочной проволокой, специальные флюсы - для отдельных видов сварки, например, электрошлаковой или сварки высоколегированных сталей.*
3. *По способу изготовления флюсы делятся на: плавленные и неплавленные. Плавленые флюсы получают путем сплавления компонентов шихты в электрических или пламенных печах. При изготовлении неплавленных флюсов частицы флюсовой шихты скрепляют без их сплавления. К числу неплавленных флюсов относятся керамические и спеченные флюсы, а также флюсы-смеси. Керамические флюсы производят из смесей порошкообразных материалов, скрепляемых с помощью kleющей веществ, главным образом жидкого стекла. Спеченные флюсы изготавливают путем спекания компонентов шихты при повышенных температурах без их сплавления. Полученные комки затем измельчают до требуемого размера.*

## **Эталон ответов кроссворда**

### **По горизонтали:**

1. Напряжение
2. Флюс
3. Керамический
4. Ампер

### **По вертикали:**

1. Трактор
2. Флюсоотсос
3. Жесткая
4. Кислый
5. Полярность
6. Выпрямитель

## **Практическое занятие № 13**

### **Износ деталей промышленного оборудования**

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении износа деталей промышленного оборудования

### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Изучить и законспектировать тему: «Износ деталей промышленного оборудования».
3. Вычертить рисунки:
  1. Характер механического износа деталей;
  2. Износ подшипников качения;
  3. Характерные виды износа поверхностей скольжения.

### **Теоретические сведения**

**Срок службы промышленного оборудования определяется износом его деталей** — изменением размеров, формы, массы или состояния их поверхностей вследствие изнашивания, т. е. остаточной деформации от постоянно действующих нагрузок либо из-за разрушения поверхностного слоя при трении.

**Скорость изнашивания деталей оборудования зависит от многих причин:**

- условий и режима их работы;
- материала, из которого они изготовлены;
- характера смазки трущихся поверхностей;
- удельного усилия и скорости скольжения;
- температуры в зоне сопряжения;
- состояния окружающей среды (запыленность и др.).

**Величина износа** характеризуется установленными единицами длины, объема, массы и др.

**Определяется износ:**

- по изменению зазоров между сопрягаемыми поверхностями деталей, \
- появлению течи в уплотнениях,

- уменьшению точности обработки изделия и др.

**Износы бывают:**

- нормальными и
- аварийными.

**Нормальным, или естественным, называют износ, который возникает при правильной, но длительной эксплуатации машины, т. е. в результате использования заданного ресурса ее работы.**

**Аварийным, или прогрессирующим, называют износ, наступающий в течение короткого времени и достигающий таких размеров, что дальнейшая эксплуатация машины становится невозможной.**

При определенных значениях изменений, возникающих в результате изнашивания, наступает **пределный износ**, вызывающий резкое ухудшение эксплуатационных качеств отдельных деталей, механизмов и машины в целом, что вызывает необходимость ее ремонта.

**Скорость изнашивания** — это отношение значений характеризующих величин к интервалу времени, в течение которого они возникли.

### **Сущность явления трения**

Первостепенной причиной изнашивания деталей (особенно сопрягаемых и трущихся при движении друг о друга) является трение.

**Трение** — процесс сопротивления относительному перемещению, возникающему между двумя телами в зонах соприкосновения их поверхностей по касательным к ним, сопровождаемый диссипацией энергии, т. е. превращением ее в теплоту.

В повседневной жизни трение приносит одновременно и пользу, и вред.

**Польза** заключается в том, что из-за шероховатости всех без исключения предметов в результате трения между ними не возникает скольжения. Этим объясняется, например, то, что мы свободно можем передвигаться по земле, не падая, предметы не выскальзывают из наших рук, гвоздь крепко держится в стене, поезд движется по рельсам и т. п. То же самое явление трения наблюдается в механизмах машин, работа которых сопровождается движением взаимодействующих частей. В этом случае трение дает **отрицательный результат** — изнашивание сопрягаемых поверхностей деталей. Поэтому трение в механизмах (за исключением трения тормозов, приводных ремней, фрикционных передач) — явление нежелательное.

### **Виды и характер износа деталей**

Виды износа различают в соответствии с существующими видами изнашивания —

**Виды износа:**

- **механическое (абразивное, усталостное),**
- **коррозионное** и др.

**Механический износ** является результатом действия сил трения при скольжении одной детали по другой.

При этом виде износа происходит истирание (срезание) поверхностного слоя металла и искажение геометрических размеров у совместно работающих деталей. Износ этого вида чаще всего возникает при работе таких распространенных сопряжений деталей, как вал —

подшипник, станина — стол, поршень — цилиндр и др. Он появляется и при трении качения поверхностей, так как этому виду трения неизбежно сопутствует и трение скольжения, однако в подобных случаях износ бывает очень небольшим.

**Степень и характер механического износа деталей зависят от многих факторов:**

- физико-механических свойств верхних слоев металла;
- условий работы и характера взаимодействия сопрягаемых поверхностей; давления; относительной скорости перемещения;
- условий смазывания трущихся поверхностей;
- степени шероховатости последних и др.

Наиболее разрушительное действие на детали оказывает **абразивное изнашивание**, которое наблюдается в тех случаях, когда трущиеся поверхности загрязняются мелкими абразивными и металлическими частицами.

Обычно такие частицы попадают на трущиеся поверхности при обработке на станке литьих заготовок, в результате изнашивания самих поверхностей, попадания пыли и др. Они длительное время сохраняют свои режущие свойства, образуют на поверхностях деталей царапины, задиры, а также, смешиваясь с грязью, выполняют роль абразивной пасты, в результате действия которой происходит интенсивное притирание и изнашивание сопрягаемых поверхностей. Взаимодействие поверхностей деталей без относительного перемещения вызывает смятие металла, что характерно для шпоночных, шлицевых, резьбовых и других соединений.

Механический износ может вызываться и плохим обслуживанием оборудования, например нарушениями в подаче смазки, недоброкачественным ремонтом и несоблюдением его сроков, мощностной перегрузкой и т. д.

Во время работы многие детали машин (валы, зубья зубчатых колес, шатуны, пружины, подшипники) подвергаются длительному действию переменных динамических нагрузок, которые более отрицательно влияют на прочностные свойства детали, чем нагрузки статические.

**Усталостный износ** является результатом действия на деталь переменных нагрузок, вызывающих усталость материала детали и его разрушение. Валы, пружины и другие детали разрушаются вследствие усталости материала в поперечном сечении. При этом получается характерный вид излома с двумя зонами — зоной развивающихся трещин и зоной, по которой произошел излом. Поверхность первой зоны гладкая, а второй — с раковинами, а иногда зернистая.

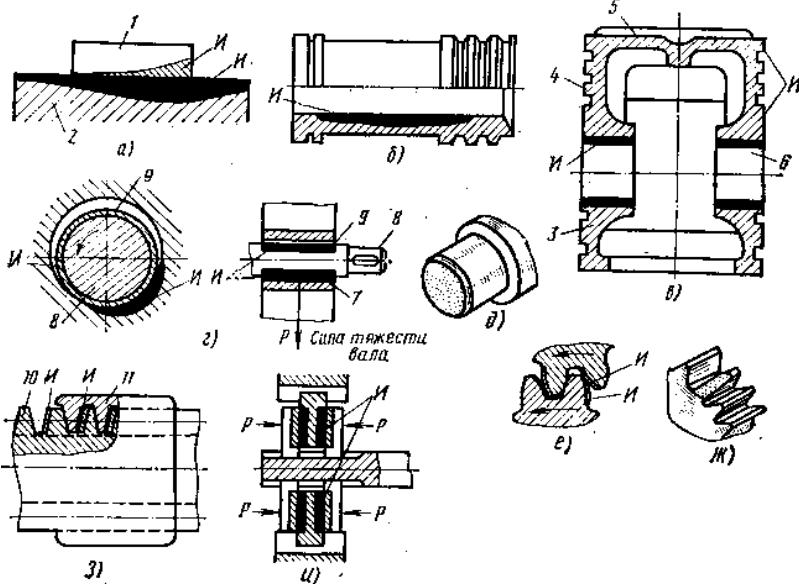
Усталостные разрушения материала детали не обязательно сразу привести к ее поломке. Возможно также возникновение усталостных трещин, шелушения и других дефектов, которые, однако, опасны, так как вызывают ускоренный износ детали и механизма.

Для предотвращения усталостного разрушения важно правильно выбрать форму поперечного сечения вновь изготавляемой или ремонтируемой детали: она не должна иметь резких переходов от одного размера к другому. Следует также помнить, что грубо обработанная поверхность, наличие рисок и царапин могут стать причиной возникновения усталостных трещин.

**Износ при заедании** возникает в результате прилипания («схватывания») одной поверхности к другой.

Это явление наблюдается при недостаточной смазке, а также значительном давлении, при котором две сопрягаемые поверхности сближаются настолько плотно, что между ними начинают действовать молекулярные силы, приводящие к их схватыванию.

**Коррозионный износ** является результатом изнашивания деталей машин и установок, находящихся под непосредственным воздействием воды, воздуха, химических веществ, колебаний температуры. Например, если температура воздуха в производственных помещениях неустойчива, то каждый раз при ее повышении содержащиеся



вала, 9 — зазор, 10 — винт, 11 — гайка;  
И — места износа, Р — действующие усилия

**Рис. 1. Характер механического износа деталей:**

**а** — направляющих станины и стола, **б** — внутренних поверхностей цилиндра, **в** — поршня, **г, д** — вала, **е**, **ж** — зубьев колеса, **з** — резьбы винта и гайки, **и** — дисковой фрикционной муфты;

**1** — стол, **2** — станина, **3** — юбка, **4** — перемычка, **5** — днище, **6** — отверстие, **7** — подшипник, **8** — шейка вала, **9** — зазор, **10** — винт, **11** — гайка;

В воздухе водяные пары, соприкасаясь с более холодными металлическими деталями, осаждаются на них в виде конденсата, что вызывает коррозию, т. е. разрушение металла вследствие химических и электрохимических процессов, развивающихся на его поверхности. Под влиянием коррозии в деталях образуются глубокие разъедания, поверхность становится губчатой, теряет механическую прочность. Эти явления наблюдаются, в частности, у деталей гидравлических прессов и паровых молотов, работающих в среде пара или воды.

Обычно коррозионный износ сопровождается и механическим износом вследствие сопряжения одной детали с другой. В этом случае происходит так называемый коррозионно-механический, т. е. **комплексный, износ**.

### Характер механического износа деталей.

Механический износ деталей оборудования может быть **полным**, если повреждена вся поверхность детали, или **местным**, если поврежден какой-либо ее участок (рис. 1, а—и). В результате износа направляющих станков нарушаются их плоскостность, прямолинейность и параллельность вследствие действия на поверхности скольжения неодинаковых нагрузок.

Например, прямолинейные направляющие 2 станка (рис. 1, а) под влиянием больших местных нагрузок приобретают вогнутость в средней части (местный износ), а сопрягаемые с ними короткие направляющие 1 стола становятся выпуклыми.

**Цилиндры и гильзы поршней в двигателях, компрессорах, молотах** и других машинах изнашиваются тоже неравномерно (рис. 1, б). Износ происходит на участке движения поршневых колец и проявляется в виде выработки внутренних стенок цилиндра или гильзы. Искажается форма отверстия цилиндра — образуются отклонения от цилиндричности и круглости (бочкообразность), возникают царапины, задиры и другие

дефекты. У цилиндров двигателей внутреннего сгорания наибольшему износу подвергается их верхняя часть, испытывающая самые высокие давления и наибольшие температуры. В кузечно-прессовом оборудовании, наоборот, наибольший износ появляется в нижней части цилиндра — там, где находится поршень во время ударов.

**Износ поршня (рис.1, в)** проявляется в истирании и задирах на юбке, изломе перемычек 4 между канавками, появлении трещин в днище 5 и разработке отверстия 6 "под поршневой палец.

**Износ валов (рис. 1, г, д)** проявляется возникновением различных дефектов: валы становятся изогнутыми, скрученными, а также изломанными вследствие усталости материала; на их шейках образуются задиры; цилиндрические шейки становятся конусными или бочкообразными. Отклонения от круглости приобретают также отверстия подшипников скольжения и втулок. Неравномерность износа шеек валов и поверхностей отверстий во втулках при вращении вала — результат действия различных нагрузок в разных направлениях. Если на вал во время вращения действует только сила его тяжести, то износ появляется в нижней части подшипника (рис. 1, г, слева).

В зубчатых передачах наиболее часто изнашиваются зубья: образуются задиры, зубья изменяют свою форму, размеры и выламываются.

**Поломка зубьев, появление трещин в спицах, ободе и ступице зубчатых колес, износ посадочных отверстий и шпонок** происходит по трем основным причинам:

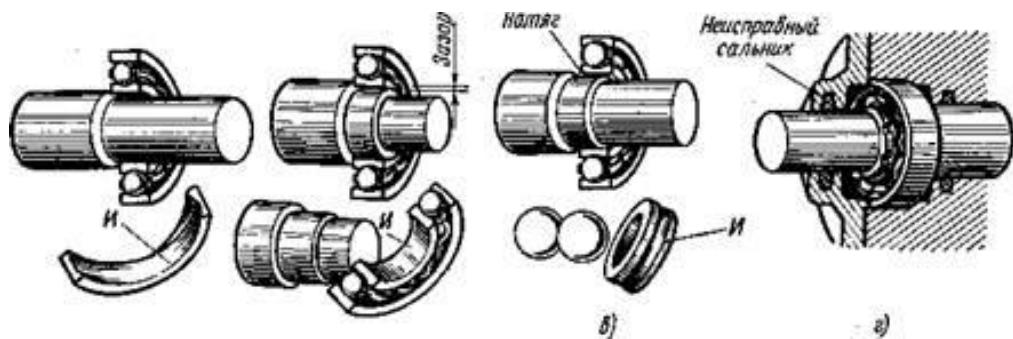
1. перегрузка зубчатой передачи;
2. попадание в нее посторонних тел;
3. неправильная сборка (например, крепление зубчатых колес на валу с перекосом осей).

**Ходовые винты** имеют трапециoidalную или прямоугольную резьбу. У винта и его гайки изнашивается резьба, витки становятся тоньше (рис.1, 3.). Износ резьбы у винтов, как правило, неравномерный, так как подавляющая часть деталей, обрабатываемых на станках, имеет меньшую длину, чем ходовой винт. Сильнее изнашивается та часть резьбы, которая работает больше. Гайки ходовых винтов изнашиваются быстрее, чем винты. Причины этого таковы: резьбу гаек неудобно очищать от загрязнений; гайки в ряде случаев неудовлетворительно смазываются; у гайки, сопряженной с винтом, участвуют в работе все витки резьбы, тогда как у винта одновременно работает только небольшая часть его витков, равная числу витков гайки.

**Задир** — повреждение поверхности трения в виде широких и глубоких борозд в направлении скольжения.

**У дисковых муфт** в результате действия сил трения наибольшему износу подвергаются торцы дисков (рис. 1, и); их поверхности истираются, на них появляются царапины, задиры, нарушается плоскостность.

**В резьбовых соединениях** наиболее часто изнашивается профиль резьбы, в результате в них увеличивается зазор. Это наблюдается в сопряжениях не только ходовых, но и зажимных, например зажимных винтов часто отвертываемых крепежных болтов. Износ резьбовых соединений — результат недостаточной или, наоборот, чрезмерной затяжки винтов и гаек; особенно интенсивен износ, если работающее соединение воспринимает большие или знакопеременные нагрузки: болты и винты растягиваются, искажаются шаг резьбы и ее профиль, гайка начинает «заедать». В этих случаях возможны аварийные поломки деталей соединения. Границы головок болтов и гаек чаще всего изнашиваются потому, что их отвертывают несоответствующими ключами.



а) б)

**Рис. 2. Износ подшипников качения:**

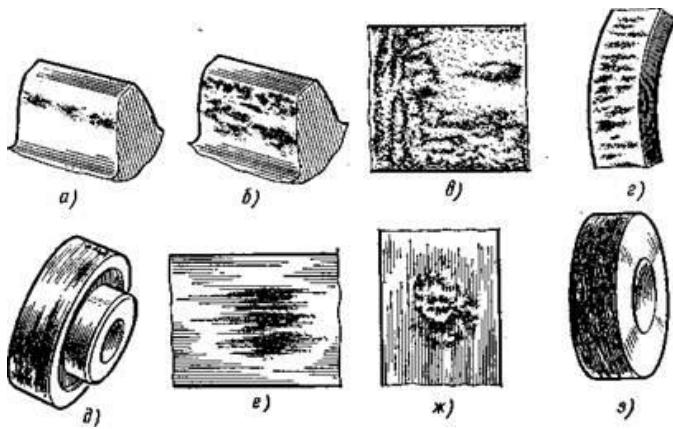
**а** — вследствие перекоса, **б** — при проворачивании внутреннего кольца на валу, **в** — из-за чрезмерного натяга, **г** — из-за неисправного сальника; **И** — места износа

**В шпоночных соединениях** изнашиваются как шпонки, так и шпоночные пазы.

Возможные причины этого явления — ослабление посадки детали на валу, неправильная подгонка шпонки по гнезду.

**В подшипниках качения** вследствие различных причин (рис. 2, а—г) износу подвержены рабочие поверхности — на них появляются оспинки, наблюдается шелушение поверхностей беговых дорожек и шариков. Под действием динамических нагрузок происходит их усталостное разрушение; под влиянием излишне плотных посадок подшипников на вал и в корпус шарики и ролики защемляются между кольцами, в результате чего возможны перекосы колец при монтаже и другие нежелательные последствия.

Различные поверхности скольжения также подвержены характерным видам износа (рис. 3). В процессе эксплуатации зубчатых передач вследствие контактной усталости материала рабочих поверхностей зубьев и под действием касательных напряжений возникает выкрашивание рабочих поверхностей, т. е. отделение частиц материала, приводящее к образованию ямок на поверхности трения (рис. 3, а). Разрушение рабочих поверхностей зубьев вследствие интенсивного выкрашивания (рис. 3, б) часто называют отслаиванием (происходит отделение от поверхности трения материала в форме чешуек).



**Рис.3. Характерные виды износа поверхностей скольжения:**

**а** — выкрашивание, **б** — отслаивание, **в** — коррозия, **г** — эрозия, **д** — царапины, **е** — задиры, **ж** — налипание, **з** — глубинный вырыв материала и перенос его с другой поверхности трения

На рис. 3, в показана поверхность, разрушенная коррозией. Поверхность

чугунного порошкового кольца (рис. 3, г) повреждена вследствие эрозионного изнашивания, которое происходит при движении поршня в цилиндре относительно жидкости; находящиеся в жидкости пузырьки газа лопаются вблизи поверхности поршня, что создает местное повышение давления или температуры и вызывает износ деталей. На поверхности тормозного барабана (рис. 3, д) показаны риски, которые появляются при воздействии на вращающийся барабан твердого тела или твердых частиц. Задиры

(*рис. 3, е*) образуются в результате схватывания поверхностей при трении вследствие действия между ними молекулярных сил. На *рис. 3, ж* показана рабочая поверхность детали с налипшими на нее посторонними частицами, а на *рис. 3, з* — поверхность детали с износом при заедании в результате схватывания — глубинного вырыва материала и переноса его с другой поверхности трения.

### Признаки износа

Об износе деталей машины или станка можно судить по характеру их работы. В машинах, имеющих коленчатые валы с шатунами (двигатели внутреннего сгорания и паровые, компрессоры, эксцентриковые прессы, насосы и др.), появление износа определяют по глухому стуку в местах сопряжений деталей (он тем сильнее, чем больше износ).

**Шум в зубчатых передачах** — признак износа профиля зубьев. Глухие и резкие толчки ощущаются каждый раз, когда меняется направление вращения или прямолинейного движения в случаях износа деталей шпоночных и шлицевых соединений.

**Износ в сборочных единицах станка** можно установить не только на слух, но и по виду поверхностей заготовок, обработанных, на этом станке. Если, например, при обработке заготовки на токарном станке на ее поверхности появляются через равные промежутки кольцевые выступы или впадины, то это означает, что в фартуке станка износились зубья реечного колеса и рейки; движение суппорта вместо плавного стало прерывистым. Этот дефект часто вызывается также износом направляющих станины и каретки суппорта, нарушающим соосность отверстий фартука и коробки подач, через которые проходит ходовой вал.

**Следы дробления на обтачиваемом валике**, установленном в коническом отверстии шпинделя, свидетельствует об увеличении зазора между шейками шпинделя и его подшипниками вследствие их износа. Если обрабатываемая на токарном станке заготовка получается конической, значит изношены подшипники шпинделя (главным образом передний) и направляющие станины, а если овальною — изношена шейка шпинделя, принявшая форму овала. Увеличение мертвого хода \* укрепленных на винтах рукояток сверх допустимого — свидетельство износа резьбы винтов и гаек.

Об износе деталей машин часто судят по появившимся на них *царапинам, бороздкам и забоинам, а также по изменению их формы*. Детали машин, работающие со значительными знакопеременными нагрузками, осматривают через увеличительное стекло (лупу), проверяя, нет ли у них мелких трещин, которые могут послужить в дальнейшем причиной поломки.

В некоторых случаях проверку осуществляют с помощью молотка: дребезжащий звук при обстукивании детали молотком свидетельствует о наличии в ней значительных трещин.

**О работе сборочных единиц с подшипниками качения** можно судить по характеру издаваемого ими шума. Лучше всего выполнять такую проверку специальным прибором — стетоскопом. При его отсутствии пользуются металлическим прутком, который прикладывают закругленным концом к уху, а заостренным — к тому месту, где находится подшипник: при нормальной работе слышен слабый шум — равномерное тонкое журчание; если работа подшипников нарушена, возникают сильные шумы.

**Под мертвым ходом** подразумевают некоторый свободный угол поворота рукоятки, прежде чем она заставит двигаться соединенную с ней деталь.

**Свист или резкий (звенящий) шум** указывает на отсутствие в подшипнике смазки либо на защемление шариков или роликов между беговыми дорожками внутреннего и наружного колец. Гремящий шум (частые звонкие стуки) означает, что на шариках, роликах или кольцах появились язвины либо в подшипник попала абразивная пыль или грязь. Глухие удары сигнализируют об ослаблении посадки подшипника на валу и в корпусе.

Работу подшипника можно проверять и по нагреву, определяемому на ощупь наружной стороной кисти руки, которая безболезненно выдерживает температуру до **60 °C**. Так, например, определяют повышенный нагрев подшипников, который может быть следствием защемления шариков или роликов между беговыми дорожками в результате отклонения от соосности опор или возникать из-за отсутствия смазки (особенно в тех случаях, когда вал вращается с большой частотой). Перегрев подшипника может появиться при больших частотах вращения вала также в случае избытка смазочного масла или его повышенной вязкости, создающей дополнительное сопротивление вращению вала. Значительный нагрев вызывает ускоренный износ подшипников.

**Тугое проворачивание вала** свидетельствует об отсутствии соосности между ним и подшипником или о чрезмерно тугой посадке подшипника на валу или в корпусе.

**Дребезжащий стук** в цилиндре компрессора сигнализирует о поломке или повышенном износе поршневых колец, а глухой — об износе поршня и цилиндра.

**Стук маховика** может быть следствием нарушения его посадки на валу.

**Недостаточное давление в пневмосистеме** является результатом утечки сжатого воздуха из соединений трубопроводов, пробуксовки приводных ремней, износа цилиндра, поршня и других деталей компрессора.

### **Особенности выбора материалов при ремонте**

Одним из критериев выбора материалов для изготовления новых деталей при ремонте является износостойкость, которая в основном определяется твердость. Если твердость материала сопрягаемых деталей выше твердости абразива, то износ мал.

**Износостойкость может достигаться и таким образом:** одну деталь (например, вал) выполняют из материала высокой твердости, а другую (подшипник скольжения) — из мягкого антифрикционного (бронзы, баббита, металлокерамики и др.), в зависимости от условий эксплуатации и требований, предъявляемых к деталям, выбирают материал для изготовления последних. Например, к твердости шеек шпинделей (легких и средних), работающих в подшипниках скольжения, предъявляют повышенные требования, поэтому их закаливают ТВЧ, достигая твердости НКС 54—60; шпинделы изготавливают из стали **40Х**. Такие же шпинделы, работающие в подшипниках качения, изготавливают из стали **45** и улучшают термообработкой *до НКС 23-27*.

Ходовые винты (средние и легкие) токарных станков должны обладать высокой износостойкостью и минимально деформироваться. Их изготавливают из стали **45**,

подвергая сначала предварительному, а затем вторичному отжигу после обдирки. Червяки, работающие на больших скоростях, изготавливают из стали **12ХН3А**, цементируют и закаливают с низким отпуском до НКС56; червяки, работающие на средних скоростях, выполняют из стали 45 и закаливают с отпуском *до HRC 23—30*. Пружины изготавливают из стальной (марки **65Г**) проволоки диаметром менее 6 мм, затем подвергают закалке и отпуску *до HRC 58—62*.

### Практическое занятие № 14

Выбор технологии, материалов и режима наплавки углеродистых сталей по карточкам  
**Цель работы:** Приобрести практические навыки при выборе технологии, материалов и режимов наплавки углеродистых сталей

**Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Изучить технологию сварки и наплавки в нижнем положении шва.
3. Изучить технологию сварки и наплавки вертикальных, горизонтальных и потолочных швов.
4. Рассчитать и выбрать параметры ручной электродуговой сварки (силу сварочного тока, диаметр, тип и марку электрода и др.) в зависимости от свариваемого материала и положения в пространстве.
5. Заполнить таблицу и дать подробное описание расчета режима (*варианты – по порядковому номеру в журнале*)

### Теоретические сведения

#### Сварка и наплавка в нижнем положении шва

#### Сварка стыковых швов.

*Односторонние стыковые швы без скоса кромок выполняют покрытыми электродами диаметром, равным толщине свариваемых листов, если она не превышает 4 мм. Сила тока подбирается в зависимости от диаметра электрода, вида и толщины покрытия (табл. I). Листы без скоса кромок **толщиной от 4 до 10 мм** сваривают двусторонним швом. Положение и поперечные движения электрода при сварке приведены на рис. 1.*

**Таблица. 1.**  
**Ориентировочные режимы сварки соединений встык без скоса кромок**

Толщина металла, мм	Шов	Зазор, мм	Диаметр электрода, мм	Среднее значение силы тока, А	
				нижнее положение шва	вертикальное и потолочное положение шва
3—4	Односторонний	1,0	3—4	180	160
5—6	Двусторонний	1,0—1,5	4—5	180—260	160—230
7—8	То же	1,5—2,0	5	260	230
10	»	2,0	6	330	290

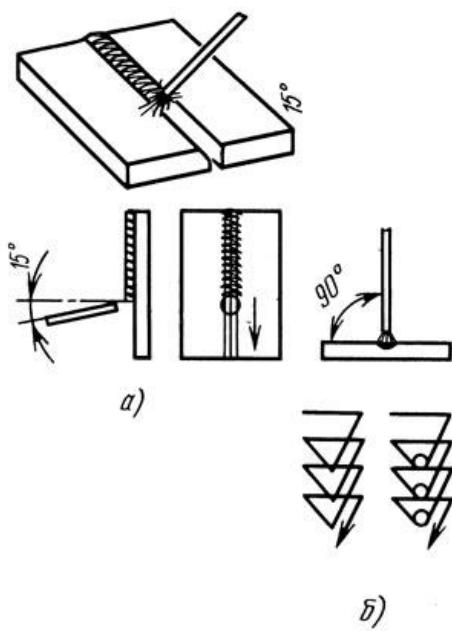
**Примечание.** Максимальные значения силы тока должны уточняться по данным паспорта электродов.

Стыковые соединения со скосом двух кромок (V-образные) в зависимости от толщины металла выполняют однослойными, многослойными или многопроходными швами. Оптимальный угол раскрытия шва определяется следующими соображениями. Большой угол разделки (**80 - 90°**) обеспечивает большие удобства сварщику, уменьшает опасность непровара корня, но увеличивает объем наплавленного металла, следовательно, уменьшает производительность и увеличивает деформации изделия. Для нормального процесса ручной дуговой сварки принят угол разделки **60°**. Он может быть **увеличен на 65° для тонких листов и уменьшен до 55° для листов толщиной более 15 мм.**

Зазор между стыкуемыми элементами и притупление кромок составляет **от 1,5 до 4,0 мм** в зависимости от толщины листов, режима сварки и характера свариваемой конструкции. Наиболее трудным при сварке является получение полного (надежного) провара корня шва. Здесь чаще всего бывают различные дефекты, например непровар, газовые и шлаковые включения. Поэтому, если это возможно, следует подваривать корень шва с обратной стороны.

Металл толщиной **от 4 до 8 мм** проваривается однослойным (однопроходным) швом. **Однослойные швы с V-образным скосом кромок** выполняют поперечными колебательными движениями электрода в виде треугольников без задержки в корне шва (листы **толщиной 4 мм**) и с задержкой в корне шва (**толщиной 8 мм, рис. 1.**)

**Рис. 1. Положение (а) и движения электрода (б) при сварке стыковых швов со скосом кромок**



Листы **толщиной 12 мм** и более соединяются встык с двумя симметричными скосами двух кромок (с X-образным скосом кромок) многослойным или многопроходным швом. **Многослойный шов** выполняется быстрее многопроходного. Выбор многослойного или многопроходного шва зависит от химического состава и толщины свариваемой стали.

**Многопроходной шов** выполняется тонкими и узкими валиками, без поперечных колебательных движений электрода. Сварку рекомендуется выполнять электродами, предназначенными для опищения. В этом случае применяют электроды **диаметром от 1,6 до 3 мм (редко 4 мм)**. Весь многопроходной шов может выполняться электродами одного и того же диаметра.

Каждый слой многослойного шва имеет увеличенное в несколько раз сечение по сравнению с сечением каждого валика при многопроходной сварке; поэтому многослойный шов обеспечивает повышенную производительность.

Иногда для обеспечения провара по всей толщине металла сварка ведется на медной подкладке **толщиной 4 - 6 мм**. В этом случае **сварочный ток** можно повысить **на 20 - 30%**, не опасаясь сквозного проплавления. Если конструкция и назначение сварного изделия допускают сквозное проплавление, сварка может вестись на остающейся стальной подкладке.

В особо ответственных конструкциях перед подваркой шва с обратной стороны его предварительно зачищают резаком для поверхностной резки или резцом для удаления возможных дефектов (непровара, трещин, газовых и шлаковых включений).

**Таблица 2.**  
**Ориентировочные режимы сварки V-образных стыковых многослойных швов**

Толщина металла, мм	Зазор, мм	Число слоев, кроме подварочного и декоративного	Диаметр электрода, мм		Среднее значение тока, А		
			первый слой	последующие слои	Положение шва		
					нижнее	вертикальное	горизонтальное
10	1,5—2,0	2	4	5	180—260	160—220	150—210
12	2,0—2,5	3	4	5	180—260	160—220	150—210
14	2,5—3,0	4	4	5	180—260	160—220	150—210
16	3,0—3,5	5	4	5	180—260	160—220	150—210
18	3,5—4,0	6	5	6	220—320	200—300	180—280

**Примечание.** Максимальные значения силы тока должны уточняться по данным паспорта электродов.

**Стыковые X-образные швы** применяют для стали **толщиной от 12 до 40 мм**. Подготовка кромок, угол скоса, величина зазора и притупления, техника выполнения швов при этом такие же, как и при сварке листов с V-образной разделкой. Чтобы достаточно прогревался и отжигался металл каждого нижележащего слоя, **толщина слоев** должна быть **не более 4 - 5 мм и не менее 2 мм**. Например, для выполнения X-образных швов при сварке листов **толщиной 12 мм** нужно положить **4 - 6 слоев**, а для **толщины 40 мм - 10 - 16 слоев** (отжигающий и декоративный слои не учитываются).

Стыковые швы листов большой **толщины (более 20 мм)** целесообразно сваривать **с криволинейным скосом двух кромок**. Такая подготовка позволяет применять электроды повышенного диаметра, обеспечивает надежный провар и равномерную усадку металла шва.

**Швы с двусторонним симметричным скосом двух кромок (X-образные) имеют следующие преимущества перед швами с односторонним скосом двух кромок (V-образные):**

1. Уменьшение объема наплавленного металла в **1,6 - 1,7** раза и, следовательно, увеличение производительности сварки.
2. Уменьшение деформаций от сварки.
3. Возможный непровар в корне шва расположен в нейтральном сечении и поэтому менее опасен.

Для уменьшения коробления сварного изделия рекомендуется выполнять швы попаременно с одной и с другой стороны листа. При сварке в нижнем положении для этого требуется частая кантовка изделия. Поэтому целесообразно устанавливать изделие вертикально и сваривать его одновременно с двух сторон. Работу в этом случае выполняют два сварщика.

## Сварка угловых швов

При выполнении угловых швов наклонным электродом (*рис. 2, а*) жидкий металл под действием силы тяжести стремится стекать на нижнюю плоскость. Поэтому выполнение этих швов лучше производить "в лодочку" (*рис. 2, б*), в частности электродами, которые позволяют вести сварку опирианием покрытия на свариваемые кромки изделия.

**Сварка "в лодочку" угловых швов** для листов **толщиной до 14 мм** возможна без скоса кромок (двусторонняя сварка) или с частичной разделкой кромок и увеличенным размером притупления. **Зазор** между свариваемыми элементами не должен превышать **10%** толщины листа.

Таблица. 3.

**Режимы сварки угловых швов 'в лодочку' с опирианием электрода**

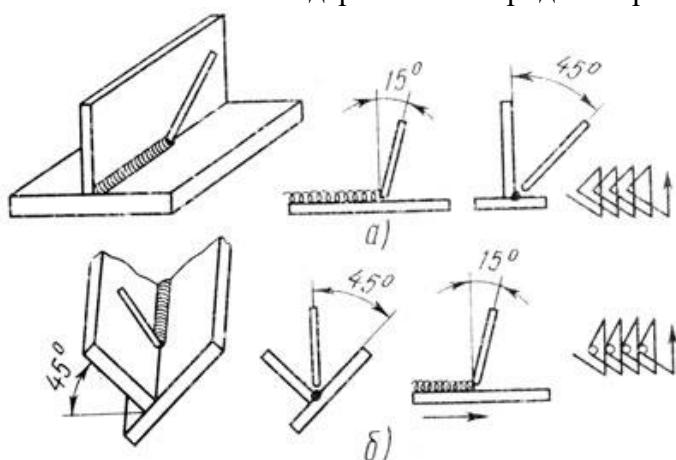
Толщина свариваемых листов, мм	Катет шва, мм	Диаметр, электрода, мм	Сила тока, А
4—6	5	5	250—300
6—8	6	6	300—350
10—14	8	8	480—560

**Примечание.** Максимальные значения силы тока должны уточняться по данным паспорта электродов.

Однако не всегда можно установить сварное изделие для сварки "в лодочку"; тогда угловые швы выполняют наклонным электродом. В этом случае возможен непровар корня шва и кромки нижнего листа. Тщательный прогрев кромок свариваемых частей достигается правильным движением электрода, который следует держать под углом  $45^\circ$  к поверхности листов и производить поперечные движения треугольником без задержек или с задержками в корне шва. В процессе сварки электрод следует наклонять то к одной, то к другой плоскости листов.

**Угловые швы в нижнем положении с катетами до 10 мм** выполняют сваркой в один слой электродами **диаметром до 5 мм**, иногда без поперечных движений.

**Угловые швы без скоса кромок с катетами более 10 мм** могут выполняться в один слой, но с поперечными движениями электрода треугольником, причем лучший провар корня шва обеспечивается задержкой электрода в корне шва (см. *рис. 52*).



**Рис. 2. Положение и движения электрода при сварке угловых швов: а - наклонным электродом, б - "в лодочку"**

Угловые швы с односторонним или двусторонним скосом кромок

применяют при изготовлении особо ответственных изделий.

### Сварка тавровых швов

Скос кромок у стенки тавра делают под углом  $50 \pm 5^\circ$ . При *толщине стенки до 4 мм* шов со скосом кромки *выполняют в один слой*; при *большей толщине* сварка ведется в *несколько слоев и проходов*. При выполнении многослойных тавровых швов наклонным электродом швы обычно получаются с неравными катетами на полке и стенке. Поэтому при проектировании сварных изделий допускаются угловые швы с неравными катетами.

Таблица 4.

#### Примерные режимы ручной дуговой сварки угловых швов со скосом кромок

Вид шва	Толщина металла, мм	Число слоев или проходов	Диаметр электрода, мм	Ток, А
	4	1	3—4	120—160
	6	1	4—5	160—220
	8	1—2	4—5	160—220
	12	3—4	4—6	160—300
	20	6—8	4—6	160—320

	10	2—4	4—6	160—320
	20	4—8	4—6	160—360
	40	8—16	4—6	160—360
	60	16—30	5—6	220—360
	80	30—40	5—6	220—360

#### Выполнение вертикальных, горизонтальных и потолочных швов

**Вертикальные швы** (стыковые и угловые) выполняют в направлении снизу вверх. Предварительно подготавливается сваркой металлическая горизонтальная площадка сечением, равным сечению наплавленного металла шва. Площадка создается поперечными движениями электрода треугольником (*рис. 3*). Провар в корне шва обеспечивается задержкой горения дуги в этом месте при движении электрода треугольником. Наибольший провар корня шва достигают, когда электрод перпендикулярен вертикальной оси. Стекание расплавленного металла предотвращают наклоном электрода вниз, как показано пунктиром на *рис. 3, a, б*.

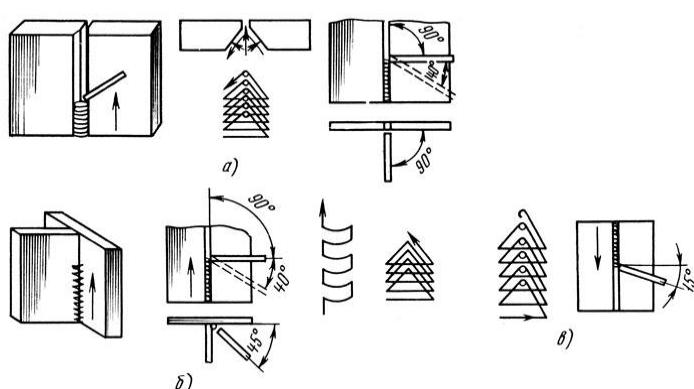


Рис. 3. Положение и движения электрода при сварке в вертикальном положении:

**а** - стыковые швы со скосом кромок, **б** - угловые швы,  
**в** - сварка в направлении сверху вниз

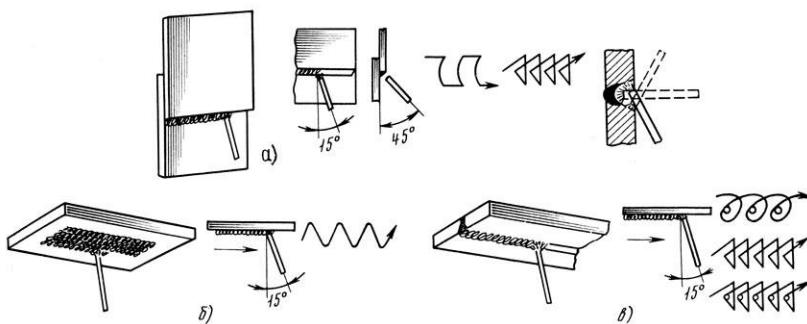
Сварка вертикальных швов электродами больших диаметров и при большой силе тока затруднительна из-за стекания металла и неудовлетворительного формирования шва. Поэтому применяют электроды **диаметром до 4 мм, редко 5 мм**, а сварочный ток понижают по сравнению со сваркой в нижнем положении.

Вертикальная сварка в направлении сверху вниз (*рис. 3, в*) возможна электродами, дающими слой шлака. Металл в сварочной ванне затвердевает быстрее и стекания его практически не происходит. Для вертикальной сварки сверху вниз применяют электроды с целлюлозным, пластмассовым покрытием органического вида (**ОЗС-9, АНО-9, ВСЦ-2, ВСЦ-3 и др.**). Производительность сварки сверху вниз выше производительности сварки снизу вверх. Вертикальные швы также удобно выполнять электродами с опирианием покрытия на свариваемые кромки.

**Горизонтальные и потолочные швы** выполнять сложнее, чем вертикальные (*рис. 4*). При выполнении горизонтальных швов на верхнем листе часто образуются подрезы, а при сварке в потолочном положении затруднен полный провар корня шва. В обоих случаях сварка должна производиться короткой дугой с достаточно быстрыми колебательными движениями. Металл **толщиной более 8 мм** сваривают многопроходными швами. *Первый валик* в корне **горизонтального шва** наносится электродом **диаметром 4 мм**, а *последующие* - **диаметром 5 мм**.

*Первый валик* в корне **потолочного шва** выполняется электродом **диаметром 3 мм**, а *последующие* - **диаметром не более 4 мм**.

*Валики горизонтального и потолочного швов* удобно выполнять электродами с *опирианием покрытия*. При выполнении потолочных швов газы, выделяющиеся при сварке покрытыми электродами, поднимаются вверх и могут оставаться в шве. Поэтому для сварки в потолочном положении следует пользоваться хорошо просушенными



электродами, дающими небольшой шлак.

**Рис. 4. Положение и движения электрода при сварке в горизонтальном и потолочном положениях:** а - горизонтальный угловой шов, б - наплавка в потолочном положении, в - потолочный стыковой

### Сварка тонколистовой стали

При сварке стали **толщиной 3 мм** и меньше необходимо вводить в изделие строго одинаковое количество тепла на единицу длины шва (погонная энергия сварки  $q_b$ ), с тем чтобы по всей длине шва была одинаковая глубина провара металла.

Швы накладываются электродом **диаметром 1 - 3 мм** без поперечных колебательных движений. Продольные движения электрода по оси шва должны производиться с одинаковой скоростью.

Для соединения тонких металлов заслуживает широкого внедрения микроплазменная сварка импульсной дугой в защитном инертном газе. Ею сваривают листы **толщиной 0,1 - 2 мм**. Для микроплазменной сварки институт им. Е. О. Патона разработал специальный источник сварочного тока типа **А-1347**.

Тонкую сталь можно сваривать также угольным электродом на постоянном токе с прямой полярностью по отбортовке кромок на режиме: **диаметр угольного электрода - 6 - 10 мм, сила тока - 120 - 160 А, скорость сварки - 50 - 70 м/ч.**

### **Вариант №1**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение горизонтальное Материал -Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**  
**Тип Марка электрода**  
**Угол наклона электрода**  
**Манипулятор**  
**Полярность**  
**Длина дуги**  
**Род тока**  
**(пост. переем.)**

### **Вариант №2**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение нижнее.**  
**Материал -Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**  
**Тип Марка электрода**  
**Угол наклона электрода**  
**Манипулятор**  
**Полярность**  
**Длина дуги**  
**Род тока (пост. Переем.)**

### **Вариант №3**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение горизонтальное. Материал -Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**  
**Тип Марка электрода**  
**Угол наклона электрода**

Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

**Вариант №4**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение нижнее.**  
**Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

**Вариант №5**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение вертикальное.**  
**Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

**Вариант №6**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение нижнее.**  
**Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

### **Вариант №7**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение**

**вертикальное.**

**Материал –Ст3пс.**

$S_{Me} = 5$  мм

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

### **Вариант №8**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение**

**потолочное.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

### **Вариант №9**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение**

**вертикальное.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №10**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение нижнее.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №11**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение**

**вертикальное.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №12**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в угол. Положение**

**потолочное.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №13**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение нижнее.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №14**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение потолочное.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока**

**(пост. переем.)**

**Вариант №15**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение вертикальное.**

**Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №16**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в нахлест. Положение потолочное. Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №17**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в угол. Положение нижнее. Материал –Ст3пс.**

**$S_{Me} = 8 \text{ мм}$**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №18**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение горизонтальное. Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока**

**Тип Марка электрода**

**Угол наклона электрода**

**Манипулятор**

**Полярность**

**Длина дуги**

**Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №19**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение горизонтальное. Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

**Вариант №20**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение вертикальное.**  
**Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

**Вариант №21**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение вертикальное.**  
**Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор

Полярность  
Длина дуги  
Род тока  
(пост. переем.)

**Вариант №22**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение горизонтальное. Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

**Вариант №23**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения встык. Положение горизонтальное. Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)

**Вариант №24**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в тавр. Положение потолочное.**  
**Материал –Ст3пс.**

Диаметр электрода

Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность

**Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №25**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединениястык. Положение нижнее.  
Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)**

**Вариант №26**

**Подобрать режим ручной дуговой сварки для соединения в угол. Положение  
горизонтальное. Материал –Ст3пс.**

**Диаметр электрода**

**Сила сварочного тока  
Тип Марка электрода  
Угол наклона электрода  
Манипулятор  
Полярность  
Длина дуги  
Род тока (пост. Переем.)**

**Практическое занятие № 15**

Расшифровка маркировок сталей, чугуна и цветных металлов по карточкам

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при расшифровке маркировок сталей, чугуна и цветных металлов

**Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Изучить расшифровку маркировки сталей, чугуна и цветных металлов.
3. Расшифровать марки конструкционных материалов (*Таблица. 1*).

## Теоретические сведения

### Маркировка сталей

Углеродистые конструкционные стали по качеству (в зависимости от содержания вредных примесей) подразделяют на две группы: стали обыкновенного качества и качественные стали.

- **Углеродистые конструкционные стали обыкновенного качества**

Маркировка углеродистых сталей обыкновенного качества начинается с букв «Ст», после которых стоит цифра от 0 до 6.

**Например: Ст2кп, БСт3кп, ВСт3пс, ВСт4.**

- Ст – индекс данной группы стали.
- Цифры **от 0 до 6** - это условный номер марки стали.

Условный номер не связан с химическим составом стали. С увеличением номера возрастает прочность и снижается пластичность стали.

**В зависимости от способа раскисления стали могут быть:**

- спокойными (сп),
- полуспокойными (пс)
- кипящими (кп).

Допускается в спокойных сталях буквы (сп) не писать.

Перед обозначением «Ст» могут стоять буква **А, Б и В**. Для сталей группы А при поставке гарантируется соответствие механических свойств ГОСТу, в обозначении индекс группы А не указывается. Для сталей группы Б гарантируется соответствие химическому составу, приведенному в ГОСТе, механические свойства в этом случае не регламентируются. Для сталей группы В при поставке гарантируются точное соответствие и механических свойств, и химического состава.

**Примеры маркировки:**

- **ВСт4** – сталь углеродистая обыкновенного качества, спокойная, с гарантированным соответствием ГОСТу химического состава и механических свойств;
- **Ст5кп** - сталь углеродистая обыкновенного качества, кипящая, с гарантированным соответствием ГОСТу механических свойств.
- **Качественные углеродистые конструкционные стали**  
В маркировке углеродистых сталей повышенного качества указывается слово «сталь» и двухзначное число, указывающее среднее содержание углерода в сотых долях процента. Кроме этого указывается степень раскисления, если сталь отличается от спокойной. Стали с содержанием углерода **до 0,25%** могут поставляться спокойными (сп), полуспокойными (пс) и кипящими (кп). Стали с содержанием углерода **больше 0,25%** поставляются только спокойными.  
Качественные стали поставляют только группы **В** – с гарантированными механическими свойствами и химическим составом, поэтому в обозначении не указывается.  
Буква **Г** в маркировке обозначает, что сталь имеет повышенное содержание марганца (**до 1,2%**).  
Буква **Л** в конце марки обозначает, что сталь предназначена для получения отливок.

### **Примеры маркировки:**

1. **Сталь 15кп** - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием 0,15% углерода, 99,85% железа, кипящая;
2. **Сталь 30Л** - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, 99,7% железа, спокойная, применяется для деталей получаемых методом литья;
3. **Сталь 30Г** - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,30%, спокойная, содержащая повышенное количество марганца;
4. **Сталь 45** - углеродистая конструкционная качественная сталь с содержанием углерода 0,45%, остальное – железо; спокойная.

### **Маркировка легированных конструкционных сталей**

Конструкционные легированные стали применяются для ответственных деталей машин и металлических конструкций.

Принята буквенно-цифровая система маркировки легированных сталей.

### **Основные легирующие элементы обозначают буквами:**

- Маркировка начинается с двухзначного числа, показывающего содержание углерода в сотых долях процента. Если в начале цифр нет, то содержание углерода **около 1%**.
- Далее перечисляются легирующие элементы.
- Число, следующее за условным обозначением элемента, показывает его содержание в процентах. Если число не стоит, то содержание этого легирующего элемента не превышает **1,0 %**.
- Буква «А» в конце маркировки указывает, что сталь относится к категории высококачественных (**30ХГСА**),
- Если буква «А» находится в середине маркировки - то сталь легирована азотом (**16Г2АФ**),
- Если в начале маркировки буква «А» указывает на то, что сталь автоматная с повышенной обрабатываемости резанием (**A35Г2**). Эти стали имеют повышенное содержание серы.
- Индекс «AC» в начале маркировки указывает, что автоматная сталь дополнительно содержит свинец.
- Особо качественные стали, подвергнутые электрошлаковому переплаву, обеспечивающему очистку от сульфидов, оксидов и других примесей, обозначают добавлением в конце маркировки через тире буквы «Ш».

### **Примеры маркировки:**

1. **45ХН2МФ** - конструкционная сталь, содержащая: 0,42-0,50%С; 0,5-0,8% Mn; 0,8-1,0 % Cr; 1,3-1,8 % Ni; 0,2-0,3 % Mo; и 0,10-0,18 % V, остальное - железо.
2. **Г13** - конструкционная сталь, содержащая: 1% С, 13% Мп, остальное - железо.
3. **15Х25Н19ВС2**- конструкционная сталь, содержащая: 0,15%С, 25%Cr, 19%Ni,
4. до 1,5%W, до 2 %Si, остальное - железо.
5. **20ХГНТР-Ш** высококачественная сталь после ЭШП, содержащая 0,2%С, по 1% хрома, марганца, никеля, титана, бора, остальное - железо.

### **Маркировка шарикоподшипниковых сталей**

- Стали, предназначенные для изготовления подшипников качения, обозначаются буквами «ШХ» и цифрой. Буквы означают:
  - «Ш» - шарикоподшипниковая,
  - «Х» – хромистая.
- Цифра после буквы «Х» указывает содержание хрома в десятых долях процента.
- **Содержание углерода** в подшипниковых сталях составляет **около 1%**. С увеличением содержания хрома и легирующих элементов увеличивается глубина прокаливаемости, то есть увеличивается возможность изготовления деталей большего размера с обеспечением заданных свойств.

#### Примеры маркировки:

**ШХ6** - шарикоподшипниковая сталь, содержащая 1% углерода и 0,6% хрома;

**ШХ15СГ** - шарикоподшипниковая сталь; содержащая 1% углерода, 1,5% хрома, кремния и марганца до 1%, остальное - железо.

### Маркировка порошковых сталей

Маркировка сталей, полученных методом порошковой металлургии, начинается с букв **СП** – сталь порошковая.

- Первая цифра после букв «СП», как и в случае конструкционных сортов, показывает среднее содержание углерода в сотых долях процента.
- Последующие буквы обозначают легирующие элементы, а цифры после них - их среднее содержание в процентах (отсутствие цифры означает, что содержание соответствующего элемента  $\leq 1\%$ ).
- В конце марки через тире указывается плотность материала в  $\text{г}/\text{см}^3$ .

#### Пример маркировки:

1. **СП40ХН3М-3** - сталь порошковая, содержащая: 0,35-0,45%С; 0,8-1,1%Cr; 2,5-3,5%Ni; 0,3-0,6%Mo, остальное - железо; плотность около 3  $\text{г}/\text{см}^3$ .

### Маркировка чугунов

Чугун маркируется буквами, показывающими основной характер или назначение чугуна, и цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления при растяжении  $s_{\text{в}} \text{ в МПа}/10$ . Для антифрикционного чугуна в начале маркировки указывается буква «А» (АСЧ, АВЧ, АКЧ).

#### Маркировка серых чугунов

Серый чугун маркируется буквами «СЧ» и цифрами, соответствующими минимальному значению временного сопротивления при растяжении  $s_{\text{в}} \text{ в МПа}/10$ . Наибольшее распространение получили чугуны марок: **СЧ12; СЧ15; СЧ18; СЧ21; СЧ24; СЧ28; СЧ32; СЧ38**.

Прочность серых чугунов всех марок при сжатии значительно превышает прочность при растяжении. Например, для чугуна марки **СЧ 24**, имеющего предел прочности *при растяжении 240 МПа*, предел прочности *при сжатии* составляет **850 МПа**.

#### Пример маркировки:

1. **СЧ10** - серый чугун с пластинчатым графитом, временное сопротивление при испытаниях на растяжение  $s_{\text{в}}=100 \text{ МПа}$ ;

### **Маркировка высокопрочных чугунов**

Высокопрочные чугуны маркируют *буквами «ВЧ» и цифрами*, которые характеризует временное сопротивление чугуна при растяжении *sв в МПа/10*.

#### **Пример маркировки:**

1. **ВЧ70** - высокопрочный чугун с шаровидным графитом с пределом прочности на растяжение  $s_{\text{в}}=700$  МПа;
2. **ВЧ35** - высокопрочный чугун, временное сопротивление растяжению  $s_{\text{в}}=350$  МПа;

### **Маркировка ковких чугунов**

Ковкие чугуны маркируют *буквами «КЧ» и цифрами*, обозначающими временные сопротивления при растяжении *sв в МПа/10* и относительное удлинение *d в %*.

#### **Пример маркировки:**

1. **КЧ33-8** - ковкий чугун с хлопьевидным графитом, временное сопротивление растяжению  $s_{\text{в}}=330$  МПа, относительное удлинение  $d=8\%$ .

### **Маркировка антифрикционных чугунов**

Для работы в узлах трения со смазкой применяют отливки из антифрикционного чугуна **АЧС-1, АЧС-6, АЧВ-2, АЧК-2** и др., что расшифровывается следующим образом:

- **АЧ** - антифрикционный чугун;
  - **С** - серый,
  - **В** - высокопрочный,
  - **К** - ковкий.
- **Цифры** обозначают порядковый номер сплава согласно *ГОСТу 1585-79*.

### **Маркировка легированных чугунов**

Легированные чугуны маркируют аналогично сталям буквами и цифрами. Маркировка начинается с **буквы Ч** – чугун. **Остальные буквы** указывают содержание легирующих элементов в процентах. При содержании легирующего элемента **менее 1,0% цифры** за соответствующей буквой не ставится. Условное обозначение химических элементов такое же, как и при обозначении сталей.

#### **Пример маркировки:**

1. **ЧН19Х3** — чугун, содержащий 19% Ni и 3% Cr, остальное – железо. Если в легированном чугуне регламентируется шаровидная форма графита, в конце марки **добавляется буква «Ш» (ЧН19Х3Ш)**.

### **Маркировка меди и ее сплавов**

**Технически чистая медь маркируется: М00 (99,99 % Cu), М0 (99,95 % Cu), М2, М3 и М4 (99 % Cu).**

### **Маркировка латуни**

**Латунями** называются двойные или многокомпонентные сплавы на основе меди, где основным легирующим элементом является цинк.

#### **Обозначают:**

- начальной буквой сплава **Л** - латунь,
- после чего следуют первые буквы основных элементов, образующих сплав и цифры, которые показывают содержание элементов в целых процентах.

*В латуниях не указывается содержание цинка (цинк-остальное).*

#### **Основные легирующие элементы в латуниях:**

#### **Латуни делятся на:**

- Деформируемые,
- Литейные.
- **В маркировке деформируемой** латуни сначала перечисляются все буквы, а потом все цифры через дефис. В маркировке деформируемой латуни не указывается содержание цинка (цинк-остальное).
- **В маркировке литейной** латуни после буквенного обозначения легирующего элемента ставится цифра, указывающая его усредненное содержание в сплаве. Остальное – медь.

#### **Примеры маркировки:**

1. **Л62** - латунь деформируемая, содержащая меди 62%, остальное - цинк;
2. **ЛЖМц59-1-1** - деформируемая латунь, содержащая 59% Cu, 1% Fe, 1% Mn, остальное – цинк.
3. **ЛАЖ60-1-1** деформируемая латунь содержит 60 % Cu, 1 % Al, 1 % Fe и 38 % Zn.
4. **ЛЦ23А6Ж3Мц2** литейная латунь содержит 23 % Zn, 6 % Al, 3 % Fe, 2 % Mn, остальное – медь.

#### **Маркировка бронзы**

**Бронзы** - сплавы меди с другими элементами (алюминием, свинцом, бериллием, кремнием и т.д.).

Элементы обозначаются такими же буквами, как в латуниях. Бронзы маркируют **буквами Бр**, **цифры** за буквами указывают содержание легирующих элементов. *В бронзах не указывается содержание меди (меди - осталное).*

#### **Бронзы подразделяются на:**

- Деформируемые,
- Литейные.
- **При маркировке деформируемых бронз** на первом месте ставятся буквы **Бр**, затем перечисляются буквы, указывающие, какие элементы, кроме меди, входят в состав сплава. После букв идут цифры через дефис, показывающие содержание этих элементов в сплаве.

- **Маркировка литейных бронз** также начинается с букв **Бр**, но цифры, указывающие содержание легирующих элементов в сплаве, ставятся непосредственно после соответствующей буквы.

**Примеры маркировки:**

1. **БрОФ10-1** – оловянная деформируемая бронза содержит 10 % олова, 1 % фосфора, остальное – медь.
2. **БрКМц3-1** – кремнистая деформируемая бронза, содержащая 3% кремния и 1% марганца, остальное – медь.
3. **БрО4Ц4С17** - литейная оловянная бронза содержит 4 % олова, 4 % цинка, 17 % свинца, остальное – медь.
4. **БрС30** - свинцовая литейная бронза содержит 30% свинца, остальное - медь.
5. **Некоторые бронзы имеют специальные названия:**
  1. **БрН20** - мельхиор (20% Ni , 80% Cu),
  2. **БрН40** - константан (40% Ni , 60% Cu).

**Маркировка сплавов алюминия**

Алюминий высокой чистоты маркируется **A99 (99,99 % Al), A8, A7, A6, A5, A0** (содержание алюминия *от 99,85 % до 99,0 %*).

**Сплавы на основе алюминия бывают:**

- Деформируемыми,
- Литейными.

Основной легирующий элемент литейных сплавов - кремний (*Si*) и называются они **силуминами**.

**Деформируемые сплавы бывают:**

- Ковками - обозначаются (**АК**) ,
  - Обработанные прокаткой или волочением дуралюмины (**Д**).
- В маркировке сплава после букв следует условный номер сплава.*

**Примеры маркировки:**

1. **АЛ-2** - литейный алюминиевый сплав силумин;
2. **Д16** - деформируемый алюминиевый сплав дуралюмин;
3. **АК5** - деформируемый алюминиевый сплав для ковки (алюминий ковочный).

**Сплавы алюминия с повышенным содержанием марганца или магния** обозначают, соответственно, **АМц, АМг**; после обозначения элемента указывается содержание легирующего элемента (**АМг3** – алюминий с содержанием марганца 3%).

**Маркировка порошковых конструкционных материалов на основе цветных металлов**

**Марки порошковых конструкционных материалов на основе цветных металлов обозначают:**

- **Первый буквенный индекс обозначает тип материалов:**
- **Второй индекс «П» указывает, что материал получен методом порошковой металлургии.**
- **Следующие после него буквы и цифры обозначают легирующие элементы в целых процентах.**
- **Цифра в конце марки после тире, как и для черных металлов, обозначает группу пористости материала г/см<sup>3</sup>.**

**Примеры маркировки:**

1. **АлПМг6Г4-4** - конструкционный материал из порошка алюминия с содержанием магния 6%, марганца 4%, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4 г/см<sup>3</sup>);
2. **БрПО-4** - конструкционный материал из порошка бронзы, содержащий олова 4%, меди 96%, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4 г/см<sup>3</sup>);
3. **ЛП80-4** - конструкционный материал из порошка латуни, содержащий меди 80%, цинка 20%, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4 г/см<sup>3</sup>);
4. **ТПАл6М2-4** - конструкционный материал из порошка титана, содержащий алюминия 6%, молибдена 2%, остальное - титан, имеющий четвертую группу пористости (плотность 4 г/см<sup>3</sup>);
5. **ЖГр0,4Д4Н3-7,3** - конструкционный порошковый материал на основе порошка железа (Ж), содержащий 0,4% графита, 4% меди, 3% никеля и имеющий плотность 7,3 г/см<sup>3</sup>

**Таблица. 1.**

**Условное обозначение сварочных материалов**

1. Сталь 08kp, 12XH, 15X2MA, 35XГL, ШХ4-Ш, X18H10T, 40Г2, 38X2MЮA, 55C2, ШХ15, 08X16H13M2, Л70, ЛАЖ60-1-1, ЛЖС58-1-1, ЛС74-3, ЛЦ40Mц3A, ЛЦ35НЖА, МНЦ16-29-1,8, БрОЦ4-4, БрО19, БрО10Ц2, БРАЖМц10-3-1,5, СЧ30, СЧ38, ВЧ70, КЧ65-3, ЧХ32, ЧНХТ, ЧС5, КЧ45-6 БрО3Ц12C5.
2. Сталь 20, 18ХГ-Ш, А12, 16Х18Н12С4Л, 09Г2, 17ГС18Х2Н4МА, 30Х, 9Х16, ШХ15, 12Х18Н9, 40Х10С2М, 50ХН, 35ГЛ, 20Х13Л, Л75, ЛА85-0,5, ЛЦ30А3, ЛЦ35Н2Ж, ЛЦ36Мц20О2С2, ЛЦ16К4, ЛЦ40Мц3Ж, БрО3Ц7С5Н, БрОФ6,5-0,4, СЧ24, ВЧ100, АЧС-4, ЧС17, ЧН15Д7Х2, КЧ60-3, ЧХ3. БрО4Ц4С17.
3. Сталь 60, 20ХГНТР-Ш, 20Г1ФЛ, ШХ20СГ, А20, 08Х19Н10Т, 03Н18К9М5Т38ХА, 20ХН, 34ХНМ, 70С2ХА, 10ХН13М3Т, 9Х, 35Л, 20ГСЛ, 20ХМФЛ, Л60, ЛОМн72-2-2, ЛЦ40АЖ, ЛС59-1. БрОФ7-0.2. БрО8Н4Ц2. БрО5Ц5С2, МНЦ15-20, СЧ18; СЧ12; ВЧ50, АСЧ-4, КЧ30-6. ЧЮ22-Ш, ЧХ2.
4. Сталь 45, 12Х2Н4А, 15Л, А40Г, ШХ15, 30Х3МФ, 09Х16Н4Б, 18Г2АФ, 30Х3МФ, 38ХН3МА, 110Г13Л, 08Х15Н4ДМЛ, 20Л, 4Х5МФС, Л96, ЛН65-5, ЛА77-2, ЛО60-1, ЛЦ14К3С3, БрО3Ц12C5, БРАЖ9-4, МН19, МНЖМц30-1-1, СЧ20, СЧ32; ВЧ45, АСЧ-3, ЧС5-Ш, КЧ37-12, КЧ50-4.
- 5.

Сталь 15, 06Х16Н15М3Б-Ш, 15Х, 12ХН3А, 30ХН2МА, 08Х14НДЛ, 20Х25Н20С2, ШХ4-Ш, 20ГСЛ, 65С2ВА, 3Х3М3Ф, 30ХМА, ШХ20СГ, ШХ15, 15Л, ЛЖМц59-1-1, ЛО90-1, ЛО63-3, ЛЦ23А6Ж3Мц2, БрА7, БрО8С12, СЧ28, СЧ10, ВЧ40, ЧХ12, ВЧ30, КЧ30-6, ЧХ3, ЧН15Д7Х2, ЧС5.

6.

Ст6пс, 12Х3НА, 30ХН24ФА, 30ХН2МФА, 15ХФ, 20Х2Н4А, ШХ15СГ, 45Х, 25Г, 15ХРА, МНЦ12-24, БрНХК2,5-0,7-0,6, МНЖКТ5-1-0,2-0,2, БрХ, МН25, КЧ33-8, ЧХ12М, ЧХ18НМ, КЧ55-4, АЧВ-1, АЧК-2, СЧ18, ВЧ100, ЧН2Х, 20Х20Н14С2, Л96, БрО5Ц5С2, ЛАЖ60-1-1, ШХ4-Ш, ЛО60-1.

## Практическое занятие № 16

Трудности при сварке чугуна и цветных металлов

**Цель работы:** Приобрести знания и умения при изучении трудностей при сварке чугуна и цветных металлов

**Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Произвести конспектирование материала «Трудности при сварке чугуна и цветных металлов»
3. Ответить на контрольные вопросы

## Теоретические сведения

### Трудности при сварке цветных металлов

1. Высокая химическая активность при взаимодействии с газами воздуха. Это приводит к окислению металлов, насыщению их азотом и водородом. В результате наблюдается резкое ухудшение свойств сварных соединений, появление пор и трещин. Это предопределяет необходимость применять более качественные виды защиты (инертными газами, специальными флюсами и покрытиями) по сравнению со сваркой черных металлов, проводить более качественную подготовку под сварку.
2. Высокая чувствительность к сварочному нагреву, которая проявляется в образовании крупнокристаллической структуры металла шва, росте зерна в зоне термического влияния, а для термически упрочняемых сплавов – в неблагоприятных структурных изменениях с образованием охрупчивающих выделений и последующем старении металла. Возможно выпадение эвтектических составляющих, вызывающих местные оплавления границ зерен, что приводит к существенному изменению свойств по сравнению с исходным материалом. Поэтому для цветных металлов необходимо более тщательно выбирать условия сварки и соблюдать стабильность рекомендуемых режимов.
3. Для некоторых цветных металлов и их сплавов характерна высокая склонность к горячим трещинам в связи с большой линейной усадкой кристаллизующегося металла, образованием грубокристаллической структуры и наличием примесей (алюминиевые, магниевые, никелевые сплавы).
4. При взаимодействии металлов с водородом могут образовываться хрупкие гидриды (титан и его сплавы), выделяющиеся в металл, с увеличением объема, что приводит к развитию внутренних напряжений и способствует образованию холодных трещин. Последние могут развиваться даже при вылеживании конструкций после сварки. Одним из характерных дефектов является также пористость, связанная преимущественно с насыщением сварного

соединения газами, в первую очередь водородом. Вследствие различной растворимости газов в твердом и жидким состояниях, перемещения их из основного металла в зону сварки, протекания химических реакций с выделением газообразных продуктов создаются благоприятные условия для зарождения и развития пористости. Отмеченные особенности требуют высокой культуры производства при сварке цветных металлов и сплавов.

**Трудности при сварке чугунов объясняются следующими их свойствами:**

1. **Отсутствие площадки текучести чугуна и низкая пластичность** приводят к появлению трещин при напряжениях, достигающих временного сопротивления. Эти напряжения могут быть внутренними, возникающими при неравномерном нагреве и охлаждении во время отливки или сварки деталей, и внешними - от перегрузок при эксплуатации изделия. Трещины могут возникать как в целом металле, так и в металле шва в процессе сварки и при охлаждении сварного изделия.
2. **Склонность чугуна при высоких скоростях охлаждения закаливаться** с образованием закалочных структур (мартенсита, бейнита, троосхита). В закаленных участках чугун становится твердым (800 НВ) и не поддается механической обработке. Закалочные структуры вредны еще и потому, что их образование сопровождается появлением закалочных напряжений и образованием трещин. Удельная плотность закалочной микроструктуры в виде мартенсита значительно ниже удельной плотности железа (см. гл. VI), разница в удельных плотностях приводит, к напряжениям и межзеренным трещинам.
3. **Способность чугуна к отбелению** при быстром охлаждении места сварки обычно приводит к образованию тонкой отбеленной прослойки на границе сварного шва и металла изделия. Эта отбеленная прослойка имеет низкую пластичность по сравнению с другими участками сварного соединения, и под влиянием растягивающей силы, образующейся при охлаждении сварного соединения, она вместе с наплавленным металлом откалывается от основного металла или вызывает трещину по границе отбеленной прослойки с основным металлом.
4. **Чугуны быстро переходят от жидкого состояния к твердому.** Это свойство чугуна затрудняет сварку его в наклонном и вертикальном положениях и не позволяет вести сварку в потолочном положении.
5. **Склонность к образованию пористости**, что объясняется низкой температурой плавления (**Тпл чугуна 1142°С** при содержании углерода **4,3%**; **промышленные чугуны** обычно имеют **Тпл=1200-1250°С**) и быстрым переходом из жидкого в твердое состояние. Поэтому газы (в основном СО и СО<sub>2</sub>, образующиеся при окислительной атмосфере) не успевают выделиться из металла.
6. **Разнородность чугунных изделий по химическому составу**, термической обработке и структуре, что требует разнообразной технологии и приемов сварки. Мелкозернистые серые чугуны свариваются лучше, чем крупнозернистые. Плохо свариваются так называемые черные чугуны, которые в изломе имеют крупнозернистое строение темного цвета. Такие чугуны называют графитными, так как в них весь углерод находится в виде свободного графита. При сварке чугуна с такой структурой не получается необходимое качество сварного соединения.

7. **Чугунные детали, работающие длительное время при высоких  $T^\circ C$**  почти не поддаются сварке. Это происходит в результате того, что под действием высоких  $T^\circ C$  углерод и кремний окисляются и чугун становится очень хрупким.
8. **Чугунные детали, работающие длительное время в соприкосновении с маслом и керосином** плохо поддаются сварке. Это происходит в результате того, что поверхность чугуна как бы "пропитывается" маслом и керосином, которые сгорая при сварке, образуют газы, способствующие появлению сплошной пористости в сварном шве.

### **Контрольные вопросы:**

1. Каковы основные трудности и технология сварки чугуна? Почему чугуны свариваются хуже сталей?
2. Когда применяют горячую и холодную сварку чугунов?
3. Назовите примерные составы флюсов, которыми пользуются при сварке чугунов.
4. Назовите марки электродов для холодной сварки чугунов.
5. Какие флюсы применяют для пайки чугунов?

### **Практическое занятие № 17**

Определение свариваемости стали и подбор материалов для ручной дуговой сварки  
плавящимся электродом

**Цель работы:** научиться определять свариваемость стали по формуле.

**Ход выполнения работы:**

#### **1. Изучить теоретические сведения.**

Свариваемость стали определяется химическим составом стали. Химический состав и механические свойства каждой марки стали определяются ГОСТом. При изготовлении машин и аппаратов для химических производств сварке подвергаются детали, изготовленные, в основном, из конструкционных низкоуглеродистых, средне- и низколегированных прокатных и литых сталей.

Основное влияние на свариваемость стали оказывает углерод. По его содержанию в стали определяется, к какой группе по свариваемости относится данная сталь.

Для оценки склонности металла к появлению холодных трещин чаще всего используется углеродный эквивалент, которым можно пользоваться как показателем, характеризующим свариваемость, при предварительной оценке последней. Наиболее распространенным и приемлемым для легированных сталей является следующее уравнение:

$$C_{\text{Э}} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Mo/4 + V/14 + Cu/13 + P/2 \quad (1)$$

где C, Mn, Si, Ni, Cr, Mo, V, Cu, P — процентное содержание соответственно углерода, марганца, кремния, никеля, хрома, молибдена, ванадия, меди, фосфора.

Содержание легирующих элементов, кроме С и Р уменьшить в 100 раз.

Таблица 1. Классификация сталей по свариваемости

Эквивалент

$C_{\text{Э}}, \%$

Технологические меры

подогрев

термообработка

перед

сваркой

во время сварки

перед

сваркой

после сварки

**1**  
(сваривается любыми способами без применения особых приемов)

Хорошая  
 $< 0,25$

-  
-  
-

Желательна

**2**

(требует строгого соблюдения режимов сварки, специальных присадочных материалов, тщательной подготовки кромок)

Удовлетворит  
 $0,25 - 0,35$   
Необходим

-

Желательна  
Необходима

**3**

(склонность к трещинам в шве и околошовной зоне, требуется подогрев до  $250^{\circ}\text{C}-400^{\circ}\text{C}$ )

Ограничennaя  
 $0,35 - 0,45$   
Необходим  
Желателен  
Необходима  
Необходима

**4**

(склонность к трещинам, низкая прочность шва, требуется предварительный и сопутствующий подогрев, термообработка перед сваркой и после сварки)

Плохая  
 $> 0,45$   
Необходим  
Необходим  
Необходима  
Необходима

## **2. Порядок выполнения работы.**

1. Выбрать марку стали и исходные данные согласно указанного преподавателем варианта (см. приложение: Таблица 4).
2. Выписать из таблицы 3 (см. приложение) химический состав заданной стали в виде таблицы

Таблица. Химический состав стали

Определить свариваемость стали, используя формулу 1 и таблицу 1.

Оценить склонности металла к появлению холодных трещин, используя таблицу 1.

Сделать вывод о проделанной работе.

Ответить на вопросы тест-задания.

## **3. Содержание отчета.**

1. Таблица химического состава заданной стали.
2. Расчеты для определения свариваемости стали.
3. Рекомендации по термообработке до сварки, во время и после сварки
4. Краткие выводы.
5. Ответы на тест-задание.

Таблица 3. Химический состав сталей

**Марка стали**  
**Содержание элементов, %**

**C**

**Si**

**Mn**

**Cr**

**Ni**

**Cu**

**Другие элементы**

Ст3пс

0,14-0,22

0,05-0,17

0,40-0,85

<0.3

<0.3

<0.3

S-0,05

P-0,04

20

0,17-0,24

0,17-0,37

0,35-0,65

<0,25

<0,25

<0,25

S-0,040

P-0,040

45

0,42-0,50

0,17-0,37

0,50-0,80

0,25

0,30

S-0,040

P-0,035

09Г2

<0.12

0,17-0,38

1,40-1,80

<0.3

<0.3

<0.3

S-0,040

P-0,035

09Г2С

<0,12

0,50-0,80

1,30-1,70

<0.3

<0.3

<0.3

S-0,040  
P-0,035  
14Г2  
0,12-0,18  
0,17-0,37  
1,20-1,60  
<0.3  
<0.3  
<0.3  
S-0,040  
P-0,035  
12ГС  
0,09-0,15  
0,5-0,8  
0,8-1,2  
<0.3  
<0.3  
<0.3  
S-0,040  
P-0,035  
16ГС  
0,12-0,18  
0,4-0,7  
0,9-1,2  
<0.3  
<0.3  
<0.3  
S-0,040  
P-0,035  
17ГС  
0,14-0,20  
0,40-0,60  
1,0-1,40  
<0.3  
<0.3  
<0.3  
S-0,040  
P-0,035  
10Г2С1  
<0,12  
0,9-1,2  
1,30-1,65  
<0.3  
<0.3  
<0.3  
S-0,040  
P-0,035  
10ХCHД  
<0,12  
0,80-1,10  
0,50-0,80  
0,6-0,9

0,5-0,8  
0,4-0,6  
S-0,040  
P-0,035  
14Г2АФ  
0.12-0.18  
0.3-0.5  
1,2-1,6  
<0.4  
<0.3  
<0.3  
V-0.07- 0.12  
S-0,040  
P-0,035  
30Х  
0.24-0.32  
0.17-0.37  
0.5-0.8  
0.8-1.1  
<0.3  
<0.3  
S-0,035  
P-0,035  
40Х  
0,36-0,44  
0,17-0,37  
0,50-0,80  
0,80-1,10

S-0,035  
P-0,035  
40ХН  
0,36-0,44  
0,17-0,37  
0,50-0,80  
0,45-0,75  
1,00-1,40

S-0,035  
P-0,035  
14ХГС  
0,11-0,16  
0,4-0,7  
0,9-1,3  
0,5-0,8  
<0.3  
<0.3  
S-0,040  
P-0,035  
20ХГС  
0.17-0.23

0.9-1.2	
0.8-1.1	
0.8-1.1	
<0.3	
<0.3	
S-0,025	
P-0.025	
12XH2	
0.09-0.16	
0.17-0.37	
0.3-0.6	
0.6-0.9	
1.5-1.9	
	S-0,035
	P-0.035
	15XCHД
	0.12-0.18
	0.4-0.7
	0.4-0.7
	0.6-0.9
	0.3-0.6
	0.2-0.4
	S-0,040
	P-0,035
	15XMA
	0,11-0,18
	0,17-0,37
	0,40-0,70
	0,80-1,10
	<0.3
	<0.3
	Mo-0,40-0,55
	S-0,035
	P-0.035
	30XM
	0,26-0,34
	0,17-0,37
	0,40-0,70
	0,80-1,10
	0,30
	<0.3
	Mo-0,15-
	0,25
	P-0,035
	12X18H9T
	0.12
	<0.8
	2
	17-19
	8-9,5
	<0.3

S-0,02  
 P-0,038  
 20XH3A  
 0.17-0.24  
 0.17-0.37  
 0.3-0.6  
 0.6-0.9  
 2.75-3.15  
 <0.3  
 S-0,025  
 P-0.025

#### 4. Исходные данные

Таблица 4. Исходные данные

<b>1</b>	15XMA
	1,5,8,10,20
<b>2</b>	30XM
	2,6,11,15,19
<b>3</b>	12X18H9T
	3,7,12,16,18
<b>4</b>	20XH3A
	4,9,13,17,20
<b>5</b>	09Г2
	5,7,13,17,19
<b>6</b>	09Г2С
	1,6,12,17,20
<b>7</b>	14Г2
	2,7,13,15,18
<b>8</b>	12ГС
	3,9,12,14,17
<b>9</b>	16ГС
	4,6,11,16,19
<b>10</b>	17ГС
	1,3,7,10,15
<b>11</b>	10Г2С1
	2,5,13,16,18
<b>12</b>	Ст3пс
	3,6,14,17,20
<b>13</b>	20
	4,7,12,15,19

<b>14</b>	
45	
1,5,7,10,17	
<b>15</b>	
09Г2	
2,4,11,13,16	
<b>16</b>	
09Г2С	
3,5,9,12,15	
<b>17</b>	
14Г2	
4,8,14,17,20	
<b>18</b>	
12ГС	
5,7,10,15,17	
<b>19</b>	
16ГС	
6,8,11,13,19	
<b>20</b>	
17ГС	
1,3,9,12,18	
<b>21</b>	
10Г2С1	
2,4,10,11,16	
<b>22</b>	
10ХСНД	
3,7,13,14,20	
<b>23</b>	
14Г2АФ	
4,8,12,15,19	
<b>24</b>	
30Х	
1,4,9,11,17	
<b>25</b>	
40Х	
4,9,13,17,20	
<b>26</b>	
40ХН	
5,7,13,17,19	
<b>27</b>	
14ХГС	
1,6,12,17,20	
<b>28</b>	
20ХГС	
2,7,13,15,18	
<b>29</b>	
12ХН2	
3,9,12,14,17	
<b>30</b>	
15ХСНД	
4,6,11,16,19	

**Контрольные вопросы:**

**1. Укажите наиболее правильное определение понятия свариваемости?**

- A). Технологическое свойство металлов или их сочетаний образовывать в процессе сварки соединения, обеспечивающие прочность и пластичность на уровне основных материалов.
- B). Металлургическое свойство металлов, обеспечивающее возможность получения сварного соединения с общими границами зерен околосшовной зоны и литого шва.
- C). Технологическое свойство металлов или их сочетаний образовывать в процессе сварки соединения, отвечающие конструктивным и эксплуатационным требованиям к ним.

**2. Что входит в понятие металлургической свариваемости металлов?**

- A). Влияние на свариваемость химического состава металла и отсутствие дефектов в результате химического взаимодействия элементов в сварочной ванне и кристаллизующемся металле шва.
- B). Влияние на свариваемость способа сварки и возможность появления дефектов в результате воздействия термического цикла на сварочную ванну и кристаллизующейся металл шва.
- C). Влияние на свариваемость объема сварочной ванны и кристаллизующегося металла шва.

**3. Что из перечисленного ниже наиболее сильно влияют на свариваемость металла?**

- A). Химический состав металла.
- B). Механические свойства металла.
- C). Электропроводность металла.

**4. Какие углеродистые стали относятся к удовлетворительно свариваемым?**

- A). С содержанием углерода до 0,25 %.
- B). С содержанием углерода от 0,25 % до 0,35 %.
- C). С содержанием хрома и марганца от 0,4% до 1,0%.

**5. Какие стали относятся к группе удовлетворительно сваривающихся?**

- A). С содержанием углерода 0,25-0,35 %.
- B). С содержанием серы и фосфора до 0,05 %.
- C). С содержанием кремния и марганца до 0,5 %.

**6. Какие из перечисленных ниже сталей более склонны к образованию горячих трещин?**

- A). Стали с содержанием углерода от 0,25 % до 0,35 %.
- B). С содержанием серы более 0,09 %.
- C). С содержанием марганца и никеля от 0,8 до 1,5 %.

**7. При сварке каких, перечисленных ниже, сталей более вероятно появление холодных трещин?**

- A). С содержанием углерода до 0,25 %.
- B). С содержанием углерода более 0,4 %.
- C). С содержанием углерода от 0,25 % до 0,35 %.

**8. Какие углеродистые и низколегированные стали необходимо подогревать при сварке?**

- A). С эквивалентным содержанием углерода более 0,5 %.
- B). С содержанием серы и фосфора более 0,05 % каждого.
- C). С содержанием кремния и марганца до 0,5…1,5 % каждого.

**9. Какие стали относятся к углеродистым сталям?**

- A). Сталь Ст3сп5, Сталь 10, Сталь 15, Сталь 20Л, Сталь 20К, Сталь 22К.
- B). 45Х25Н20.
- C). 15ГС, 20ГСЛ, 09Г2С

**10. Какие стали относятся к группе кремнемаргацистых сталей?**

- A). 5Х2НМФА, 16ГНМА, 20ХМА.

В). 10ХСНД, 10ХН1М, 12МХ.

С). 15ГС, 20ГСЛ, 09Г2С.

**11. Что обозначает буква и следующая за ней цифра в маркировке сталей и сплавов?**

А). Клейма завода-изготовителя.

Б). Обозначения номера плавки и партии металла.

С). Условное обозначение легирующего элемента в стали и его содержание в процентах.

**12. Какой буквой русского алфавита обозначают алюминий и медь в маркировке стали?**

А). Алюминий - А, медь - М.

Б). Алюминий - В, медь - К.

С). Алюминий - Ю, медь - Д.

**13. Какой буквой русского алфавита обозначают вольфрам и ванадий в маркировке стали?**

А). Вольфрам - Г, ванадий - В.

Б). Вольфрам - В, ванадий - Ф.

С). Вольфрам - К, ванадий - Б.

**14. Какой буквой русского алфавита обозначают кремний и кобальт в маркировке стали?**

А). Кремний - К, кобальт - Т.

Б). Кремний - Т, кобальт - М.

С). Кремний - С, кобальт - К.

**15. Какой буквой русского алфавита обозначают титан и хром в маркировке стали?**

А). Титан-Т, хром-Х.

Б). Титан-В, хром-Ф.

С). Титан-Т, хром-Г.

**16. Какой буквой русского алфавита обозначают углерод и цирконий в маркировке стали?**

А). Наличие углерода буквой не обозначают, цирконий-Ц.

Б). Углерод - У, цирконий - не обозначают.

С). Углерод - С, цирконий - К.

**17. Стали, содержащие углерода 0,1-0,7% называют**

А). Низколегированными.

Б). Среднелегированными.

С). Высоколегированными

Д). Углеродистыми

**18. Укажите марку низколегированной низкоуглеродистой стали, содержащей С< 0,14%**

А). 20ХГСА.

Б). 30ХН2МФА.

С). 10Г2СІ.

Д). 15ХСНД.

**19. Какие примеси в железоуглеродистых сталях относятся к вредным?**

А). Кремний;

Б). Марганец;

С). Сера;

Д). Фосфор;

**20. Каково максимальное (теоретически) содержание углерода в сталях (в %)?**

А). 6,67%;

Б). 0,8%;

- C). 2,14%;
- D). 1,2%.

## **Практическое занятие № 18**

Технология сварки разнородных и двухслойных сталей

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении технологии сварки разнородных и двухслойных сталей

### **Ход выполнения работы:**

- 5. Ознакомление с теоретическими сведениями
- 6. Самостоятельно изучить тему: «Технология сварки разнородных и двухслойных сталей»
- 7. Начертить таблицу №1 «Классификация сталей, применяемых в сварных соединениях разнородных сталей»
- 8. Зарисовать схему комбинированной наплавки свариваемой кромки
- 9. Ответить на контрольные вопросы.

### **Теоретические сведения**

#### **Назначение комбинированных конструкций и классификация разнородных сталей**

**Для экономии дорогостоящих высоколегированных сталей**

используют комбинированные конструкции, которые изготавливают из нескольких сталей. Сварка высоколегированных сталей с низко - или средне легированными и углеродными не всегда обеспечивает достаточную прочность соединения. Высоколегированные стали содержат дорогие, дефицитные элементы, что обуславливает необходимость их экономии. Одним из путей экономии высоколегированных сталей является изготовление установок, машин и механизмов из разнородных сталей. Такое изготовление вполне возможно, так как во многих случаях в условиях, требующих применения специальных сталей, работает не вся конструкция, а лишь её отдельные узлы или детали.

Остальная часть конструкции работает в обычных условиях и может быть изготовлена из среднелегированной, низколегированной или обычной углеродистой стали.

**Конструкции, сваренные из разнородных сталей, называют комбинированными.**

Они применяются в тех случаях, когда условия работы отдельных частей конструкции отличаются температурой, агрессивностью среды, особыми механическими воздействиями.

**Таблица.1.**

**Классификация сталей, применяемых в сварных соединениях разнородных сталей.**

**Класс сталей и**

**сварочных материалов**

**Группа**

**Характеристика сталей**

**Марки (примеры)**

Перлитные и бейнитные

I

Углеродистые

Ст3, 20	
II	
Низколегированные	
09Г2С, 10ХСНД, 20ХГСА	
III	
Легированные среднеуглеродистые	
30ХГСА, 40Х, 40ХН2МА, 38ХВ	
IV	
Теплоустойчивые (Cr-Mo и Cr-Mo-V)	
12МХ, 12Х1МФ, 15Х1М1Ф	
V	
Хладостойкие (Fe-Ni)	
0Н3, 0Н6, 0Н9	
Мартенситные, ферритные,	
ферритно-мартенситные,	
аустенитно-мартенситные,	
ферритно-аустенитные	
VI	
12%-е хромистые, жаростойкие	
08Х13, 12Х13	
VII	
Высокохромистые, жаростойкие	
08Х17Т, 15Х25Т, 20Х17Н2	
VIII	
12%-е хромистые, жаропрочные	
15Х11МФ, 15Х12ВНМФ	
IX	
Хромоникелевые коррозионностойкие	
12Х21Н5Т	
Аустенитные стали и	
сплавы на никелевой	
основе	
X	
Коррозионностойкие аустенитные	
12Х18Н10Т, 10Х17Н13М3Т	
XI	
Аустенитные жаропрочные	
10Х15Н35ВТ, 20Х25Н20С2	
XII	
Аустенитные коррозионностойкие и	
криогенны	
Х18Н20, 06Х23Н28М3Д3Т	
XIII	
Жаропрочные никелевые сплавы	
ХН70ВМТЮФ, ХН56ВМТЮ	

### **Основные трудности при сварке разнородных сталей и способы их преодоления**

Проблема сварки разнородных сталей (высоколегированных хромоникелевых с низколегированными или углеродистыми) оказалась одной из наиболее сложных в современной сварочной науке и технике.

#### Трудности при сварке разнородных сталей:

- В процессе изготовления сварного соединения или при его эксплуатации в шве *часто образуются трещины*, проходящие по его середине или у границы сплавления.
- *В зоне сплавления образуется структурная неоднородность*, которая приводит к механической неоднородности, а её наличие сказывается на работоспособности сварного соединения. Характерным признаком структурной неоднородности в зоне сплавления является наличие обезуглероженной прослойки со стороны менее легированной стали и науглероженной – со стороны высоколегированной. Эти прослойки образуются вследствие перемещения углерода из менее легированной стали в более легированную и образуют механическую неоднородность в виде мягкой и твёрдой прослоек. Влияние таких прослоек на работоспособность соединения зависит от их относительной толщины.
- Вследствие существенного различия коэффициентов линейного расширения сплавляемых металлов *соединения остаются чрезмерно напряжёнными* даже после термообработки, которая в случае сварки однородных металлов снимает такие напряжения.

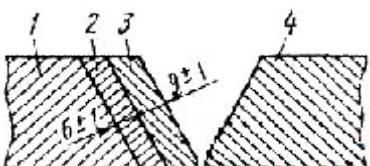
Появление структурной неоднородности и степень ее развития определяются всеми факторами, способствующими перемещению углерода из менее легированного металла в более легированный. Решающие факторы: последующий нагрев сварного соединения до температур, вызывающих заметную миграцию углерода; время выдержки сварного соединения при этих температурах и химический состав сплавляемых металлов, в особенности содержание в них углерода и карбидообразующих элементов. Структурная неоднородность в зоне сплавления разнородных сталей возникает лишь при нагреве сварного соединения до температуры **350°C**. Существенное развитие она получает при более высоких температурах (**около 500°C**). Наиболее интенсивно развивается эта неоднородность при температуре **600–800°C**.

Отмеченные трудности обусловили особенности сварки разнородных сталей. Для получения качественных и надежно работающих в специфических условиях сварных соединений необходимо применять технологию сварки, которая предотвращает образование трещин в металле шва и структурной неоднородности в зоне сплавления, и обеспечивает получение сварных соединений с возможно более близкими коэффициентами линейного расширения сплавляемых металлов.

Поэтому при выборе способов и режимов сварки отдают предпочтение технологии, при которой толщина кристаллизационной прослойки минимальна.

#### Этого достигают следующими методами:

- Применением высококонцентрированных источников тепла (электронный луч, лазер, плазма);
- Разделкой кромок или их наплавкой, уменьшающей долю участия сталей, как показано на *рис.1.*:
  - Выбором режимов сварки с минимальной глубиной проплавления;
  - Переходом к дуговой сварке в защитных газах, обеспечивающей интенсивное перемешивание металла ванны.



**Рис.1. Схема комбинированной наплавки свариваемой кромки:** 1 – углеродистая сталь; 2 – перлитный

стабилизированный слой; **3** – аустенитный слой; **4** – аустенитная сталь

### Выбор сварочных материалов для сварки сталей разных структурных классов

Выбор сварочных материалов должен исключить образование трещин различных видов и обеспечить эксплуатационную надежность сварных соединений. Применяют аустенитные сварочные материалы, обеспечивающие получение композиций наплавленного металла с таким запасом аустенитности, чтобы компенсировать участие в шве перлитной стали и гарантированно получить в высоколегированном шве или наплавке аустенитную структуру.

Большой запас аустенитности металла шва позволяет предотвратить образование малопластичных участков с мартенситной или карбидной структурой в корневых швах и слоях, примыкающих к перлитной стали в условиях неизбежного колебания долей их участия. Однако для этого варианта технологии будет характерна высокая склонность к возникновению горячих трещин в однофазном аустенитном металле шва, образующихся по границам зерен, сформированных в результате миграции. Для их предотвращения в швах со стабильно аустенитной структурой наплавленный металл легируют элементами, снижающими диффузионные процессы при высоких температурах, применяют электроды типа **X15H25AM6**, содержащие **6% Mo и 0,2–0,3% N**. Они препятствуют развитию высокотемпературной ползучести и межзеренного проскальзывания в твердом металле при сварке, повышая при этом пластичность в температурном интервале хрупкости и тем самым предотвращают образование горячих трещин. При сварке жестких узлов из аустенитной и среднеуглеродистой стали мартенситного класса корневые слои выполняют электродами, содержащими **до 60 % Ni и 15 % Mo**. Эти электродные материалы с однофазной аустенитной структурой шва применяют и при сварке перлитных сталей с жаропрочными аустенитными сталью и никелевыми сплавами.

В большинстве таких случаев **при сварке перлитных и аустенитных сталей IX группы** применяют аустенитно-ферритные электроды, образующие в наплавленном металле **10–12% ферритной фазы** и допускающие долю участия **перлитной стали** в металле шва **до 30 %**. При смешивании материала электрода и расплава в том же соотношении будет получен шов, содержащий **4–6% δ-феррита**, что исключает образование горячих трещин, но несколько увеличивает толщину кристаллизационной прослойки.

Такой вариант технологии допустим **при сварке аустенитных сталей с перлитными (группы II–III)**, содержащими активные карбидообразователи для ограничения диффузии углерода, либо содержащих весьма малое количество углерода путем его частичной замены азотом. Для сварных узлов, эксплуатирующихся при высоких температурах, необходимо применение высоконикелевых электродов типа **XH60M15**. Швы, выполненные такими электродами, хорошо работают в условиях теплосмен из-за равенства коэффициента линейного расширения с перлитной сталью. Этими электродами заваривают дефекты литья сталей **групп IV и V** без последующей термообработки.

При недостаточности или неприемлемости указанных технологических вариантов прибегают к сварке через проставки или к предварительной наплавке кромки перлитной

стали аустенитным металлом с последующей сваркой таких заготовок аустенитно-ферритными сварочными материалами с регламентированным количеством  $\delta$ -Fe (2–6 %). При сварке высокохромистых ферритных сталей (гр. VIII) с аустенитными (гр. XI–XIII) возможно применение как аустенитных, аустенитно-ферритных, так и высокохромистых электродов. С повышением температуры эксплуатации выше 500°C предпочтительны высокохромистые электроды.

**При сварке перлитных сталей с 12%-ми хромистыми сталями** необходимо предотвратить образование мартенсита и холодных трещин, а также развития диффузионных прослоек при отпуске и высокотемпературной эксплуатации. При выборе сварочных материалов следует исключить образование хрупких переходных участков в зонах перемешивания сталей. Для обеспечения наибольшей пластичности шва применяют сварочные материалы перлитного класса. Для снижения размеров диффузионных прослоек перлитный наплавленный металл должен легироваться определенным количеством более активных, чем хром, карбидообразующих элементов.

**При сварке деталей больших толщин** целесообразно электродами типа Э-ХМ делать наплавку на кромки высоколегированной стали (барьерный слой), а заполнение разделки осуществлять без подогрева электродами типа Э42 или Э50 в зависимости от требований прочности перлитного шва. Температуру предварительного подогрева и отпуска определяют по характеристикам более легированной, т.е. 12%-хромистой стали, но для уменьшения размеров диффузионных прослоек применяют отпуск при минимально допустимой температуре.

**При сварке перлитных сталей с более высоколегированными хромистыми сталями группы VII, содержащими 17–28 % Cr** применяют электроды аустенитно-ферритного, а также аустенитного классов. Однако при этом следует учитывать описанную структурную неоднородность в зоне сплавления аустенитного шва и перлитной стали. Термообработка в этом случае не требуется.

**При сварке разнородных сталей** одного структурного класса, но различного легирования, как правило, дополнительных требований к выбору способа сварки и режимов не вводят. Это обусловлено тем, что стали имеют близкие теплофизические свойства, а переходные слои в области границ сплавления мало отличаются от металла шва.

**При сварке сталей различных структурных классов**, особенно перлитной стали с аустенитной, выбирают способ сварки и режимы, обеспечивающие минимальное проплавление соединяемых металлов. Это позволяет получить высоколегированный шов, приближающийся по составу к присадочному металлу.

Во всех случаях сварочные материалы выбирают из условий предотвращения формирования хрупкого металла шва, а также предотвращения возможности образования в зоне сплавления хрупких прослоек: кристаллизационных и диффузионных.

При сварке сталей одного структурного класса в большинстве случаев используют сварочные материалы, близкие по составу к менее легированной стали. В случае выполнения соединений сталей разного структурного класса (например, перлитного с аустенитной) в большинстве случаев используют высоколегированные сварочные материалы, а в некоторых случаях сплавы на никелевой основе, которые позволяют значительно снизить ширину диффузионных прослоек.

Поскольку при сварке легированных сталей в зоне термического влияния возможно формирование структур закалки, то для предотвращения их образования используют подогрев. Температуру подогрева назначают исходя из свойств стали, наиболее склонной к формированию структур закалки. При этом с целью снижения вероятности

формирования диффузионных прослоек назначают минимально допустимую температуру подогрева. При выборе температуры подогрева необходимо учитывать не только свойства свариваемых сталей, но и свойства металла шва. В тех случаях, когда в металле шва возможно образование структур закалки, температуру подогрева назначают исходя из свойств металла шва. Структуру металла шва обычно оценивают по структурной диаграмме.

Когда применение подогрева встречает трудности, используют сварочные материалы, обеспечивающие получение аустенитных швов. Пластичный аустенитный шов позволяет снизить внутренние напряжения в зоне сварки и тем самым предотвратить образование холодных трещин. Следует отметить, что аустенитный шов сдвигает температуру мартенситного превращения перлитной (мартенситной) стали в область более высоких температур. Этому способствуют внутренние напряжения, образующиеся из-за различия коэффициентов линейного расширения.

Развитие мартенситного превращения в области высоких температур позволяет получить более пластичный мартенсит, так как проявляется эффект самоотпуска. Иногда для исключения подогрева при выполнении соединения используют предварительную наплавку на сталь, склонную к закалке, слоя незакаливающейся стали. Наплавку слоя ведут с подогревом или используют отпуск наплавленной детали. Толщину наплавленного слоя назначают из условий, чтобы в процессе сварки закаливающаяся сталь в зоне термического влияния не нагревалась выше температуры A1 (обычно толщина слоя до 9 мм).

В некоторых случаях для придания определенных свойств металлу в зоне соединения разнородных сталей или снятия внутренних напряжений назначают термообработку. Однако необходимо иметь в виду, что снятие внутренних напряжений возможно только в соединении разнородных сталей одного структурного класса. В сварных соединениях разнородных сталей различного структурного класса из-за различия в коэффициентах линейного расширения в результате термообработки величина внутренних напряжений может возрасти. При назначении термообработки соединений из разнородных сталей необходимо провести оценку возможности формирования диффузионных прослоек.

Таким образом, при назначении термообработки необходима всесторонняя оценка возможных изменений свойств металла в зоне 140 сварного соединения, а также величины внутренних напряжений. В большинстве сложных случаев термообработку (обычно отпуск) назначают, если это приводит к получению в зоне сварного соединения более пластичного металла. Благодаря повышению пластических свойств снижается вероятность хрупкого разрушения сварного соединения.

Очень часто вместо высокотемпературного отпуска, который приводит к развитию диффузионных прослоек, используют нормализацию, которая позволяет снизить интенсивность развития диффузионных прослоек. Последнее обусловлено, во-первых, снижением скорости диффузии углерода в аустените при нагреве выше точки A3, во-вторых, снижением стойкости карбидов.

### **Сварка разнородных сталей одного структурного класса**

Для сталей перлитного класса используют сварочные материалы, рекомендуемые для менее легированной стали. Например, при ручной дуговой сварке низкоуглеродистой стали с теплоустойчивой хромомолибденовой используют **электроды** типа Э42А или Э50А с покрытием основного вида. При большом различии в легировании рекомендуется использовать сварочные материалы,

обеспечивающие наплавку металла промежуточного легирования. Например, при *сварке ВСт3 с хромомолибденовой 15Х1М1Ф* рекомендуются электроды типа Э-09Х1М. Режим сварки и температуру подогрева назначают исходя из свойств более легированной стали.

При выполнении соединений между высокохромистыми ферритными, ферритно-аустенитными и мартенситными сталями с целью предотвращения образования хрупких кристаллизационных прослоек, а также хрупкого металла шва сварочный материал выбирают ферритно-аустенитного класса. В этом случае обеспечивается формирование металла шва с более мелкой структурой, чем при использовании ферритного сварочного материала. *Сварка ведется с подогревом; после сварки высокий отпуск (700—750 °C).* Для сварки аустенитных и аустенитно-ферритных сталей разного легирования сварочные материалы выбирают исходя из соотношения Cr/Ni. Если в свариваемых сталях соотношение больше единицы, то выбирают аустенитно-ферритные сварочные материалы. Это позволяет избежать образования горячих трещин в металле шва. Если соотношение в свариваемых сталях Cr/Ni<1 (стали обладают большим запасом аустенитности), то выбирают сварочные материалы, обеспечивающие аустенитную или аустенитно-карбидную структуру. Подобные сварочные материалы используют и при соединении аустенитных сталей с различным соотношением Cr/Ni.

Термообработку разнородных сварных соединений аустенитных и аустенитно-ферритных сталей назначают исходя из их свойств. Если они не упрочняются термообработкой, то после сварки ее обычно не назначают. В отдельных случаях ее назначают для снятия внутренних напряжений. Если свариваемые стали подвергаются термическому упрочнению, то в зависимости от требований используют термообработку.

### **Сварка разнородных сталей разного структурного класса**

**Можно выделить две подгруппы разнородных сварных соединений сталей разного структурного класса:**

- сварные соединения перлитных сталей с высокохромистыми мартенситными, ферритными и аустенитно-ферритными;
- сварные соединения перлитных, мартенситных и ферритных сталей с аустенитными.

*Соединения из перлитных сталей с высокохромистыми мартенситными, ферритными и аустенитно-ферритными* характеризуются тем, что в сварном соединении возможно появление холодных трещин, а также развитие кристаллизационных и диффузионных прослоек в зоне сплавления. Соединения перлитной стали с 12 %-ной хромистой обычно выполняют, используя *перлитные электроды* типа Э-09Х1М для ручной сварки или *проволоку Св-08ХМ* для сварки под флюсом. Подобные сварочные материалы позволяют получить металл шва с содержанием хрома до 5 %, что обеспечивает достаточную прочность и пластичность металла шва и переходных слоев. Температурный режим сварки назначают применительно к свойствам высоколегированной стали.

*Очень часто, особенно при соединении элементов большой толщины*, выполняют облицовку кромок 12 %-ной хромистой стали (например, *электродами* типа Э-09Х1М), а дальнейшую сварку ведут *электродами* типа Э42 или Э50А, состав которых обеспечивает наплавку металла, близкого к составу менее легированной стали. В тех случаях, когда металл шва работает при температурах, близких к предельной для 12 %-ной хромистой стали, для снижения вероятности образования диффузионных прослоек

наплавку на высокохромистую сталь вначале осуществляют **электродами** типа Э-09Х1МФ или Э-10Х3МФ, а **затем электродами** типа Э-09Х1М.

*Для сварки перлитных сталей с высокохромистыми ферритными, аустенитно-ферритными и мартенситными* перлитные сварочные материалы нежелательны из-за неблагоприятного легирования металла шва. В этом случае наблюдается формирование хрупких кристаллизационных прослоек. Для указанных сочетаний обычно используют сварочные материалы аустенитно-ферритного класса, например, электроды типа Э-08Х24Н6ТАМФ. Эти электроды позволяют получить более стабильную и пластичную структуру металла шва в переходных участках со стороны перлитной стали.

Применяют **также аустенитные электроды**. Однако в этом случае химическая неоднородность будет повышенной, и в случае эксплуатации в области высоких температур возможно образование хрупких диффузионных прослоек, что может привести к преждевременному разрушению сварного соединения.

Соединения перлитных, мартенситных и ферритных сталей с аустенитными характеризуются наибольшей химической, структурной и механической неоднородностью. Поскольку применение 142 перлитных сварочных материалов неизбежно приводит к формированию хрупких кристаллизационных слоев, то для выполнения соединений используют аустенитные сварочные материалы, которые выбирают в зависимости от соотношения Cr/Ni в аустенитной стали.

- При соотношении  $\text{Cr}/\text{Ni} > 1$  применяют аустенитно-ферритные сварочные материалы, например, **электроды** типа Э-10Х25Н13Г2, которые при разбавлении металла шва перлитным основным металлом *до 30 %* обеспечивают получение аустенитно-ферритного шва.
- Если в свариваемой аустенитной стали отношение  $\text{Cr}/\text{Ni} < 1$ , то в этом случае используют сварочные материалы, например, электроды типа Э-Х15Н25М6АГ2, обеспечивающие при возможном проплавлении перлитной стали *до 20—30 %* однофазную аустенитную структуру металла шва.

Как правило, соединения перлитных, мартенситных и ферритных сталей с аустенитными **термообработке не подвергают**, так как это не приводит к снижению внутренних напряжений из-за различия в коэффициентах линейного расширения. *Отпуск применяют в тех случаях, если свариваемая сталь склонна к образованию структур закалки в зоне термического влияния.* Однако температуру отпуска необходимо назначать минимальную с целью предотвращения образования диффузионных прослоек. *Если по условиям для всего изделия отпуск применить нельзя, то выполняют облицовку кромок закаливающейся стали аустенитными электродами. Затем проводят отпуск облицованной стали; после этого выполняют разнородное соединение.*

### **Технология сварки двухслойных сталей.**

*Чаще всего они состоят из низко углеродистой стали, покрытой слоем коррозионные стали.*

*В качестве антакоррозионного слоя* используют аустенитные **стали марок 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М3Т и др.**

По химическому составу электроды должны быть однородны с металлом плакированного слоя. Например, **для стали 08Х17Н16М3Т** используют **электроды** с покрытием марки НЖ-16 и **проволока марки Св-06Х19Н10М3Т**. Для сварки аустенитными **электродами** применяют **постоянный ток обратной полярности**.

*Чаще всего шов выполняется сначала со стороны углеродистой стали, а затем наплавленный металл со стороны плакированного слоя защищается и сваривается уже плакированный слой. Дуговая сварка двухслойных сталей за техникой выполнения швов аналогична однослоиному металлу.*

**Сварка двухслойных сталей производится следующими способами:**

1. Автоматической сваркой под слоем флюса основного и плакирующего слоя,
2. Ручной дуговой сваркой основного и плакирующего слоя,
3. Автоматической сваркой под слоем флюса основного слоя и ручной дуговой сваркой плакирующего слоя,
4. Полуавтоматической сваркой в среде защитных газов основного слоя и аргонодуговой сваркой плакирующего слоя.

При ручной дуговой сварке после выполнения сварного шва со стороны основного слоя производится вырубка или выплавка углеродистого шва со стороны плакирующего слоя. Для сварки плакирующего слоя аустенитными электродами применяют постоянный ток обратной полярности.

Сварку производить короткой дугой. При сварке в несколько проходов последующие слои накладывают после охлаждения предыдущего слоя до температуры не выше **100 °C**. После сварки двухслойных сталей с основным слоем из стали 12ХМ, 12МХ применяют последующую термообработку по режиму высокого отпуска. Нагрев до **температуры 680-710 °C с выдержкой 2 часа и охлаждением на воздухе**. Во избежание трещинообразования сварку этих сталей рекомендуется вести **с предварительным и сопутствующим подогревом кромок до 200-250 °C**.

**Контрольные вопросы:**

1. Назначение комбинированных конструкций и классификация разнородных сталей
2. Перечислить основные трудности при сварке разнородных сталей и
  3. способы их преодоления.
4. Какими методами достигается минимальная толщина кристаллизационной прослойки?
5. Выбор сварочных материалов для сварки сталей разных структурных классов
6. Сварка разнородных сталей разного структурного класса.
7. Сварка двухслойных сталей.

**Практическое занятие № 19**

**Сварка алюминия**

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении сварки алюминия

**Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Самостоятельно изучить тему: «Сварка алюминия».
3. Составить описание «Сварка алюминия».
4. Ответить на контрольные вопросы.

**Теоретические сведения**

**Наиболее важные области применения алюминиевых сплавов** в настоящее время – авиационная и ракетная техника. Высокие удельные характеристики, технологичность,

ценовая доступность – ценные свойства, изначально определившие выбор авиаконструкторов. Для работы узлов в реальных условиях эксплуатации в космосе необходима также стойкость материалов к воздействию факторов космического пространства: высокого вакуума, перепадов температур, радиации и пр. В настоящий момент этим требованиям максимально отвечают алюминиевые деформируемые сплавы, которые и используются наиболее активно.

Наглядные примеры – материалы конструкции планеров отечественного орбитального корабля «Буран» и американского космического корабля "Space Shuttle".

Алюминий обладает низкой прочностью ( $\sigma_b=8-10 \text{ кгс/мм}^2$ ), поэтому его применяют в основном в химическом аппаратостроении, рамных конструкциях, для оконных и дверных переплетов и декоративных изделий в строительстве. *Он обладает малой плотностью 2,7 г/см<sup>3</sup>, повышенной коррозионной стойкостью и большой пластичностью* по сравнению с низкоуглеродистой сталью. Теплопроводность алюминия *в три раза* выше теплопроводности малоуглеродистой стали. Температура плавления чистого алюминия **658° С**. При нагревании алюминий легко окисляется, образуя тугоплавкую окись алюминия ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), плавящуюся при температуре выше **2060° С**. Чистый алюминий поставляют по **ГОСТ 11069—64**.

В технике применяют не только чистый алюминий, но и сплавы его с марганцем, магнием, медью и кремнием. Сплавы алюминия обладают большей прочностью, чем чистый алюминий.

Повышенную прочность имеют сплавы алюминия с марганцем, магнием, кремнием, цинком и медью.

#### **Алюминий и его сплавы делят на:**

1. Литейные
2. Деформируемые (катаные, прессованные, кованые).

#### **Деформируемые сплавы подразделяют на:**

1. *Термически не упрочняемые*, к которым относятся сплавы алюминия с марганцем и магнием
2. *Термически упрочняемые*, к которым относятся сплавы алюминия с медью, цинком, кремнием.

Наиболее высокой прочностью обладают термически упрочняемые алюминиевые сплавы. Однако термически упрочненные алюминиевые сплавы разупрочняются при сварке со значительной потерей механических свойств. Применение этих сплавов для сварных конструкций возможно лишь при условии обеспечения термической обработки после сварки для повышения прочности сварных соединений.

Из термически неупрочняемых сплавов наибольшей прочностью обладают сплавы системы **Al - Mg - Ti**, например сплав **AMg6**, механические свойства которого следующие:  $\sigma_b=32-38 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\sigma_t=16-18 \text{ кгс/мм}^2$ ,  $\sigma_5=15 - 20\%$  и  $\text{ак}=3-4 \text{ кгс}\cdot\text{м/см}^2$ . Конструкции из алюминиево-магниевого сплава AMg6 изготавляются в основном сварными.

В Российской Федерации **ГОСТ 4784** "Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки" дает **маркировку сплавов тремя способами**:

- в буквенно-цифровом виде,
- только в цифровом виде,

- с учетом требований международного стандарта (международная маркировка) ИСО 209-1 (ISO 209-1 Wrought aluminium and aluminium alloys - Chemical composition and forms of products - Part 1: Chemical composition).

При этом цифровая маркировка по ГОСТ не совпадает с международной маркировкой алюминиевых сплавов.

### **Цифровая маркировка по ГОСТ:**

- **первая цифра** - основной металл (1-алюминий);
- **вторая цифра** - легирующая система;
- **третья и четвертая цифры** - марка и модификация.

Помимо приведенной цифровой маркировки, в настоящее время повсеместно используется **смешанная** буквенная и буквенно-цифровая маркировка алюминиевых сплавов.

**Например, деформируемые** сплавы обозначаются буквами **Д, АД, АК, АМ, АВ; литьевые – АЛ.**

- Буквой Д обозначают сплавы **дуралюминия** Д1, Д16 и т.д.
  - Буквы АВ означают сплав **авиаль**.
- Буквы АМг и АМц обозначают **сплав алюминия с магнием (Mg)** и **марганцем (Mn)**, причем **цифры**, следующие за буквами **АМг1; АМг6** соответствуют примерному содержанию магния в этих сплавах.
- Буквы АД отвечают алюминию деформированному, цифра указывает чистоту алюминия.
  - Чистота сплавов обозначается следующими буквами, стоящими после маркировки сплава: **Пч, Ч, Оч** – соответственно практически чистый, чистый и очень чистый, по примесям железа, кремния и других контролируемых элементов.
  - Состояние полуфабрикатов из алюминиевых сплавов обозначается следующей маркировкой:
    - **М** – мягкий, отожженный;
    - **Т** – закаленный и естественно состаренный;
    - **T1** – закаленный и искусственно состаренный;
    - **Н** – нагартованный;
  - **H1** – усилено нагартованный (нагартовка листа ~20%) и т.д

### **Свариваемость алюминия и его сплавов.**

1. **Алюминий и его сплавы имеют большую теплопроводность**, теплоемкость и скрытую теплоту плавления. Теплопроводность алюминия в три раза выше теплопроводности низкоуглеродистой стали; при нагреве **от 20 до 600°C** разница в теплопроводности еще более возрастает. Следовательно, сварка алюминия и его сплавов должна выполняться с относительно мощным и концентрированным источником нагрева.
2. **Коэффициент линейного расширения алюминия в два раза выше**, чем коэффициент расширения железа. Это способствует увеличенным деформациям и короблению при сварке алюминиевых изделий.
3. **Низкая удельная плотность (2,7 г/см<sup>3</sup>)** и температура плавления (660°C) алюминия по сравнению с высокой удельной плотностью окисла алюминия **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(3,85 г/см<sup>3</sup>)** и его температурой плавления (2050°C) затрудняют процесс сварки. Тугоплавкий и тяжелый окисел **Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** может оставаться в металле шва и снижать работоспособность сварного соединения. При сварке алюминия и его сплавов необходимо применять различные

способы борьбы с окислом  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Во всех случаях поверхность металла изделия должна защищаться непосредственно перед сваркой и процесс сварки должен протекать с защитой расплавленного металла от действия газов воздуха.

**Используют три способа борьбы с окислом алюминия:**

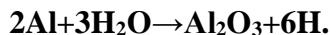
1. Сварка с растворителем окислов (электродные покрытия, флюсы),
2. Сварка без растворителей, но с так называемым катодным распылением,
3. Сварка с механическим удалением окислов из сварочной ванны.

**Сварка с растворителем.** Растворителями окисла  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и других окислов являются *галогенные соли щелочноземельных металлов (хлористый, фтористый литий и др.)*, которые растворяют окислы и вместе с ними поднимаются из сварочной ванны в сварочный шлак. Так как раствор обладает пониженной температурой плавления, меньшей удельной плотностью и меньшей вязкостью, чем каждый компонент в отдельности, то он выводится из металла шва в сварочный шлак.

**Сущность катодного распыления** состоит в том, что при дуговой сварке в аргоне на постоянном токе при обратной полярности происходит дробление окисной пленки  $\text{Al}_2\text{O}_3$  с последующим распылением частиц окисла на поверхности сварного изделия. Тонкая окисная пленка, покрывающая сварочную ванну, разрушается под ударами тяжелых положительных ионов, защитного газа аргона, образующихся при горении дуги. Так как положительный ион обладает большей массой, чем электрон, то образующийся поток ионов способен дробить окисные пленки алюминия и магния, которые создаются при сварке. При этом надо учитывать большую скорость движения ионов, позволяющую распыленным окислам через защитную газовую среду выходить из сварочной зоны. Другие газы, обладающие низкой атомной массой (например, 4 у гелия вместо 40 у аргона), не способны дробить и распылять окислы.

**Механический способ удаления окисла  $\text{Al}_2\text{O}_3$  из сварочной ванны** заключается в том, что сварщик опускает в сварочную ванну стальной пруток диаметром **3 - 4 мм** и вынимает его с прилипшим к поверхности прутка окислом, который легко отделяется от прутка при его встрихивании и легком ударе. Опытные рабочие, выполняющие газовую или дуговую сварку угольным электродом, часто используют этот способ, не прибегая к флюсам.

**Алюминиевые сплавы обладают повышенной склонностью к образованию пор.** Пористость металла при сварке алюминия и его сплавов вызывается водородом, источником которого служит адсорбированная влага на поверхности основного металла и особенно проволоки, а также воздух, подсасываемый в сварочную ванну. В этом случае алюминий в сварочной ванне взаимодействует с влагой по реакции:



Для получения беспористых швов при сварке алюминия и его сплавов даже небольшой толщины иногда требуется подогрев, снижающий скорость охлаждения сварочной ванны и способствующий более полному удалению водорода из металла при медленном охлаждении. Так, например, при наплавке на лист алюминия толщиной **8 мм** беспористый шов может получить при подогреве металла **до 150°C** При увеличении толщины металла **до 16 мм** даже подогрев до температуры 300°C не обеспечивает беспористых швов.

Однако подогрев листов для сварки некоторых сплавов следует применять осторожно. Например, при сварке толстолистовых алюминиево-магниевых сплавов допускается

подогрев до температуры не выше **100 - 150°C**. Более высокая температура подогрева может усилить пористость шва за счет выделения из твердого раствора магния и образования при этом водорода по реакции  $Mg+H_2O \rightarrow MgO+2H$ . Кроме того, при сварке подогретого металла (алюминиево-магниевых сплавов) снижаются механические свойства сварных соединений.

При аргонодуговой сварке алюминия и его сплавов борьбу с порами ведут с помощью окислительной атмосферы. Наилучшие результаты получаются при добавке к аргону **1,5% кислорода**. Окислительная атмосфера в районе поверхности сварочной ванны не дает водороду растворяться в металле, поэтому поры к концу охлаждения шва не образуются.

Алюминий и его сплавы склонны к большему перегреву, чем углеродистые стали.

Поэтому сварку алюминиевых сплавов следует производить с меньшей погонной тепловой энергией, шов по возможности выполнять за один проход или в два прохода с двух сторон на больших скоростях.

### **Виды сварки алюминия и его сплавов.**

Детали из алюминия и его сплавов можно соединять как сваркой плавлением, так и сваркой давлением.

#### **Широкое распространение получили следующие виды сварки:**

- Ручная или механизированная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитном инертном газе;
- Механизированная дуговая сварка плавящимся металлическим электродом в защитном газе;
  - Автоматическая дуговая сварка плавящейся сварочной проволокой по слою дозированного флюса;
  - Стыковая или точечная контактная сварка.
- Кроме указанных видов сварки алюминия и его сплавов, возможно применение сварки:
  - газокислородным пламенем;
- дуговой сварки неплавящимся угольным или графитовым электродом, алюминиевым электродом с покрытием;
  - электрошлаковой сварки и сварки электронным лучом.

**Ручную сварку алюминия дугой или газовым пламенем** выполняют с подогревом листов **от 100 до 400°C**; чем толще деталь, тем выше температура подогрева. Для сварки употребляют **флюс**, чаще всего марки **АФ-4а**, содержащий **50%** хлористого калия, **14%** хлористого лития, **8%** фтористого натрия и **28%** хлористого натрия. Составы **электродных покрытий** могут быть следующие: покрытие **I** - 65% флюса АФ-4а и 35% криолита и покрытие **II** - 50% хлористого калия, 30% хлористого натрия и 20% криолита ( $Na_3AlF_6$ ).

### **Технология сварки.**

**Для дуговой сварки алюминия применяют электроды** марки **ОЗА-1** со стержнем из алюминиевой проволоки.

Сварка производится в нижнем и вертикальном положениях постоянным током обратной полярности, короткой дугой без поперечных колебаний. При **диаметре** электрода **4** **мм** **ток** берется **120:140 A**, при **5 мм** - **150:170 A**, а при **6 мм** - **200:240 A**.

Сварку осуществляют с подогревом изделия до температуры **200 - 250°C** при толщине металла **6 - 10 мм, 300 - 350°C** при **10 - 16 мм**,

Электроды перед употреблением обязательно просушивают до температуры **200°C** в **течение 2 ч**. После сварки шлак немедленно удаляют стальной щеткой с промывкой его горячей водой.

Для заварки литейных пороков в изделиях применяют покрытые алюминиевые электроды марки **ОЗА-2**.

**Форма подготовки кромок под сварку** алюминиевых сплавов подобна подготовке при сварке сталей. Швы по возможности выполняются однопроходными и на больших скоростях.

**Сварка угольным электродом** производится дугой прямого действия, постоянным током при прямой полярности. Листы толщиной **до 3 мм** желательно сваривать с отбортовкой кромок без присадочного материала, Сварка **более толстых** листов требует разделки кромок под углом **60 - 75°** и применения присадки. Желательно применение массивных медных или стальных подкладок под свариваемые листы. Можно использовать флюс **АФ-4а** или флюс следующего состава: **45% хлористого калия; 15% хлористого лития; 30% хлористого натрия; 7% фтористого калия и 3% сернокислого натрия**.

Таблица.1.

**Примерные режимы сварки алюминия угольным электродом**

Толщина свариваемого металла, мм	1-2	2-4	4-6	6-8	8-12	15
Диаметр угольного электрода, мм	6-8	8-9	10-12	10-12	12-15	15
Диаметр присадочного прутка, мм	—	3-4	4-5	4-5	5-6	6-8
Сила сварочного тока, А	100-180	180-240	220-300	250-350	300-400	350-600

**Газовая сварка алюминия** и его сплавов обеспечивает удовлетворительное качество сварных соединений. Мощность газового пламени при сварке подбирается в зависимости от толщины металла.

Флюс **АФ-4а** разводят дистиллированной водой и наносят на свариваемые кромки и присадочный пруток.

Таблица.2.

**Режим газовой сварки алюминия.**

Толщина металла, мм	Расход ацетилена, $\text{дм}^3/\text{ч}$
до 1.5	50-100
1.5-3	100-200
3-5	200-400
5-10	400-700
10-15	700-1200
15-50	900-1200

При газовой сварке применяют присадочную проволоку той же марки, что и свариваемый металл.

*Для получения и сохранения мелкозернистой структуры изделие после сварки в некоторых случаях, например при сварке литьих деталей, подвергают отжигу при 300 - 350°C с последующим медленным охлаждением.*

### **Контрольные вопросы:**

1. Опишите технологию выполнения сварки алюминия и его сплавов.
2. Трудности при сварке алюминия и его сплавов.
3. Какие свойства алюминия определяют его свариваемость?
4. Маркировка алюминия и его сплавов.
5. Приведите марки сварочных алюминиевых проволок.
6. Какие существуют способы борьбы с оксидной пленкой алюминия?

## **Практическое занятие № 20**

### **Сварка титана и магния**

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении сварки титана и магния

### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Составить описание «Сварка титана и магния»
3. Законспектировать материал по теме: «Сварка титана и магния»
4. Ответить на контрольные вопросы.

### **Теоретические сведения**

#### **Сварка титана и его сплавов**

Титановые сплавы являются сравнительно новыми конструкционными материалами. Они обладают рядом ценных свойств, обуславливающих их широкое применение в авиационной промышленности, ракетостроении, судостроении, химическом машиностроении и других отраслях производства.

#### **Главные достоинства этих материалов:**

- Сочетание высоких механических характеристик и коррозионной стойкости с малой плотностью ( $4,5 \text{ г}/\text{см}^3$ ),
- Возможность получения высоких механических свойств при повышенных температурах,
- Пригодность для работы при очень низких температурах, вплоть до температуры жидкого азота,
  - Сравнительно хорошая свариваемость,
  - Малый коэффициент линейного расширения,
  - Ненамагничиваемость,
  - Высокой антакоррозионная стойкость,
- При удельной плотности в  $4,5 \text{ г}/\text{см}^3$  титан и его сплавы имеют временное сопротивление *от 45 до 150 кгс/мм<sup>2</sup>*.
- Замена стали титаном уменьшает массу изделий **на 20 - 30%**.
- Большинство сплавов обладают высокими технологическими характеристиками:
  - достаточно пластичны,
  - поддаются обработке давлением без нагрева,

удовлетворительно свариваются.

Эти материалы по своим свойствам относятся к теплостойким. Использование сплавов на основе титана особенно эффективно по сравнению *с коррозионно-стойкими сталями* до температуры **300–350 °C**, а с *алюминиевыми сплавами* – начиная с **200 °C**.

Общепризнанным температурным пределом применения большинства современных титановых сплавов в технике являются температуры порядка **500 °C**, а при кратковременных воздействиях высоких температур этот предел может быть еще выше.

Для сварных изделий используется технический титан, содержащий примеси газов:

- кислорода, азота, водорода (**марки ВТ1-00, ВТ1-0, ВТ-1**),
- алюминия, хрома, молибдена, олова, ванадия, марганца, церия (**марки ВТ-5, ВТ5-1, ВТ6, ВТ8, ВТ 14**).

Титан более активен по сравнению с алюминием к поглощению кислорода, азота и водорода в процессе нагрева. Поэтому при сварке технического титана необходима особо надежная защита от этих газов. Такая защита осуществляется при дуговой сварке в инертных газах (аргоне, гелии) или флюсом-пастой, наносимой на кромки свариваемых частей соответствующим слоем. Институт электросварки им. Е. О. Патона разработал серию специальных флюсов-паст (от АН-ТА до АН-Т17А), которые по составу являются бескислородными фториднохлоридными. Дуговая сварка титана и его сплавов покрытыми электродами, угольной дугой, а также газовым пламенем не применяются. Этими видами сварки невозможно обеспечить высокое качество сварных соединений из-за слишком большой активности титана к кислороду, азоту и водороду.

#### **Трудности при сварке титана:**

- Высокая химическая активность титана при высоких температурах по отношению к активным газам (азоту, кислороду, водороду). Поэтому содержание этих газов должно строго ограничиваться:
  - **O<sub>2</sub> < 2 %,**
  - **N<sub>2</sub> < 0,05 %,**
  - **H<sub>2</sub> < 0,01 %.**
- Большая склонность титана к росту зерна при нагреве до высоких температур и сложный характер фазовых структурных превращений. Результатом этого является снижение пластичности и возникновение большой неоднородности свойств сварного соединения,
  - Титан и его сплавы не склонны к образованию горячих трещин.

В связи с этим необходимое условие получения качественных соединений, особенно при сварке плавлением, – обеспечение надежной защиты от газов не только сварочной ванны, но останавливающих участков металла шва и околосшовной зоны, нагретых до температуры выше **350°C**.

Сварку сплавов различных классов необходимо вести на режимах, обеспечивающих наиболее оптимальный интервал скоростей охлаждения, при которых степень снижения пластических свойств оказывается наименьшей. Исходя из этого  $\alpha$ -сплавы целесообразно сваривать на режимах с минимальной погонной энергией, для  $(\alpha+\beta)$ -сплавов рекомендуются мягкие режимы с малыми скоростями охлаждения и для  $\beta$ -сплавов – режимы, обеспечивающие высокую скорость охлаждения.

*Титан и его сплавы не склонны к образованию горячих трещин.* Это обусловлено благоприятным сочетанием физико-химических свойств титана и его сплавов, а именно

малой величиной литейной усадки в сочетании с повышенной прочностью и пластичностью в области высоких температур. При сварке в большинстве случаев используют электродную проволоку, по составу аналогичную основному металлу.

Одним из основных дефектов металла шва при сварке титана его сплавов является пористость. Часто встречается также образование холодных трещин, возникающих при пониженной пластичности, вследствие насыщения металла газами, в первую очередь водородом, причем холодные трещины в таких соединениях могут образовываться при хранении сварных конструкций.

**С целью предупреждения пор при сварке титана и его сплавов используют различные способы, которые можно разделить на три группы:**

1. Уменьшение количества адсорбированной влаги на кромках свариваемых деталей и поверхности сварочной проволоки, а также создание условий для удаления влаги из зоны сварки до формирования сварочной ванны;
2. Использование режимов сварки, обеспечивающих наиболее полное удаление из сварочной ванны водорода;
3. Связывание и интенсификация выделения водорода из сварочной ванны с использованием флюсов.

Снижение количества адсорбированной влаги достигается за счет повышения чистоты обработки, а также регламентации условий и срока хранения подготовленных к сварке деталей. Другим направлением снижения пористости из-за адсорбированной влаги может быть предотвращение формирования замкнутых полостей в зоне стыка. Это достигается *при сварке с гарантированным зазором*. Наиболее эффективное *предотвращение пор* при сварке титана и его сплавов достигается при использовании флюсов на основе галогенов. При аргонодуговой сварке флюсом покрывают торцевые поверхности свариваемых кромок тончайшим слоем в виде пасты, замешанной на спирте.

Для соединения деталей из титановых сплавов применяют основные способы сварки плавлением (дуговую с местной или общей защитой в инертных газах, под флюсом, электрошлаковую и др.). При сварке в атмосфере инертных газов неплавящимся и плавящимся электродами используют аргон высшего сорта или гелий. При сварке с местной защитой используют различные насадки, обеспечивающие защиту основного металла, нагретого выше температуры **400 °C**. Защита создается не только с лицевой стороны детали, но и с обратной стороны соединения. Для этого используют подкладки из пористого материала или специальных конструкций, обеспечивающих подвод газа с нижней стороны шва. Наиболее стабильной защитой является общая защита. О качестве защиты зоны сварки можно судить по внешнему виду сварных соединений. При хорошей защите поверхность металла в зоне сварки имеет серебристый цвет. При недостаточной защите появляются цвета побежалости, а при плохой – серые и бурые налеты.

Титан более активен по сравнению с алюминием к поглощению кислорода, азота и водорода в процессе нагрева. Поэтому при сварке технического гитана необходима особо надежная защита от этих газов. Такая защита осуществляется *при дуговой сварке в инертных газах (аргоне, гелии) или флюсом-пастой*, наносимой на кромки свариваемых частей соответствующим слоем. Институт электросварки им. Е. О. Патона разработал серию специальных флюсов-паст (от АН-ТА до АН-Т17А), которые по составу являются бескислородными фториднохлоридными. *Дуговая сварка титана и его сплавов покрытыми электродами, угольной дугой, а также газовым пламенем не*

**применяются.** Этими видами сварки невозможно обеспечить высокое качество сварных соединений из-за слишком большой активности титана к кислороду, азоту и водороду.

#### **Технический титан соединяют:**

- аргонодуговой,
- дуговой под флюсом
- и некоторыми видами сварки давлением (например, диффузионной).

**Для сварки под флюсом** применяют бескислородные фторидные флюсы серии **АНТ**. Марку флюса выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла. Сварку осуществляют на постоянном токе обратной полярности и выполняют на медной, флюсо-медной подкладке или флюсовой подушке. *Флюс перед сваркой прокаливают при температуре 200–300 °C.*

**При электрошлаковой сварке** титана и его сплавов для швов небольшой протяженности используют пластинчатые электроды **толщиной 8–12 мм** и шириной, равной толщине свариваемого металла, пластинчатый электрод выполняют из металла, по химическому составу аналогичному составу свариваемого металла.

Сварные соединения, выполненные электрошлаковой сваркой, имеют крупнокристаллическую структуру. Однако в большинстве случаев и прочностные свойства близки к основному металлу при хорошей пластичности.

#### **Сварка магниевых сплавов**

Магний обладает еще большим сродством к кислороду, чем титан; поэтому его свариваемость хуже свариваемости титана.

Магний, соединяясь с кислородом, образует тугоплавкую и тяжелую окись магния.

Температуры плавления магния и окиси магния соответственно равны **651 и 2150°С**, удельные плотности - соответственно **1,74 и 3,2 г/см<sup>3</sup>**, т.е. почти в **1,5** раза меньше плотности **алюминия** и в **4,5** раза меньше плотности **железа**, поэтому удельные показатели механических характеристик многих сплавов на основе магния превосходят аналогичные показатели свойств других материалов. Плотность магниевых сплавов - **около 1,8 г/см<sup>3</sup>**. Временное сопротивление сплавов при растяжении составляет **от 21 до 34 кгс/см<sup>2</sup>**.

Магний и его сплавы являются наиболее *легкими конструкционными материалами*. Наиболее распространенными легирующими элементами в магниевых сплавах являются алюминий и цинк.

**Отличительной чертой магния** и его сплавов является повышенная чувствительность к коррозии во многих средах. Это объясняется тем, что оксидная пленка на поверхности металла рыхлая и не обладает высокими защитными свойствами, например оксидная пленка на алюминии.

**Магний – один из наиболее активных по отношению к кислороду** металлов. В результате его окисления образуется оксид **MgO**, покрывающий поверхность металла пленкой. Температура плавления **оксида магния 2800 °С**, плотность **3,65 г/см<sup>3</sup>**. В связи с высокой температурой плавления оксидная пленка на магниевых сплавах, также как и при сварке алюминия, затрудняет образование общей сварочной ванны и должна быть

разрушена или удалена в процессе сварки. *Оксидная пленка на магниевых сплавах отличается рыхлостью и способна удерживать большое количество влаги.*

**Водород обладает способностью растворяться в магнии в гораздо больших количествах, чем в алюминии.** При температуре плавления металла в нем растворяется **до 50 см<sup>3</sup>/100 г** металла и резко снижается при кристаллизации. В связи с понижением растворимости водорода в жидким металле при охлаждении имеется возможность выделения его в виде пузырьков и образования газовых пор. Мерами снижения пористости при сварке магниевых сплавов является уменьшение поверхности основного и присадочного металлов, участвующих в образовании швов, и применение тщательной обработки поверхности проволоки и свариваемых кромок перед сваркой. При кристаллизации магния в металле шва образуется крупнокристаллическая структура.

Появление эвтектики по границе зерен в виде сплошных прослоек приводит к образованию горячих трещин. Повышение сопротивляемости сплавов к образованию горячих трещин достигается введением в их состав модификаторов.

При сварке магниевых сплавов, упрочняемых термообработкой наряду с укрупнением зерна в зоне термического влияния, возможен распад твердого раствора и оплавление границ зерен. Это приводит к разупрочнению металла околошовной зоны (до 0,7–0,9 прочности основного металла) и иногда к образованию трещин. В связи с высоким коэффициентом теплового расширения магниевых сплавов в сварных соединениях возникают остаточные напряжения при сварке, вызывающие коробление конструкций. Деформации могут способствовать возникновению трещин. Для предупреждения трещин и уменьшения деформаций, особенно для толстых деталей, в некоторых случаях рекомендуется сварка с подогревом, а иногда и последующая термообработка для снятия напряжений.

**Магниевые сплавы свариваются вольфрамовым электродом в защитной среде аргона.**

**Газовая сварка, дуговая сварка покрытыми электродами и угольным электродом применяются редко.** Аргонодуговую сварку рекомендуется применять для всех магниевых сплавов. Газовую сварку можно применять только для сплавов марок **МА1, МА2, МА8, МЛ2, МЛ5 и МЛ7** и лишь с применением флюса из фтористых солей.

Наилучшим флюсом считают **флюс ВФ-156** (33,3% фтористого бария, 24,8% фтористого магния, 19,5% фтористого лития, 14,8% фтористого кальция, 4,8% натриевого криолита, 2,8% окиси магния).

**Из всех способов сварки основное значение в настоящее время имеют способы дуговой сварки магниевых сплавов в среде аргона вольфрамовым и плавящимся электродами.** При сварке этими способами исключается опасность коррозии, вызванной остатками флюсов. Основное и наиболее желательное соединениестыковое. Сварка их производится на подкладках с достаточно глубокими канавками, обеспечивающими удаление оксидных включений в проплав. В связи с недостаточной пластичностью магниевых сплавов отбортовка кромок даже для металла малых толщин практически не применяется. Встык без скоса кромок рекомендуется сваривать соединения только за один проход при односторонней сварке на прокладках. Двусторонняя сварка стыковых соединений без разделки кромок не рекомендуется из-за опасности появления в швах большого количества оксидных включений.

При сварке соединений из металла толщиной **более 6–10 мм** применяют разделку с односторонним скосом кромок и для металла толщиной **более 20 мм** при наличии двустороннего подхода – разделку с двусторонним скосом кромок. В последнем случае перед выполнением шва с обратной стороны необходима предварительная разделка корня первого шва.

Непосредственно перед сваркой поверхность кромок свариваемых деталей подвергают специальной обработке для удаления оксидной или защитной пленок и имеющихся загрязнений. Для этой цели поверхность зачищают шабером или стальными щетками или обрабатывают в химических ваннах специального состава.

**Для сварки конструкций из магниевых сплавов применяют:** ручную и автоматическую аргонодуговую сварку вольфрамовым электродом и автоматическую сварку вольфрамовыми электродами трехфазной дугой в среде аргона первого состава. Сверку выполняют на стальных подкладках с канавками для формирования проплава. С целью разрушения оксидной пленки используют переменный ток.

Ручной и автоматической сваркой вольфрамовым электродом встык без разделки кромок за один проход могут быть сварены листы толщиной **2–6 мм**. Для металла толщиной **более 5 мм** может быть использована дуговая сварка плавящимся электродом со струйным переносом электронного металла. Процесс ведется на постоянном токе обратной полярности. Сварка плавящимся электродом особенно эффективна для соединения металла большой толщины. При сварке встык без скоса кромок за один проход плавящимся электродом могут быть сварены листы толщиной **5–10 мм**.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Какое напряжение холостого хода допустимо для сварочных источников питания дуги?
2. В чем заключаются особенности сварки технического титана и его сплавов? Их поведение при сварке.
3. В чем заключаются основные трудности сварки плавлением титана и его сплавов?
4. Почему плохо свариваются магний и его сплавы?
5. Почему не применяют дуговую сварку покрытыми электродами для титановых сплавов?

#### **Практическое занятие № 21**

##### **Плазменно-дуговая резка**

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении оборудования и технологии плазменно-дуговой резки.

##### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Начертить принципиальную схему процесса плазменной резки
3. Начертить принципиальную схему процесса плазменно-дуговой резки
4. Начертить таблицу режимы резки
5. Ответить на контрольные вопросы

#### **Теоретические сведения**

**Плазма** – это газ, состоящий из положительно и отрицательно заряженных частиц в таких пропорциях, что общий заряд равен нулю, т. е. плазма представляет собой смесь

электрически нейтральных молекул газа и электрически заряженных частиц, электронов и положительных ионов.

Наличие электрически заряженных частиц делает плазму чувствительной к воздействию электрических полей.

Плазма вследствие наличия в ней электрически заряженных частиц является электропроводной, и при действии электрических полей в плазме возникают электрические токи. Чем выше степень ионизации, тем выше электропроводность плазмы.

Токи в ней отклоняются под действием магнитных полей. Ускорения, сообщаемые заряженным частицам действием электрических и магнитных полей путем соударения передаются нейтральным частицам газа, и весь объем плазмы получает направленное движение, образуя струю, поток или факел горячего газа.

Электрические поля, воздействуя на плазму, сообщают энергию заряженным частицам, а через эти частицы и всей плазме. В результате такой передачи энергии температура плазмы может достичь 20 000-30 000 °С. Поэтому, чем больше имеется свободных электронов в веществе и чем быстрее они движутся, тем больше проводимость вещества, так как свободно движущиеся электроны переносят электрические заряды. Иначе говоря, плазма - это токопроводящий газ, нагретый до высокой температуры.

Сущность плазменной резки состоит в проплавлении металла мощным дуговым разрядом, локализованном на малом участке поверхности разрезаемого металла с последующим удалением расплавленного металла из зоны реза высокоскоростным газовым потоком.

Холодный газ, попадающий в горелку, обтекает электрод и в зоне дугового разряда приобретает свойства плазмы, которая затем истекает через отверстие малого диаметра в сопле в виде ярко светящейся струи с большой скоростью и температурой, достигающей 30 000 °С и выше.

Принципиальная схема плазменной резки приведена на *рис. 1*.

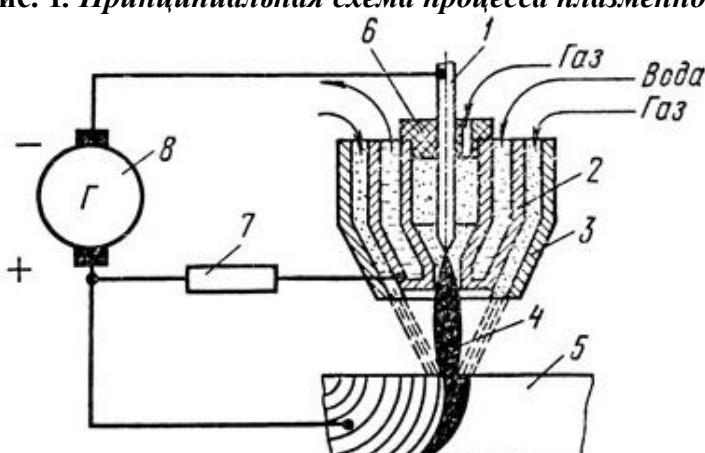
В зависимости от применяемой электрической схемы плазменная резка металлов может выполняться независимой и зависимой дугами. Схема плазменной резки дугой прямого действия приведена на *рис. 52, а*, а дугой косвенного действия на *рис. 2, б*. Конструкция плазменной горелки приведена на *рис. 3*.

В *табл. 1* приводятся ориентировочные режимы резки.

**Плазмообразующий газ** - система, преобразующая подводимую электрическую энергию в тепловую, передаваемая разрезаемому металлу. Поэтому желательно, чтобы газ имел высокий потенциал ионизации и находился в молекулярном состоянии. Такими газами являются аргон, азот, водород, гелий, воздух и их смеси.

**Рис. 1. Принципиальная схема процесса плазменно дуговой резки:** 1 - вольфрамовый

электрод, 2 - медное  
водоохлаждаемое сопло, 3 -  
наружное сопло, 4 - плазменная  
струя,  
5 - разрезаемый металл, 6 -  
изоляционная шайба, 7 -  
балластное сопротивление, 8 -  
источник питания



**Рис.2. Принципиальная схема процесса плазменно-дуговой резки** а - прямого, б - косвенного действия

**Рис. 3. Конструкция горелки для плазменно-дуговой резки:** 1 - магнезитовое кольцо, 2 - сопло, 3 - резиновая прокладка, 4, 6, 8, 10 - изоляционное покрытие, 5 - резиновая трубка, 7 - соединительная гайка, 9 - пробка, 11 - катодный узел, 12 - резиновая прокладка, 13 - корпус сопла, 14 - соединительная гайка, 15 – наружное

#### *Режимы резки Таблица.1*

11.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что называется плазмой?
2. Сущность плазменной резки.
3. Какие газы применяются при плазменной резке?

#### **Практическое занятие № 22**

Техника безопасности при выполнении электродуговой резки

**Цель работы:** Приобрести практические навыки при изучении техники безопасности при выполнении электродуговой резки

#### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Опишите технику безопасности при выполнении электродуговой резки
3. Опишите предельно допустимые концентрации различных веществ в воздухе рабочих помещений

#### **Теоретические сведения**

Защита от поражения электрическим током. При исправном состоянии оборудование и правильном выполнении сварочных работ возможность поражение током исключается.

Однако в практике поражение электрическим током происходят вследствие

неисправности сварочного подключения сварочного оборудования к сети, неправильного ведения сварочных работ.

В этих случаях поражение от электрического тока происходит при прикосновение к токонесущим частям электропроводки и сварочной аппаратуры. Величина тока, проходящего через организм человека, зависит от его электрического сопротивления. Это сопротивление определяется не только условиями труда, но и состояние организма человека (утомленность, состояние здоровья). Опасность поражения сварщика и подсобных рабочих током особенно велика при сварке крупногабаритных резервуаров, во время работы внутри емкостей лежа или полу лежа на металлических частях свариваемого изделия или при выполнении наружных работ в сырую погоду, в сырых помещениях, котлованах, колодцах и др.

Поэтому сварочные работы должны выполняться при соблюдении основных условий безопасности труда. Корпус сварочного агрегата или трансформатора должен быть заземлен. Заземление осуществляется, как правило, с помощью медного провода, один конец которого закрепляется к корпусу сварочного генератора или трансформатора к специальному болту с надписью, а второй конец присоединяется к заземляющей шине.

Заземление передвижных сварочных аппаратов и генераторов производится до их включения в сеть, а снятие заземления – только после отключение от силовой сети.

При наружных работах сварочные агрегаты и трансформаторы должны находятся под навесом, в палатке или в будке для предохранения от дождя и снега. При невозможности соблюдения таких условий сварочные работы во время дождя или снегопада не производят, а сварочную аппаратуру укрывают от воздействия влаги.

Для подключения сварочных аппаратов к сети должны использоваться настенные ящики с рубильниками, предохранителями и зажимами. Длина проводов сетевого напряжения не должна превышать 10 метров.

При работах внутри резервуара или при сварке сложной металлической конструкций к сварщику назначают дежурного наблюдателя, которой должен обеспечить безопасность работ и при необходимости оказать первую помощь.

Защита зрения и кожи лица от излучения и ожогов. Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей.

Яркость видимых лучей значительно превышает норму, допускаемую для человеческого глаза, и поэтому, если смотреть на дугу невооруженным глазом, то она производит ослепляющие действие. Продолжительное действие этих лучей вызывает ослабление зрения. Инфракрасные лучи при длительном воздействии вызывают помутнение хрусталиков глаза (катаракту), что может привести временное или полной потере зрения.

Кроме того, тепловое действие инфракрасных лучей вызывает ожоги кожи лица. Ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном действий течение нескольких секунд вызывают заболевание глаз, называемое электроофтальмией. Оно сопровождается острой болью, резью глазах слезотечением, спазмами век. Продолжительное облучение ультрафиолетовыми лучами ( в течение 2-4 ч ) вызывает ожоги кожи. Для защиты зрения и кожи лица от световых и невидимых излучений электрической дуги электросварщики и их подручные должны закрывать лицо щитком, маской или шлемом, смотровые отверстие в которых вставлено специальное стекло – светофильтр.

**Светофильтр для сварочной маски** защищает глаза человека от теплового, инфракрасного, ультрафиолетового излучений и брызг расплавленного металла.

При сварке применяются дешевые с фиксированной степенью затемненности светофильтры (цветные стекла), дорогие автоматические для сварочной маски (в народе **хамелеон**) и полимерные материалы.

**Затемненное стекло.** Для снижения светопропускаемости в материал добавляют примеси цветных металлов (медь и никель). От содержания примесей в стекле зависит его светопропускаемость.

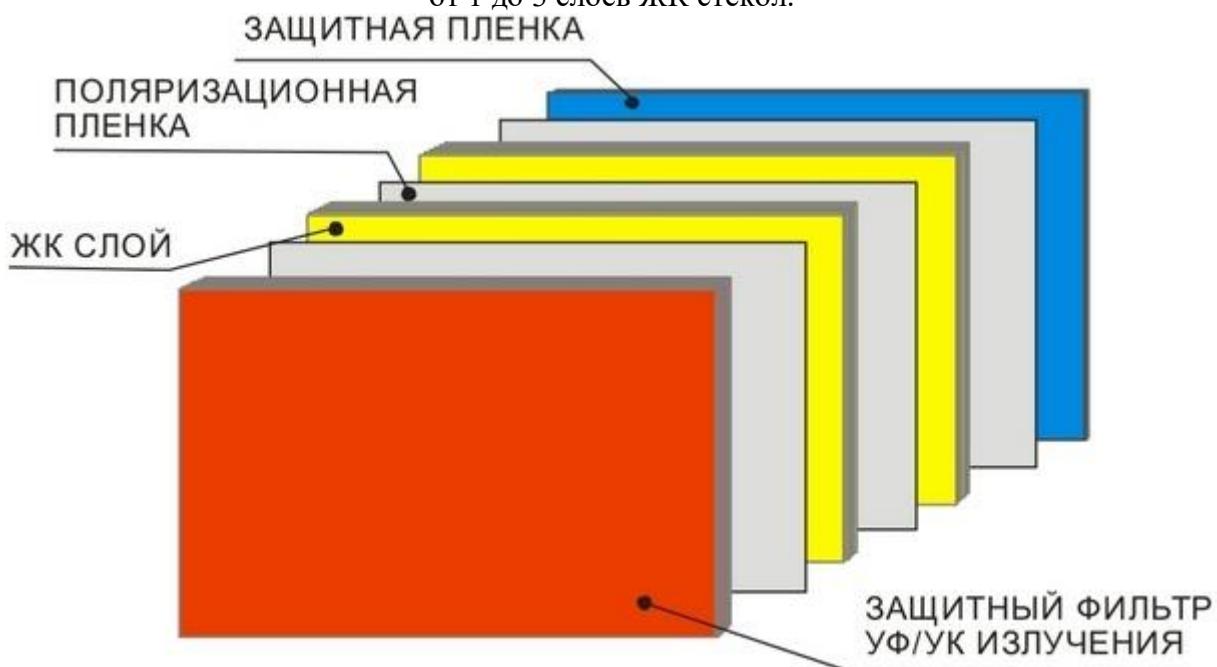
Существует российская и международная маркировка степени затемнения. Отечественная классификация маркируется от С4 до С8, что соответствует европейской 9-13 DIN.

Таблица (ниже) поможет разобраться с соответствием маркировок.

Таблица соответствия российской и международной маркировки степени затемнения	
Степень затемнения DIN	Отечественная классификация
9 DIN	С4
10 DIN	С4 - С5
11 DIN	С5
12 DIN	С6 - С7
13 DIN	С8

**Стекло Хамелеон.** В автоматических стеклах применяется жидкокристаллический экран.

Жидкие кристаллы меняют последовательность построения при изменении светонапряжения, чем достигается разное затемнение. Современные светофильтры имеют от 1 до 3 слоев ЖК стекол.



Отечественная промышленность поставляет на рынок светофильтры для сварки с маркировкой С4-С8, соответствует европейской классификации 9-13 DIN. Стекла со светозатемнением С4 и С8, внешних отличий не имеют. Но С4 обладает меньшей защитой.

При выборе (покупке), проверить светофильтр на подделку можно с помощью лампы дневного света. Через стекло С4 нить накаливания лампочки будет хорошо просматриваться, а через С8 с трудом. Если отличий нет, то от приобретения лучше отказаться.

Профи советуют иметь 2-3 с разной защитой светофильтра для маски сварщика. Тогда в ходе сварочных работ можно подобрать лучший вариант.

Таблица (ниже) поможет подобрать степень затемнения сварочных фильтров от сварочного тока и вида сварки.

Рекомендуемые номера затемнения согласно EN 379:2003 / ГОСТ Р 12.4.035-78															
Метод сварки	Ток, А														
	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500
ММАW / сварка штучным электродом	8	9		10		11		12		13		14			
MAG / полу-автоматическая сварка в среде защитных газов		8	9		10		11		12		13		13		
TIG / сварка вольфрамовым электродом в среде аргона		9		10		11		12		13		14			
MIG / полу-автоматическая сварка в среде защитных газов		8	9		10		11		12		13		14		
MIG / с легкими сплавами		9		10		11		12		13		14			
Дуговая резка			10			11	12		13	14		15			
Плазменная резка				9	10	11		12		13					
Микро-плазменная резка	8		9		10		11		12						
	40	60	70	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500

### Светофильтр хамелеон для сварочной маски

Автоматические жидкокристаллические светофильтры имеют преимущества перед фиксированными аналогами. Обширные настройки настраивают затемнение под любую яркость и диаметр дуги.

Хамелеон, имеет несколько слоев кристаллов, находящихся в слоях полимерной защиты, блок питания и управления, датчики обнаружения дуги.

Автоматический светофильтр — это не сложное приспособление:

устройство крепится к маске двумя винтами;  
работает от солнечной батареи и сменных батареек;  
имеет 3 устройства управления:

регулятор степени затемнения 5-13 DIN и 9-13 DIN. Расположение наружное (на левой стороне маски) или внутреннее (на самом фильтре).

чувствительность (момент срабатывания автоматического затемнения) регулируется в зависимости от времени суток (день, ночь).

регулировка времени затемнения (долгое, среднее и короткое).

**Вентиляция рабочих мест** необходима для удаления пыли и газов, выделяющихся при сварке. Особенное загрязнение воздуха вызывается некачественными электродами. При этом состав пыли и газов определяется содержанием покрытия электрода и составом свариваемого и электродного (или присадочного) металла сварочная пыль (так называемая аэрозоль) представляет собой мельчайшие частицы окислов металлов и минералов. Основными составляющими являются окислы железа (60-70%), марганца, кремния, хрома, фтористых и других соединений.

Наиболее вредными веществами, входящими в состав обмазки, флюса и металла электрода, являются хром, марганец и фтористые соединения. Кроме аэрозоли, воздух в

рабочих помещениях при сварке загрязняется различными вредными газами, например, окислами азота, углерода, фтористым водородом и др. экспериментально установлены предельно допустимые концентраций вредных газов и пыли в воздухе рабочих помещений.

#### **Предельно допустимые концентраций различных веществ в воздухе рабочих помещений мг/м<sup>3</sup>:**

- Марганец и его соединение 0,3
- Хром и его соединения 0,1
- Свинец и его соединения 0,01
- Цинковые соединение 5,0
  - Окись углерода 20,0
  - Фтористые водород 0,5
    - Окислы азота 5,0
    - Бензин, керосин 300,0

Концентрация нетоксичной пыли может достигать 10мг/м<sup>3</sup>. Однако если содержания кварца в пыли превышает 10%, то концентрация нетоксичной пыли допускается только до 2мг/м<sup>3</sup>.

Удаление вредных газов и пыли из зоны сварки, а также подача чистого воздуха осуществляется местной и общей вентиляций.

### **Практическое занятие № 23**

Методы определения дефектов в процессе выполнения ручной дуговой сварки (наплавки, резки) плавящимся покрытым электродом

**Цель работы:** Узнать о различных методах определения дефектов в процессе выполнения ручной дуговой сварки (наплавки, резки) плавящимся покрытым электродом

#### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Классифицируйте методы определения дефектов
3. Подготовьте устный ответ об одном из методов.

### **Теоретические сведения**

Контроль качества сварных соединений с применением специальных приборов позволяет обнаруживать внутренние дефекты сварных швов, т. е. непровары, шлаковые и газовые включения, а также трещины. Контроль может производиться одним из следующих способов.

- 1) просвечиванием рентгеновскими лучами или гамма-лучами радиоактивных изотопов;
- 2) «прозвучиванием» - т. е. нахождением внутренних дефектов шва при помощи ультразвуковых колебаний;
- 3) намагничиванием - т. е. нахождением внутренних дефектов шва с использованием магнитного поля;
- 4) засверливанием (с частичным разрушением шва в месте контроля).

Первые три способа позволяют выявить внутренние дефекты без разрушения шва или конструкции.

Просвечивание рентгеновскими лучами или гамма-лучами радиоактивных изотопов позволяет обнаружить внутренние дефекты без вскрытия шва. Рентгеновские лучи по своей природе относятся к электромагнитным колебаниям и подобны радиоволнам, лучам видимого света или гамма-лучам радиоактивных изотопов; разница заключается только в длине волны. Рентгеновские лучи обладают рядом важных свойств, они могут:

- 1) проникать сквозь непрозрачные тела, в том числе и металл;
- 2) вызывать свечение некоторых химических соединений;
- 3) действовать на фотопленку;
- 4) ионизировать газы; действовать на живые организмы.

Первое и третье из перечисленных свойств и позволяют использовать рентгеновские лучи для контроля сварных соединений.

До ультразвукового контроля сварное соединение подвергают внешнему осмотру и тщательно очищают от грата, краски и грязи. Поверхность, по которой будет перемещаться щуп, смазывают жидким минеральным маслом, что улучшает акустический контакт между щупом и металлом. Можно отметить следующие достоинства этого способа контроля качества сварных швов:

- 1) дефекты сварных швов выявляются при любом пространственном положении шва;
- 2) трудоемкость выявления дефектов значительно (в 2-3 раза) меньше, чем трудоемкость контроля просвечиванием;
- 3) ультразвуковые дефектоскопы имеют малые габариты и вес;
- 4) работа с дефектоскопом безопасна для обслуживающего персонала.

Однако можно обнаружить месторасположение дефекта и другим способом. Разработан специальный магнитный дефектоскоп МД-138, основанный на принципе перераспределения составляющих магнитного потока или нарушения его симметричности при изменении магнитной проницаемости испытываемого участка.

Если вести намагничивание участка шва с помощью П-образного электромагнита, то создаваемый специальной катушкой намагничивания магнитный поток будет проходить частично в основном металле и частично в междуполюсном пространстве. Если же на этом участке шва встретится дефект, произойдет перераспределение магнитных потоков.

Такое перераспределение вызывает также нарушение симметричности магнитного потока относительно нейтральной оси системы. Если в междуполюсное пространство поместить индукционную катушку, то изменение потока индуктирует в ней э.д.с., которая через усилитель поступает на индикатор (стрелочный либо в виде сигнальной лампы или звукового сигнала).

Дефектоскоп комплектуется из стабилизатора напряжения, усилителя и магнитной головки-искателя, которая и перемещается по изделию вдоль шва на небольших колесах.

Магнитный дефектоскоп позволяет выявлять дефекты размером от 1,0 мм и выше с вероятностью 75-90% (просвечивание рентгеновскими лучами принято за 100%). В то же время этот способ обладает большой производительностью (скорость контроля 2-3 м/мин) и не требует специальной подготовки поверхности сварных соединений; контроль

возможен в любом пространственном положении и абсолютно безопасен для обслуживающего персонала.

**Контрольные вопросы:**

**1. Какой дефект преимущественно может образоваться при быстром удалении электрода от деталей?**

1. Кратерные трещины
2. Непровар
3. Поры

**2. Укажите причины образования кратера:**

1. Кратер образуется в месте выделения газов в процессе сварки
2. Из-за резкого отвода дуги от сварочной ванны
3. Из-за значительной усадки металла в процессе кристаллизации.

**3. Назовите основные наружные дефекты шва при РДС:**

1. Нарушение размеров и формы шва, подрезы, прожоги, наплывы, свищи, не заваренный кратер.
2. Нарушение размеров и формы шва, трещины, поры, шлаковые включения.
3. Прожоги, наплывы, свищи, оксидные вольфрамовые включения, несплавления.

**4. Установить правильную последовательность операций при керосиновом способе испытания сварного шва (4, 3, 6,2,5,1)**

1. Вторую сторону сварного шва обильно смочить керосином.
2. Одну сторону шва окрасить меловым раствором
3. Тщательно очистить шов от шлака, грязи
4. Простучать шов молотком
5. Дать шву высохнуть
6. Развести в воде мел

**5. Вставить пропущенное слово:**

Дефект на участке сварного соединения, где отсутствует сплавление между свариваемыми деталями называется «\_\_\_\_\_»

**6. Обратный выгиб детали для уменьшения и предупреждения деформаций при сварке - это:**

1. когда деформированное соединение обрабатывают на прессе или кувалдой
2. когда перед сваркой детали предварительно изгибают на определенную величину в обратную сторону по сравнению с изгибом, вызываемым сваркой
3. когда перед сваркой детали очень жестко закрепляют и оставляют в таком виде до полного охлаждения после сварки

**7. Установить соответствие между названием и изображением дефектов (1-3,2-4,3-5,4-2,5-1)**

**8. Закончить определение:**

Способ исследования сварных швов, при котором не нарушается целостность соединения и самой конструкции в целом - это

---

**9. Зона термического влияния – это:**

1. участок основного металла, подвергшийся расплавлению
2. участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура которого изменяется
3. участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура которого не меняется

## **10. Горячие трещины в металле шва возникают из-за:**

1. повышенного содержания фтора
2. повышенного содержания водорода
3. повышенного содержания серы

## **Практическое занятие № 24**

Нормативы дефектности сварных соединений

**Цель работы:** Узнать о различных методах определения дефектов в процессе выполнения ручной дуговой сварки (наплавки, резки) плавящимся покрытым электродом

### **Ход выполнения работы:**

1. Ознакомление с теоретическими сведениями
2. Классифицируйте методы определения дефектов
3. Подготовьте устный ответ об одном из методов.

### **Теоретические сведения**

Нормы дефектности позволяют произвести сортировку сварных соединений по трём группам качества:

- 1 группа- годные сварные соединения
- 2 группа - дефектные сварные соединения (возможно устранение дефектов и ремонт изделия)
- 3 группа -бракованные сварные соединения (ремонт изделий не допускается)

Нормы дефектности указывают в технических условиях на изготовление сварного соединения (ТУ) или в строительных нормах и правилах для строительных сварных конструкций (СН и П).

Нормы допустимых дефектов выражают обычно в значениях минимальных размеров недопустимых дефектов или максимальных размеров допустимых дефектов, исходя из показателей работоспособности. Их рассчитывают проектировщики, с учётом мнений металловедов, технологов и дефектоскопистов. На основании норм дефектности выбирают технические средства контроля, а также эталонные или тест образцы и определяют условия проведения контроля.

При использовании неразрушающих методов контроля устанавливают связь между реальными размерами дефектов и их параметрами, оцениваемыми при контроле. Эти параметры являются критериями браковки сварных соединений.

Так, например, при ультразвуковом контроле о размере дефекта судят по амплитуде отражённого сигнала от дефекта, поэтому для установления зависимости между амплитудой отражённого сигнала от дефекта и его размерами используют эталоны или тест образцы с моделями допустимых дефектов.

В машиностроительных отраслях промышленности, выпускающих различные сварные изделия, нормы допустимых дефектов устанавливают исходя из степени ответственности изделий и с учётом сложившейся практики разработки браковочных норм на конкретные виды продукции.

По степени ответственности сварные изделия разделяют, как правило, на три категории. Каждой категории соответствует определённый уровень требований к качеству изделий.

Так в авиационной промышленности известны следующие три категории ответственности:

- 1 категория – особо ответственные сварные изделия;
- 2 категория – ответственные сварные изделия;
- 3 категория – мало ответственные сварные изделия.

Для изделий первой категории, эксплуатирующихся при переменных нагрузках и в коррозионной среде, используют комплексную систему контроля, предусматривающую применение нескольких методов неразрушающего контроля. Для этой категории устанавливают самый высокий уровень требований. Изделия, относящиеся к третьей категории ответственности, обычно контролируют визуально. В сварных соединениях этой категории не допускаются только сквозные дефекты.

Категорию ответственности устанавливает конструктор совместно с эксплуатационниками изделий.

### **Эксплуатационный контроль сварных соединений**

В процессе эксплуатации сварных изделий происходит старение материала, сопровождающееся износом и разрушением. Эти явления приводят к появлению неисправностей и отказов изделий.

**Неисправность** – это состояние сварного соединения, при котором оно не соответствует хотя бы одному требованию НТД. Изделие, характеризующееся неисправностью, можно эксплуатировать с учётом обеспечения постоянного контроля за его эксплуатацией.

**Отказ** – это полное нарушение работоспособности изделия, при котором дальнейшая его эксплуатация невозможна. Отказы могут быть постепенные и внезапные.

Постепенные отказы связаны с медленным (вязким) разрушением изделия, а внезапные отказы – с хрупким разрушением изделия.

**Износ** – изменение размеров, формы и состояния поверхности сварного соединения. При износе наблюдается углубление, увеличивается шероховатость поверхности и имеет место остаточная деформация поверхностного слоя (наклеп).

Среди сварных соединений наиболее склонны к износу сварные соединения, выполненные контактной сваркой.

#### **Износ классифицируют на виды:**

- механический износ, возникает в трущихся элементах;
- абразивный износ, возникает в результате попадания твёрдых частиц в зазор между трущимися элементами;
- коррозионный износ, возникает при наличии нагрузок и коррозионной среды;
- усталостный износ, возникает при переменных нагрузках.

Износ сопровождается разрушением и возникновением поверхностных микротрещин. В сварных изделиях возникают также усталостные трещины, а также трещины, связанные с явлением ползучести.

Появление усталостных трещин связано в первую очередь с влиянием концентраторов напряжений (забоины, риски, резкие переходы от шва к основному металлу, от одной толщины к другой, наличие отверстий). При действии переменных нагрузок в наиболее слабом месте изделия, где возникают остаточные напряжения, превышающие предел выносливости, появляются микротрещины, развивающиеся в дальнейшем в усталостные трещины, которые приводят к внезапному разрушению соединения (отказу) без видимых пластических деформаций.

Большое влияние на усталость оказывает изменение температурных условий эксплуатации (теплосмены) и воздействие коррозионной среды.

При этом разрушение соединения происходит при значительно меньших напряжениях.

Появление трещин ползучести связано с медленным нарастанием во времени пластической деформации материала при длительных механических воздействиях и нагреве.

Материалы и сварные соединения, работающие длительное время при высоких температурах, постепенно разрушаются при напряжениях значительно меньших предела текучести.

На появление трещин усталости и ползучести оказывает влияние низкая пластичность металла, наличие дефектов – несплошностей в сварном шве, а также структурные изменения, связанные с упрочнением и разупрочнением металла в процессе эксплуатации..

При эксплуатационном контроле важно фиксировать не только появление трещин, но и знать кинетику их развития во времени. Исследование кинетики развития трещин и разрушений является задачей технической диагностики сварного соединения.

**Техническая диагностика** – занимается установлением и изучением признаков, характеризующих техническое состояние изделий, для предсказания возможных отклонений контролируемых параметров (например, длина трещины или толщина изделия) за допустимые пределы, вследствие чего возникают внезапные отказы.

Техническая диагностика даёт возможность оценить продолжительность эксплуатации изделия, т.е. его долговечность при появлении дефектов. Методы технической диагностики применяют для рациональной организации контроля работоспособности сварных изделий в процессе эксплуатации. Методы технической диагностики разделяют на:

- экспериментальные;
- расчётные.

В расчётных методах определяют напряжённое состояние контролируемого сварного изделия при наличии дефектов. При этом выполняют моделирование состояния дефектного соединения с помощью компьютерной техники.

К экспериментальным методам исследования работоспособности дефектного соединения, относят механические испытание, например, испытания на хрупкость (трещиностойкость), используемое в механике разрушение, для оценки стойкости сварного соединения к хрупкому разрушению.

Испытания на хрупкость проводятся на сварных соединениях со статическим изгибом образца, у которого выполнен надрез, в вершине которого имеется искусственная усталостная трещина. Образец нагружают до момента быстрого (нестабильного) развития трещины. Затем по величине нагрузки и длине трещины рассчитывают коэффициент интенсивности напряжения:

$$KIC = \sigma \sqrt{\pi} l_{tr},$$

$\sigma$ - максимальное (амплитудное) напряжение,

$l_{tr}$ - длина трещины, при которой начинается быстрый ее рост;

Этот коэффициент является главным критерием оценки хрупкости разрушения сварного соединения.

Если  $\sigma \sqrt{\pi} l < KIC$ , где  $\sigma$ - напряжение в данный момент нагружения, а  $l$  – текущая длина трещины, то трещина не развивается и разрушение не наступает. Если  $\sigma \sqrt{\pi} l > KIC$ , то трещина нестабильна, быстро развивается по длине и возникает хрупкое разрушение. Испытания на хрупкость проводят для различных условий нагружения, что позволяет установить ресурс работы изделия и оценить вероятность возникновения отказа. Зная коэффициент интенсивности напряжения и предел текучести металла можно по приведенной формуле определить критическую величину трещины, превышение которой вызывает хрупкое разрушение сварного соединения.

Аналогичные коэффициенты можно определить не только при статических, но и динамических нагрузлениях.

Большую информацию по определению характера зон разрушения и связь её с дефектами и концентраторами дают методы фрактографии (методы анализа изломов).

По виду излома можно определить пластичность или хрупкость металла, или сварного изделия.

Пластичные вязкие металлы дают волокнистый (с выступами) серый излом с матовой поверхностью, т.к. характеризуются мелкозернистой структурой. Хрупкие материалы имеют блестящий, кристаллического вида излом, т.к. характеризуются крупнозернистой структурой. Для изучения макро- и микроизломов используют металлографические и электронные микроскопы.

По виду излома можно судить также о дефектах сварного шва:

- поры выглядят как округлые или вытянутые пустоты;
  - горячие трещины имеют темную окисленную поверхность;
  - холодные трещины имеют блестящую поверхность;
  - металлические включения имеют вид пустот с острыми краями;
  - оксидные пленки, например на алюминиевых сплавах, имеют волокнистый вид.
- К экспериментальным методам технической диагностики относят также методы толщинометрии, структуроскопии и интроскопии, являющиеся методами неразрушающего контроля.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое неисправность, отказ, износ, техническая диагностика?
2. Перечислите группы качества сварных соединений.
3. Для чего проводят испытания на хрупкость?
4. О каких дефектах сварного шва можно судить по виду излома?
5. Классифицируйте сварные изделия по степени ответственности.

#### **Вопросы для экзамена**

##### **Обязательная часть**

###### **1 вопрос:**

##### **Обязательная часть**

1. Определите марку электродов для сварки стали ВСт3пс, расшифруйте обозначение

а) Э 42А- УОНИ-13/45А-4,0-УД

Е412(4)- Б20

Гост 5264-80

б) Э-09М - ЦЛ-6-3,0-ТД

Е-02-А24

Гост 5264-80

Что называется сталью, перечислите виды сталей?

2. Определите марку электродов для сварки стали 15М, расшифруйте обозначение

а) Э 42А- УОНИ-13/45А-4,0-УД

Е412(4)- Б20

Гост 5264-80

б) Э-09М - ЦЛ-6-3,0-ТД

Е-02-А24

Гост 5264-80

в) Э 125- НИИ-3М-4,0-ЛД

Е-18Х1Г1М-0 - Б-20

Гост 5264-80

Какая сталь называется низколегированной молибденовой?

3. Определите марку электродов для сварки стали 10ХСНД, расшифруйте обозначение

а) Э 42А- УОНИ-13/45А-4,0-УД

Е412(4)- Б20

Гост 5264-80

б) Э-09М - ЦЛ-6-3,0-ТД

Е-02-А24  
Гост 5264-80  
в) Э 125- НИИ-ЗМ-4,0-ЛД  
Е-18Х1Г1М-0 - Б-20  
Гост 5264-80

Какая сталь называется низколегированной?

4. Определите марку электродов для сварки стали 20М, расшифруйте обозначение

Э-09МХ - УОНИ-13/45МХ-4,0-ТД1

Е-04-Б20

Гост 5264-80

а) Э 42А- УОНИ-13/45А-4,0-УД

Е412(4)- Б20

Гост 5264-80

в) Э 125- НИИ-ЗМ-4,0-ЛД

Е-18Х1Г1М-0 - Б-20

Гост 5264-80

Какая сталь называется молибденовой?

5. Какие стали называются углеродистыми, на какие группы они разделяются по свариваемости?

6. Какие существуют способы оценки свариваемости сталей?

7. Как содержание углерода и легирующих компонентов влияет на технологию сварки?

8. Какие стали считаются высоколегированными, выделите их особенности сварки?

9. Какие стали считаются теплоустойчивыми, оцените их свариваемость?

10. Какие стали считаются среднеуглеродистыми, рассмотрите, как классифицируются среднеуглеродистые стали по свариваемости.

11. Какие стали считаются высокоуглеродистыми, рассмотрите, как классифицируются высокоуглеродистые стали по свариваемости.

12. Чем характеризуется медь, выделите показатели, влияющие на свариваемость, оцените ее свариваемость?

13. Что называют наплавкой, приведите примеры видов наплавки.

14. Какая наплавка называется восстановительной? Какие типы и марки электродов применяют для наплавки углеродистых сталей?

15. Какие материалы применяют для электродуговой наплавки, охарактеризуйте их.

16. Рассмотрите группы сталей по свариваемости, выделите условия их сварки.

17. Что называется, сваркой, выделите виды сварки, определите сущность каждого вида, приведите примеры каждого вида сварки.

18. Перечислите области применения ручной дуговой сварки, рассмотрите ее определение, преимущества и недостатки.

19. Какие виды сварки плавлением вы знаете, приведите примеры, определите области применения, преимущества и недостатки.

20. Какие виды сварки давлением вы знаете, приведите примеры, определите области применения, преимущества и недостатки.

21. Перед вами пластина из меди М1.

Оцените ее свариваемость. Перечислите свойства меди, влияющие на ее свариваемость.

22. Какие существуют виды электродов, выделите области применения электродов.

23. Чем отличаются друг от друга способы сварки плавлением? Какие материалы необходимы для производства сварки плавлением?

24. Как классифицируются покрытые электроды по назначению?

25. В чем заключается преимущество ручной дуговой сварки перед другими способами?

**2 вопрос:**

## **Обязательная часть**

1. Перед вами две пластины из стали ВСт3сп S=3мм.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

2. Перед вами две пластины из стали ВСт3сп S=6мм.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

3. Перед вами две пластины из стали ВСт3сп S=15мм.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

4. Перед вами две пластины из стали 10ХСНД S=5мм.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

5. Необходимо произвести сварку трубы из углеродистой стали  $d=32\text{мм}$ ,  $S=3,2\text{мм}$ . Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

6. Необходимо произвести сварку трубы из углеродистой стали марки

45  $d=57,8\text{мм}$ ,  $S=3,8\text{мм}$ . Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

7. Определите правила выбора типа и марки электродов при сварке сталей

8. Необходимо произвести сварку стыкового соединения двух пластин длинной 500мм из стали марки Х23Н18 толщиной 4мм в нижнем положении.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность тока, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

9. Почему сварка «углом вперед» предназначена для сварки тонкого металла, а сварка «углом назад» предназначена для сварки более толстого металла.

10. Необходимо произвести сварку стыкового соединения двух пластин длинной 500мм из стали марки 12Х1МФ толщиной 4мм в нижнем положении.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность тока, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

11. Необходимо произвести сварку стыкового соединения двух пластин длинной 500мм из стали марки 25ХГСА толщиной 4мм в нижнем положении.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность тока, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

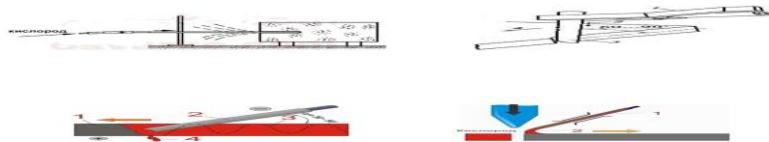
12. Необходимо произвести сварку стыкового соединения двух пластин длинной 200мм из стали марки 20ХГСА толщиной 4мм в нижнем положении.

Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность тока, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

13. Необходимо провести ремонтную сварку наплавкой плоской конструкции из углеродистой стали ВСт3. Выберите необходимую марку наплавочного электрода, род и полярность тока, режим наплавки, подготовку поверхности для производства наплавки, рассмотрите технику и технологию выполнения наплавки.
14. Необходимо провести сварку пластины из стали Ст3 S=4мм в различных пространственных положениях, определите наиболее рациональный способ сварки, рассмотрите его сущность, выделите преимущества и недостатки.
15. Необходимо произвести сварку медной пластины постоянным током, определите способ сварки, рассмотрите его сущность, выделите преимущества и недостатки.
16. Необходимо произвести сварку коробчатой конструкции из стали Ст3, S=4мм. Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность тока, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.
17. Перед вами две пластины алюминия S=6мм. Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.
18. Перед вами две пластины из алюминия S=8мм. Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.
19. Выделите особенности выполнения вертикального сварного шва из стали 40 S=9 мм.
20. Перед вами две пластины из латуни S=8мм. Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.
21. Необходимо провести сварку медных пластин S=5мм в нижнем положении. Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность тока, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.
22. Проведите сравнительный анализ способа резки, выделите назначение, оборудование и особенности выполнения.



23. Проведите сравнительный анализ способа резки, выделите назначение, оборудование и особенности выполнения.



24. Проведите сравнительный анализ способа резки, выделите назначение, оборудование и особенности выполнения.

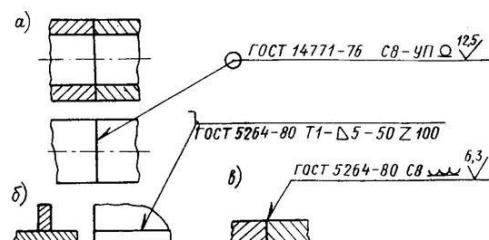


25. Необходимо провести сварку пластин из кремнемарганцовистой бронзы S=5мм в нижнем положении.

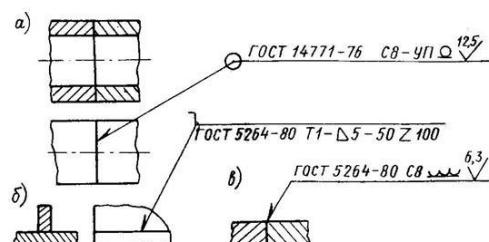
Оцените свариваемость, подберите необходимые материалы для сварки, определите силу сварочного тока, род и полярность тока, способ сварки, угол наклона электрода, колебательное движение, особенности подготовки и выполнения шва.

**Дополнительная часть (включает 1 вопрос из ниже перечисленных).**

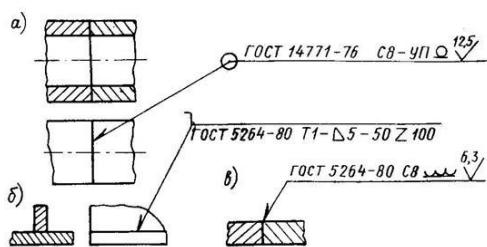
1. Определите на рисунке обозначение стыкового соединения, выполненного по замкнутому контуру, выполните расшифровку обозначения.



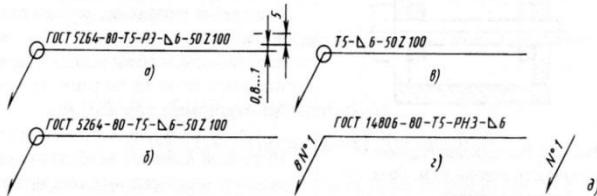
2. Определите на рисунке обозначение таврового соединения, выполните расшифровку обозначения.



3. Определите на рисунке обозначение стыкового соединения, выполните расшифровку обозначения.



4. Расшифруйте обозначение:



5. Что называется, трещиной сварного соединения, выделите причины возникновения и способы устранения.
6. Что называется, порой, выделите причины возникновения и способы ее устранения.
7. Какие дефекты сварного шва считаются допустимыми? Приведите примеры.
8. Какие дефекты сварного шва считаются недопустимыми? Приведите примеры.
9. Определите вид дефекта сварного шва, расположенного на рисунке, укажите причины образования и способы исправления.



усадочные канавки (5013)      вогнутость корня шва (515)      превышение проплава (504)

10. Определите вид дефекта, расположенного на рисунке, укажите причины образования и способы исправления.



усадочные канавки (5013)      вогнутость корня шва (515)      превышение проплава (504)

10. Выделите определение трещины сварного шва, укажите причины возникновения и способы устранения.

11. Определите вид дефекта, расположенного на рисунке, укажите причины образования и способы исправления.



усадочные канавки (5013)      вогнутость корня шва (515)      превышение проплава (504)

10. Определите вид дефекта, расположенного на рисунке, укажите причины образования и способы исправления.



10. Определите марку электродов для сварки стали ВСт3пс, расшифруйте обозначение

а) Э 42А- УОНИ-13/45А-4,0-УД

Е412(4)- Б20

Гост 5264-80

б) Э-09М - ЦЛ-6-3,0-ТД

Е-02-А24

Гост 5264-80

в) Э 125- НИИ-3М-4,0-ЛД

Е-18Х1Г1М-0 - Б-20

Гост 5264-80

15. Определите марку электродов для сварки стали БСт3, расшифруйте обозначение

а) Э 42А- УОНИ-13/45А-4,0-УД

Е412(4)- Б20

Гост 5264-80

б) Э-09М - ЦЛ-6-3,0-ТД

Е-02-А24

Гост 5264-80

в) Э 125- НИИ-3М-4,0-ЛД

Е-18Х1Г1М-0 - Б-20

Гост 5264-80

16. Определите вид дефекта расположенного на рисунке, укажите причины образования и способы исправления.



17. Определите марку электродов для сварки стали 20ХГСА, расшифруйте обозначение

а) Э 42А- УОНИ-13/45А-4,0-УД

Е412(4)- Б20

Гост 5264-80

б) Э-09М - ЦЛ-14-3,0-ТД

Е-02-А24

Гост 5264-80

в) Э 125- НИИ-3М-4,0-ЛД

Е-18Х1Г1М-0 - Б-20

Гост 5264-80

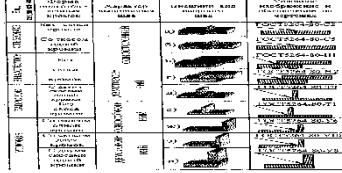
18. Выполните расшифровку обозначения сварного соединения, дайте его определение



18. Выполните расшифровку обозначения сварного соединения, дайте его определение

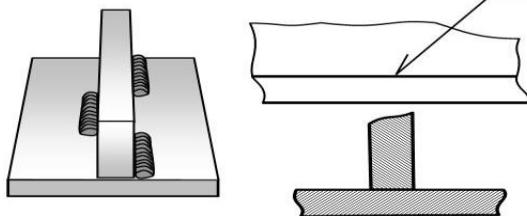


18. Выполните расшифровку обозначения сварного соединения, дайте его определение

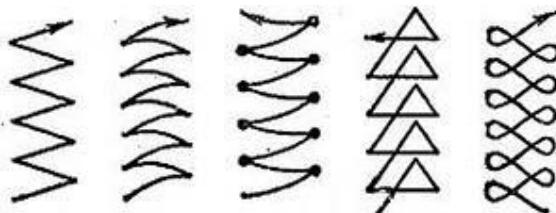


18. Перед вами условное обозначение сварного шва на чертеже. Прокомментируйте, что означает изображение, выполните расшифровку?

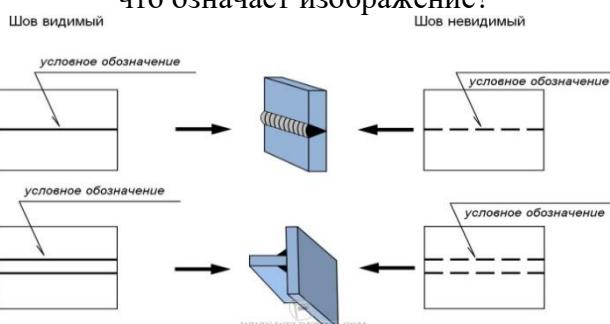
ГОСТ 14806-80 – Т3 – РИИп – 46 – 50±100



18. Определите вид колебательного движения электрода при сварке углового шва с катетом более 8 мм. Обоснуйте выбор.



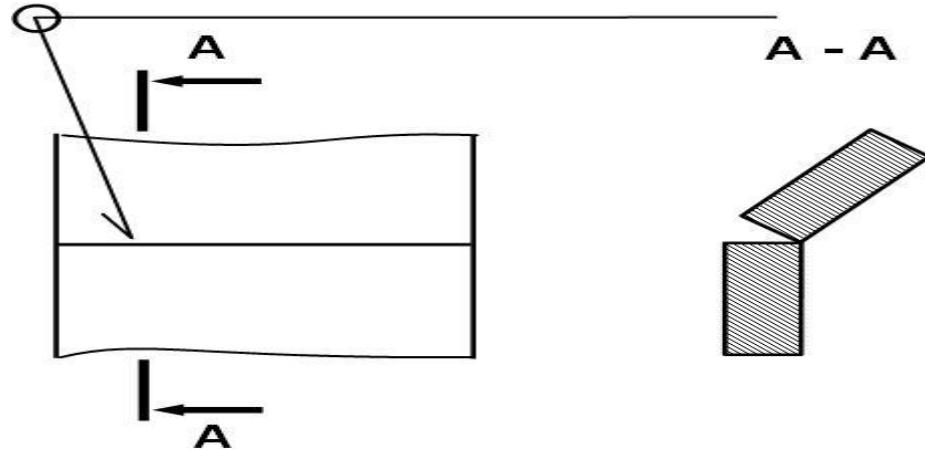
18. Перед вами условное обозначение сварного шва на чертеже. Прокомментируйте, что означает изображение?



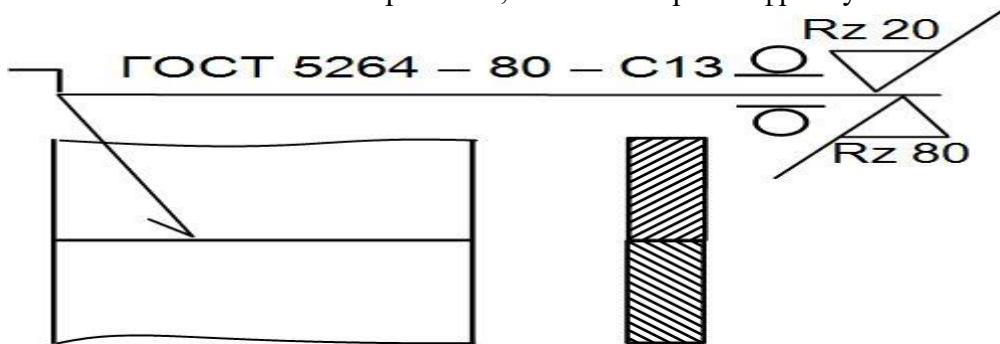
18. Перед вами условное обозначение сварного шва на чертеже. Прокомментируйте, что означает изображение, выполните расшифровку?

ГОСТ 11533 – 75 – У2- А

1991 RELEASE TO THE PUBLIC



18. Перед вами условное обозначение сварного шва на чертеже. Прокомментируйте, что означает изображение, выполните расшифровку?



## 5. Библиографическое описание документов и иные источники

### Основные источники:

1. Чернышов Г.Г. Сварочное дело: Сварка и резка металлов: учебник для нач. проф. образования / Г.Г. Чернышов. – 2-е изд., перераб. – М. : Издательский центр «Академия», 2017. – 496 с.
2. Овчинников В.В. Технология ручной дуговой и плазменной сварки и резки металлов : учебник для нач. проф. образования / В.В. Овчинников. – 2-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2016. – 240 с.
3. под ред. Ю. В. Казакова. Сварка и резка материалов : учебное пособие / М. Д. Банов, Ю. В. Казаков - – М.: Издательский центр «Академия», 2016. – 400 с.
4. Маслов В. И.. Сварочные работы: учеб. для нач. проф. образования: Учеб. пособие для сред. проф. образования/ В. И. Маслов. – 2-е изд., стер.. – М. : Издательский центр «Академия», 2018. – 240 с.
5. Галушкина В.Н. Технология производства сварных конструкций: учебник для нач. проф. образования / В.Н.Галушкина. – 2-е изд. испр. - М. : Издательский центр «Академия», 2014. – 196 с.
6. Овчинников В.В. Контроль качества сварных соединений: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Овчинников. – М. : Издательский центр «Академия», 2016. – 208 с.

### Дополнительные источники:

1. Макиенко Н.И. Слесарное дело с основами материаловедения. Учебник для подготовки рабочих на производстве. Изд. 5-е, переработ. М., «Высшая школа», 1974. – 464 с. с ил.
2. Адаскин А.М., Зуев В.М. Материаловедение (металлообработка): Учеб. пособие. – М: ОИЦ «Академия», 2017. – 288 с.
3. Н.И. Каховский и др. Технология механизированной и электрошлилаковой сварки, М., Высшая школа, 2015 г.

### Интернет-ресурсы:

1. Электронные ресурсы «Технология сварочных работ». Форма доступа: <http://metalhandling.ru>
2. <http://autowelding.ru> Портал «Сварка, резка, металлообработка»
3. <http://svarkaipayka.ru> Информационный портал о сварке и пайке
4. <http://vse-o-svarke.org> Сайт, посвященный сварочным технологиям

## Приложение 1

## **Форма аттестационного листа по практике**

## АТТЕСТАЦИОННЫЙ ЛИСТ ПО ПРАКТИКЕ

ФИО

обучающийся (аяся) на \_\_\_\_\_ курсе по специальности СПО/профессии НПО

---

—  
код и наименование

успешно прошел(ла) учебную / производственную практику по профессиональному  
модулю \_\_\_\_\_

наименование профессионального модуля  
в объеме \_\_\_\_\_ часов с «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г. по «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.  
в \_\_\_\_\_  
организации \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_.20\_\_\_\_ Подпись руководителя практики

\_\_\_\_\_ /ФИО, должность  
Подпись ответственного лица организации (базы практики)  
\_\_\_\_\_ /ФИО, должность