

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА имени К.А. Тимирязева

А.В. Серов, Н.В. Серов, В.М. Соколова

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
РУЧНОЙ ДУГОВОЙ И ГАЗОВОЙ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ МА-
ШИН И ОБОРУДОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие

Москва

2021

УДК 620.22 : 621.791 (076)

ББК 30.3 : 34.641

С 329

Серов А.В., Серов Н.В., Соколова В.М.

С 329 Разработка технологических процессов ручной дуговой и газовой сварки деталей машин и оборудования агропромышленного назначения: учебно-методическое пособие / А. В. Серов, Н. В. Серов, В. М. Соколова / ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А.Тимирязева. - М. : ООО УМЦ «Триада», 2021. - 57 с.

Пособие содержит методы и средства оптимизации технологий, расчёту и проектированию параметров и режимов работы сварочных процессов с использованием ручной дуговой и газовой сварки. Учебно-методическое пособие содержат общие сведения о сварке, сварных соединениях и швах, электродуговой сварке плавлением, газовой сварке, режимов работы и применяемые оборудования.

Предназначено для подготовки бакалавров по направлениям 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», 35.03.06 «Агроинженерия», 20.03.01 «Техносферная безопасность», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 27.03.02 «Управление качеством», 27.03.01 «Стандартизация и метрология», все профили.

© Н. В. Серов, 2021

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К. А. Тимирязева, 2021

© ООО «УМЦ «Триада», 2021

ВВЕДЕНИЕ

Цель работы: разработать технологию, рассчитать и назначить режимы, определить основные технологические параметры для процессов ручной дуговой и газовой сварки.

План работы:

1. Привести классификацию и провести анализ свариваемости соединяемых материалов.
2. Подобрать необходимые сварочные материалы и рассчитать режимы и основные технологические параметры процесса сварки.
3. Подобрать необходимое оборудование.
4. Разработать технологический процесс сварки.
5. Оформить технологическую документацию на разработанный процесс сварки.

1. ПРОВЕСТИ АНАЛИЗ СВАРИВАЕМОСТИ И КЛАССИФИЦИРОВАТЬ СВАРИВАЕМЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Расшифруйте марки заданных материалов, укажите химический состав сталей и их классификацию: по назначению (конструкционные, инструментальные, с особыми свойствами), по содержанию углерода (низкоуглеродистые, среднеуглеродистые, высокоуглеродистые), по содержанию легирующих элементов (нелегированные, низколегированные, среднелегированные, высоколегированные), по качеству (обыкновенного качества, качественные, высококачественные, особовысококачественные), по степени раскисления (кипящие, полуспокойные, спокойные);

1.1. Химический состав стали

Указать химический состав стали в соответствии с маркировкой и по справочнику. Указать прочностью при растяжении σ_B . Химический состав и прочность при растяжении некоторых сталей представлены в таблицах 1 и 2.

1.2. Свариваемость материалов

Свариваемость – свойство металлов образовывать соединение,

отвечающее конструктивным и эксплуатационным требованиям. Свариваемость материалов – комплексное свойство.

Свариваемость определяется составом (прежде всего содержанием углерода) и физическими свойствами материала, способом и режимом сварки, конструкцией сварного узла и условиями эксплуатации изделия. Для оценки склонности металла к появлению холодных трещин чаще всего используется углеродный эквивалент $C_{\text{ЭКВ}}$ который является одним из основных показателей, характеризующим свариваемость (табл. 3).

Таблица 1

Содержание углерода и прочность при растяжении не легированных и низколегированных сталей

| Марка | Предел прочности $\sigma_{\text{в}}$, МПа | Содержание углерода, % |
|----------|--------------------------------------------|------------------------|
| 05кп | 320 | Не более 0,06 |
| 08кп, 08 | 330 | 0,05...0,12 |
| 10кп, 10 | 340 | 0,07...0,14 |
| 15кп, 15 | 380 | 0,12...0,19 |
| 20кп, 20 | 420 | 0,17...0,24 |
| 25 | 460 | 0,22...0,30 |
| 30 | 470 | 0,27...0,35 |
| 35 | 530 | 0,32...0,40 |
| 40 | 570 | 0,37...0,45 |
| 45 | 600 | 0,42...0,50 |
| 15Г | 410 | 0,12...0,19 |
| 20Г | 430 | 0,17...0,24 |
| 25Г | 460 | 0,22...0,30 |
| 30Г | 540 | 0,27...0,35 |
| 35Г | 600...720 | 0,32...0,40 |
| 40Г | 790... 820 | 0,37...0,45 |
| 45Г | 780...1310 | 0,42...0,50 |
| Ст0 | 310 | < 0,23 |
| Ст1 | 320...420 | 0,06...0,12 |
| Ст2 | 340...440 | 0,09...0,15 |
| Ст3 | 380...490 | 0,14...0,22 |
| Ст4 | 420...540 | 0,18...0,27 |
| Ст5 | 500...640 | 0,28...0,37 |
| Ст6 | 600 | 0,38...0,49 |

Таблица 2

Химический состав и предел прочности при растяжении легированных сталей

| Марка | *Предел прочности $\sigma_{в}$, МПа | Химический состав | | | | | | | |
|------------|--------------------------------------|-------------------|-------------|-----------|-----------|----------|----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <i>C</i> | <i>Si</i> | <i>Mn</i> | <i>Ni</i> | <i>S</i> | <i>P</i> | <i>Cr</i> | Прочие |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 12X18H9 | 530 | < 0,12 | < 0,8 | < 2 | 8 - 10 | < 0,02 | < 0,035 | 17 - 19 | <i>Cu</i> < 0,3 |
| 12X18H9T | 540 | < 0,12 | < 0,8 | < 2 | 8 - 9,5 | < 0,02 | < 0,035 | 17 - 19 | <i>Ti</i> ~0,8; <i>Cu</i> < 0,3 |
| 12X18H10T | 530 | < 0,12 | < 0,8 | < 2 | 9 - 11 | < 0,02 | < 0,035 | 17 - 19 | <i>Ti</i> ~0,8; <i>Cu</i> < 0,3 |
| 17X18H9 | 568 | 0,13 - 0,21 | < 0,8 | < 0,2 | 8 - 10 | < 0,02 | < 0,035 | 17 - 19 | <i>Cu</i> < 0,3 |
| 08X22H6T | 588 | < 0,08 | < 0,8 | < 0,8 | 5,3 - 6,3 | < 0,025 | < 0,035 | 21 - 23 | <i>Ti</i> ~0,65; <i>Cu</i> < 0,3 |
| 20X20H14C2 | 590 | < 0,2 | 2 - 3 | < 1,5 | 12 - 15 | < 0,025 | < 0,035 | 19 - 22 | <i>Cu</i> < 0,3; <i>Ti</i> < 0,2 |
| 12MX | 412 | 0,09 - 0,16 | 0,17 - 0,37 | 0,4 - 0,7 | < 0,3 | < 0,025 | < 0,03 | 0,4 - 0,7 | <i>Mo</i> 0,4-0,6; <i>W</i> < 0,2; <i>V</i> < 0,05; <i>Ti</i> < 0,03; <i>Cu</i> < 0,2 |
| 12X1MФ | 470 | 0,1 - 0,15 | 0,17 - 0,37 | 0,4 - 0,7 | < 0,3 | < 0,025 | < 0,03 | 0,9 - 1,2 | <i>Mo</i> 0,25-0,35; <i>V</i> 0,15-0,3; <i>Cu</i> < 0,2 |
| 12X2HBΦA | 490 | 0,09 - 0,16 | 0,17 - 0,37 | 0,3 - 0,7 | 0,8 - 1,2 | < 0,025 | < 0,025 | 1,9 - 2,4 | <i>W</i> 1-1,4; <i>V</i> 0,18-0,28; <i>Cu</i> < 0,25 |
| 15XM | 431 | 0,11 - 0,18 | 0,17 - 0,37 | 0,4 - 0,7 | < 0,3 | < 0,035 | < 0,035 | 0,8 - 1,1 | <i>Mo</i> 0,4-0,55; <i>Cu</i> < 0,3 |
| 15XΦ | 740 | 0,12 - 0,18 | 0,17 - 0,37 | 0,4 - 0,7 | < 0,3 | < 0,035 | < 0,035 | 0,8 - 1,1 | <i>V</i> 0,06-0,12; <i>Cu</i> 0,3 |
| 15X1M1Φ | 500 | 0,1 - 0,16 | 0,17 - 0,37 | 0,4 - 0,7 | < 0,25 | < 0,025 | < 0,025 | 1,1 - 1,4 | <i>Mo</i> 0,9-1,1; <i>V</i> 0,2-0,25; <i>Cu</i> < 0,25 |

Химический состав и прочность при растяжении легированных сталей

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------|-----------|----------------|----------------|--------------|--------------|---------|-------------|--------------|-------------------------------------------|
| 09Г2 | 470 | 0,09 - 0,15 | 0,5 - 0,8 | 0,8 - 1,2 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | $N < 0,008; Cu < 0,3;$ $As 0,08$ |
| 09Г2С | 490 | <0,12 | 0,5 - 0,8 | 1,3 - 1,7 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | $N < 0,008; Cu < 0,3;$ $As 0,08$ |
| 14Г2 | 470 | 0,12 - 0,18 | 0,17 - 0,37 | 1,2 - 1,6 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | $N < 0,008; Cu < 0,3;$ $As 0,08$ |
| 10Г2С1 | 490 | до 0,12 | 0,9-1,2 | 1,3- 1,65 | <0,3 | <0,035 | до 0,035 | до 0,3 | $N < 0,008; Cu < 0,3;$ $As 0,08$ |
| 12ГС | 470 | 0,09 - 0,15 | 0,5 - 0,8 | 0,8 - 1,2 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | $N < 0,008; Cu < 0,3;$ $As 0,08$ |
| 12Г2СМФ | 700...850 | 0,09 - 0,15 | 0,4 - 0,7 | 1,3 - 1,7 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | $Mo 0,15-0,25;$ $V 0,07-0,15; Cu 0,03$ |
| 25ХГСА | 490...690 | 0,22- 0,28 | 0,9-1,2 | 0,8-1,1 | <0,3 | <0,025 | <0,025 | 0,8-1,1 | $Cu < 0,3$ |
| 30ХГСА | 491...686 | 0,28 - 0,34 | 0,9 - 1,2 | 0,8 - 1,1 | <0,3 | <0,025 | <0,025 | 0,8 - 1,1 | $Cu < 0,3$ |
| 30ХГСНА | 588 | 0,27 - 0,34 | 0,9 - 1,2 | 1 - 1,3 | 1,4 - 1,8 | <0,025 | <0,025 | 0,9 - 1,2 | $Cu < 0,3$ |
| 25Х2М1Ф | 900 | 0,22 - 0,29 | 0,17 - 0,37 | 0,4 - 0,7 | < 0,25 | < 0,025 | < 0,03 | 2,1 - 2,6 | $Mo 0,9-1,1; V 0,3-0,5; Cu$ $< 0,2$ |

Химический состав и прочность при растяжении легированных сталей

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------|-----------|----------------|----------------|---------------|--------------|--------|--------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 14Г2 | 470 | 0,12 - 0,18 | 0,17 - 0,37 | 1,2 - 1,6 | <0,3 | <0,35 | <0,035 | <0,3 | <i>N</i> < 0,008; <i>Cu</i> < 0,3; <i>As</i> 0,08 |
| 14Г2АФ | 550 | 0,12 - 0,18 | 0,3 - 0,6 | 1,2 - 1,6 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,4 | <i>V</i> 0,07-0,12; <i>N</i> 0,015- 0,025; <i>Cu</i> < 0,3; <i>As</i> < 0,08 |
| 15ГФ | 510 | 0,12 - 0,18 | 0,17 - 0,37 | 0,9 - 1,2 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | <i>V</i> 0,05-0,12; <i>N</i> 0,012; <i>Cu</i> < 0,3; <i>As</i> < 0,08 |
| 15ХСНД | 470...685 | 0,12 - 0,18 | 0,4 - 0,7 | 0,4 - 0,7 | 0,3 - 0,6 | <0,035 | <0,035 | 0,6 - 0,9 | <i>N</i> < 0,008; <i>Cu</i> 0,2-0,4; <i>As</i> 0,08 |
| 10ХСНД | 510...685 | <0,12 | 0,8 - 1,1 | 0,5 - 0,8 | 0,5 - 0,8 | <0,035 | <0,035 | 0,6 - 0,9 | <i>N</i> < 0,008; <i>Cu</i> 0,4-0,6; <i>As</i> 0,08 |
| 17ГС | 490 | 0,14 - 0,2 | 0,4 - 0,6 | 1 - 1,4 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | <i>N</i> < 0,008; <i>Cu</i> < 0,3; <i>As</i> 0,08 |
| 17Г1С | 490 | 0,15 - 0,2 | 0,4 - 0,6 | 1,15 - 1,6 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | <0,3 | <i>N</i> < 0,008; <i>Cu</i> < 0,3; <i>As</i> 0,08 |
| 18ХГТ | 980 | 0,17 - 0,23 | 0,17 - 0,37 | 0,8 - 1,1 | <0,3 | <0,035 | <0,035 | 1 - 1,3 | <i>Ti</i> 0,03-0,09; <i>Cu</i> < 0,3 |
| 25ХГСА | 490...690 | 0,22 - 0,28 | 0,9 - 1,2 | 0,8 - 1,1 | <0,3 | <0,025 | <0,025 | 0,8 - 1,1 | <i>Cu</i> < 0,3 |

*после нормализации или для труб

ГОСТ 27772 - 2015 рекомендует для оценки свариваемости (см. таблица 3) проката для строительных конструкций следующую формулу:

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

где C , Mn , Si , Cr , Ni , Cu , V , P - массовые доли углерода, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, ванадия и фосфора, %.

В свою очередь, Дюреном была выведена формула углеродного эквивалента микролегированных сталей, которая достаточно точно характеризует их склонность к образованию холодных трещин:

$$C_{\text{ЭКВ}} = C + Si/25 + (Mn + Cu)/16 + Cr/20 + Ni/20 + Mo/40 + V/15, \% (2)$$

Склонность к образованию холодных и горячих трещин зависит от структуры, получаемой в процессе сварки в зоне шва. Основными ферритообразующими элементами являются хром, молибден, ванадий, кремний, вольфрам, алюминий, титан, ниобий. Основные аустенитообразующие элементы - никель, углерод, азот, марганец, медь, кобальт. Зная ожидаемый химический состав металла шва, по диаграмме Шеффлера можно определить его структуру (см. рис. 1).

Эквивалент никеля находится как:

$$Ni_{\text{ЭКВ}} = Ni + 30 \cdot C + 0,5 \cdot Mn, \% (3)$$

где Ni , C , Mn – содержание никеля, углерода и марганца в процентах.

Эквивалент хрома:

$$Cr_{\text{ЭКВ}} = Cr + Mo + 1,5 \cdot Si + 0,5 \cdot Nb, \% (4)$$

где Cr , Si , Nb – содержание хрома, кремния и ниобия в процентах.

Таблица 3

Группы свариваемости сталей

| Группа свариваемости | C _{экв} , % | Условия сварки | Марки сталей | |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | углеродистые | легированные |
| I – хорошая | ≤ 0,25 | Без ограничений выбора способов сварки | Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, 08; 10, 15, 20, 25, 12кп, 15кп, 16кп, 18кп, 20кп | 15Г, 20Г, 15Х, 15ХА, 20Х, 15ХМ, 14ХГС, 10ХСНД, 10ХГСНД, 15ХСНД |
| II – удовлетворительная | 0,25... 0,35 | Правильно выбранный режим сварки, иногда предварительный подогрев | Ст5; 30, 35 | 12ХН2, 12ХН3А, 14Х2МР, 10Г2МР, 20ХН3А, 20ХН, 20ХГСА, 25ХГСА, 30Х, 30ХМ |
| III - ограниченная | 0,35... 0,45 | Предварительный подогрев до 250...400 °С и отпуск после сварки | Ст6; 40, 45, 50 | 35Г, 40Г, 45Г, 40Г2, 35Х, 40Х, 45Х, 40ХН, 40ХМФА, 30ХГС, 30ХГСА, 30ХГСМ, 35ХМ, 20Х2Н4А, 4ХС, 12Х2Н4МА |
| IV - плохая | >0,45 | Предварительный и сопутствующий подогрев, специальные технологические процессы и последующая термообработка | 65, 70, 75, 80, 85, У7, У8, У9, У10, У11, У12 | 50Г, 50Г2, 50Х, 50ХН, 45ХН3МФА, 6ХС, 7Х3, 9ХС, 8Х3, 5ХНТ, 5ХНВ |

Выбрав соответствующие электроды, находят химический состав металла шва:

$$X_{ш} = \alpha X_{ом} + (1-\alpha)X_{пм} \quad (5)$$

где $X_{ом}$, $X_{пм}$ - содержание легирующих элементов в основном металле и присадочном соответственно.

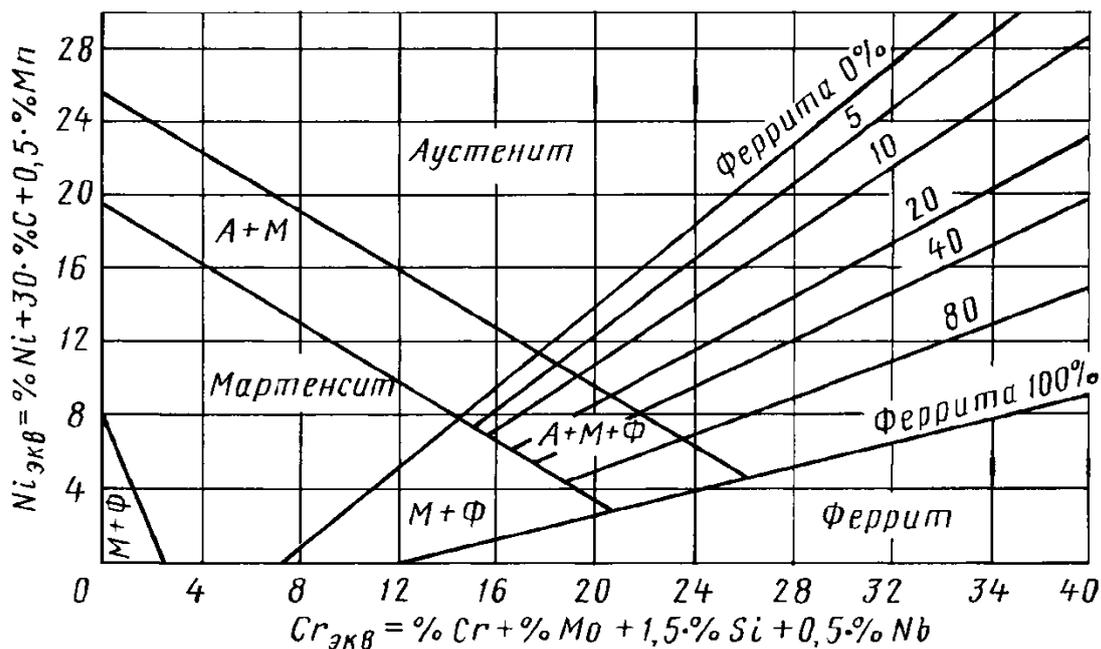


Рис. 1. Диаграмма Шеффлера

α - доля участия основного металла в формировании шва:

$$\alpha = \frac{\gamma_0 F_0}{\gamma_0 F_0 + \gamma_3 F_3} \quad (6)$$

где F_0 и F_3 – площадь сечения расплавленного основного и наплавленного металла (рис. 4 и, к).

γ_0 и γ_3 – плотность основного и наплавленного металла.

Далее находят $Ni_{экв}$ и $Cr_{экв}$. В результате может получиться:

I - аустенитная структура (зона образования горячих трещин);

II - аустенитно-ферритная структура со значительным количеством феррита - охрупчивание из-за сигматизации. Сигматизация – это появление в

структуре металла шва хрупкой твёрдой немагнитной составляющей, получившей название σ - фазы – интреметаллида, имеющего переменных химический состав и сложную кристаллическую решётку. В аустенитных сталях сигматизация может сопровождаться выпадением мелкодисперсных карбидов;

III - чистый мартенсит – холодные трещины;

IV - оптимальный состав – феррит (феррит и перлит).

Температуру предварительного подогрева при сварке металлов, определяют по формуле:

$$T = 350\sqrt{C_{об} - 0,25}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

где $C_{об}$ - общий эквивалент углерода, который можно вычислить следующим образом:

$$C_{об} = C_{эКВ} + C_s, \quad (8)$$

$C_{эКВ}$ - химический эквивалент углерода, вычисляется по формулам, приведённым выше;

C_s - эквивалент углерода, в зависимости от толщины листа δ , в мм. Вычисляется по формуле:

$$C_s = 0,005 \cdot \delta \cdot C_{эКВ}. \quad (9)$$

В итоге, получаем:

$$C_{об} = C_{эКВ}(1 + 0,005\delta) \quad (10)$$

Для обычных углеродистых и низколегированных сталей возможную максимальную величину твердости в ЗТВ можно вычислить на основе химического состава стали:

$$HV_{max} = 90 + 1050 \cdot C + 47 \cdot Si + 75 \cdot Mn + 30 \cdot Ni + 31 \cdot Cr, (11)$$

где C, Si, Mn, Ni, Cr - массовые доли химических элементов, %.

Таблица 4

Рекомендуемые значения температуры подогрева при сварке

| Сталь | Толщина стенки изделия, мм | Температура подогрева, °С |
|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Низкоуглеродистая, до 0,22 % С | > 100 | 100...150 (на многослойных швах) |
| Среднеуглеродистая, до 0,45 % С | >60 | 100...250 |
| Высокоуглеродистая | - | 250...400 |
| Низколегированная | >30 | 150...200 |
| Легированная конструкционная | | до 350 |
| Теплоустойчивая: 15ХМ | 10...30 | 150 |
| | >30 | 200 |
| 12Х1МФ, 20ХМФЛ | 7...30 | 200 |
| | >30 | 250 |
| 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ | 7...30 | 250 |
| | >30 | 300 |
| Жаропрочная аустенитная | - | Без подогрева |

Если твердость выше HV 350...400, то в структуре зоны термического влияния (ЗТВ) уже присутствует смесь твердых продуктов превращения аустенита, которые способствуют образованию холодных трещин.

Если речь идёт об опасности образования горячих трещин в металле сварного шва, то оценить свариваемость стали по этому критерию можно при помощи показателя HCS , вычисляемого по формуле:

$$HCS = \frac{C(S+P + \frac{Si}{25} + \frac{Ni}{100})}{3Mn + Cr + Mo + V} 10^3 (12)$$

Если получившаяся величина $HCS > 4$, то возникает риск образования

горячих трещин. Однако, если выполняется сварка высокопрочных сталей большой толщины, то риск возникновения данного дефекта сварного шва возникает уже при показателе $HCS > 1,6 \dots 2$.

2. ЭЛЕКТРОДЫ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

Покрытые металлические электроды для ручной дуговой сварки (далее электроды) изготавливают в соответствии с ГОСТ 9466-75, которым установлены классификация, размеры и общие технические требования.

При сварке углеродистых и легированных конструкционных сталей электроды в соответствии с ГОСТ 9467-75 подразделяются на типы. Тип электродов обозначается буквой «Э», затем следуют цифры, которые указывают предел прочности при растяжении наплавленного металла (σ_B в кгс/мм²). Необходимо выбирать **тип электрода с прочностной характеристикой не ниже прочности свариваемого материала**. Цифры и буквы следующие через «-» за буквой «Э» - марка стали, химическому составу которой соответствует данный электрод. При сварке легированных сталей необходимо выбирать тип электрода максимально близким по химическому составу, свариваемым материалам (таблица 5 и 6). Маркой электрода обозначается организация – разработчик, каждому типу может соответствовать несколько различных марок. Электроды классифицируются: по назначению (рис. 2, табл. 6), толщине покрытия, группам точности, виду покрытия (табл. 7), группам механических характеристик (табл. 8), допустимым пространственным положениям шва, роду и полярности сварочного тока (табл. 9).

2.1 Классификация электродов по толщине покрытия

Покрытия электродов имеют компоненты обеспечивающие: ионизацию дугового пространства, стабилизацию дуги, защиту, раскисление и легирование сварочной ванны. Тонкие покрытия электрода (М) обеспечивают только устойчивое горение сварочной дуги, поэтому такие электроды применяются для сварки неответственных конструкций из низкоуглеродистых сталей. Остальные покрытия электродов (средняя (С), толстая (Д), особо толстая (Г))

обеспечивают устойчивое горение дуги и получение сварных соединений с высокими механическими свойствами и их называют качественными.

Таблица 5

Рекомендуемые марки электродной проволоки при сварке сталей с особыми свойствами

| Марка стали | Марка проволоки |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Коррозионностойкие стали | |
| 08X18H10, 08X18H10TD2, X18H10T, 08X18H12T, 08X18H12Б, 08X22H6T и подобные, работающие в агрессивных средах; к металлу шва предъявляются требования по стойкости к межкристаллитной коррозии | Св-01X19H9 Св-04X19H9 Св-06X19H9Т Св-07X18H9ТЮ |
| 12X18H10T, 08X18H10T, 08 X18H12T, 08 X18H12Б и подобные, работающие при температурах выше 350 °С или в условиях, когда к металлу шва предъявляются требования по стойкости к межкристаллитной коррозии | Св-07X19H10Б Св-05X20H9ФБС |
| 10X17H13M3T, 08X18H12Б и подобные; к металлу шва предъявляются требования по стойкости к межкристаллитной коррозии | Св-08X19H10M3Б Св-06X20H11M3ТБ |
| Жаропрочные стали | |
| 12X18H9 с аустенитно-ферритными швами | Св-04X19H9 |
| 12X18H9Б, 08X18H12T и др. с аустенитно-ферритными швами | Св-08X18H8Г2Б |
| Жаростойкие стали. | |
| 20X23H13, 08X20H14C2 и подобные | Св-07X25H13 |

2.2. Группы точности изготовления электродов

В зависимости от содержания серы (*S*) и фосфора (*P*) в наплавленном металле электроды разделяют на группы 1, 2 и 3. На рисунке 2 представлена маркировка электрода: типа Э42 по ГОСТ 9467-75, марки УОНИИ-13/45, диаметром 5,0 мм, для сварки углеродистых и низколегированных сталей У, с толстым покрытием Д, 2-й группы, с установленной по ГОСТ 9467-75 группой индексов 41 2(4), указывающих следующие характеристики наплавленного металла и металла шва (σ_b не менее 410 МПа, δ не менее 22%, $T_x=-30^0C$), с основным покрытием «Б», Для сварки во всех положениях, кроме вертикального сверху вниз 2, на постоянном токе обратной полярности 0.

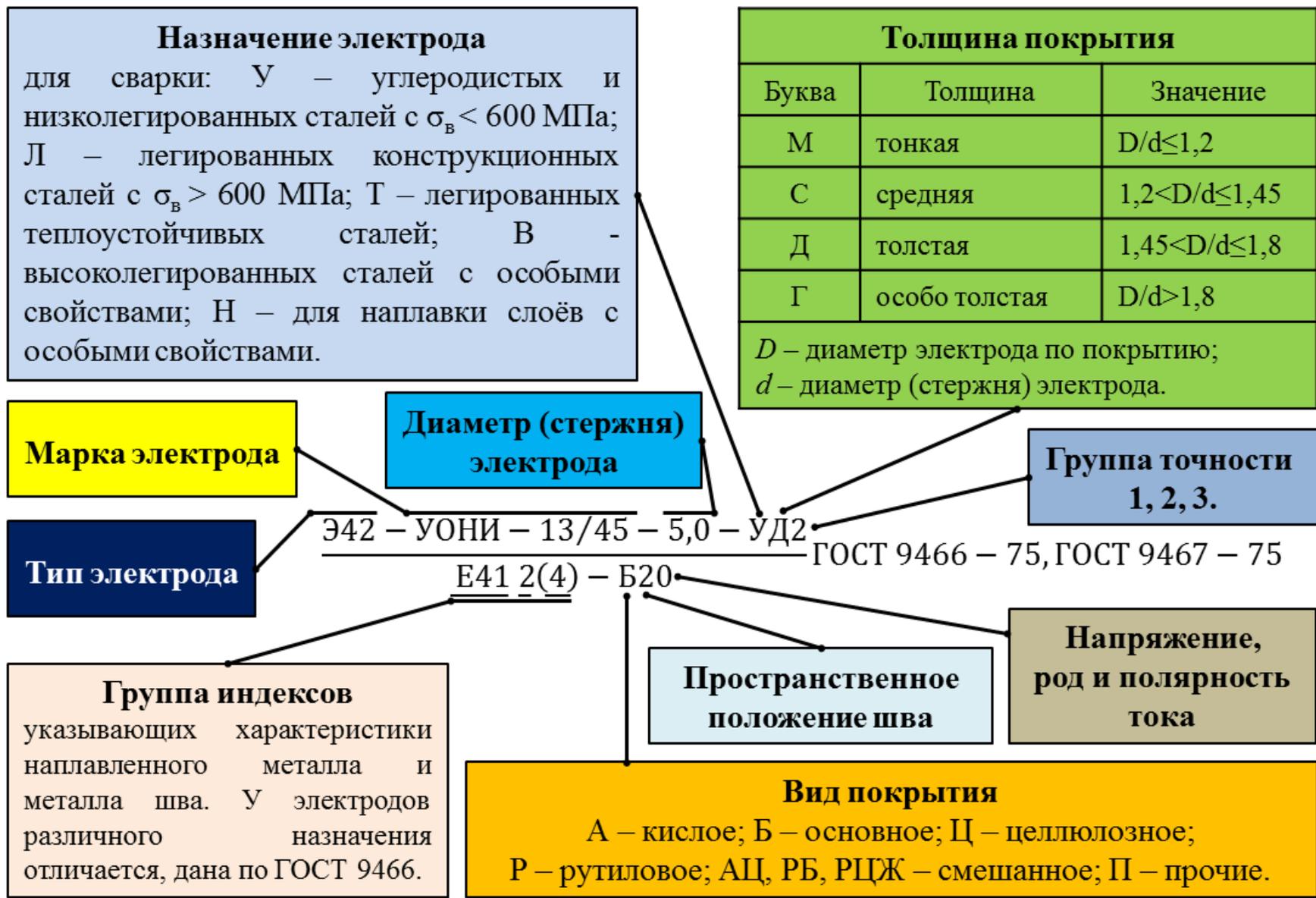


Рис. 2. Пример условного обозначения электрода

Классификация электродов по назначению

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| Сварка углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву (σ_B) до 600 МПа | Э38, Э42, Э42А, Э46, Э46А, Э50, Э50А, Э55, Э60 | У |
| Сварка легированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа | Э70, Э85, Э100, Э125, Э150 | Л |
| Сварка легированных теплоустойчивых сталей | Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-05Х2М, Э-09Х2М1, Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НФБ, Э-10Х3М1БФ, Э-10Х5МФ | Т |
| Сварка высоколегированных сталей с особыми свойствами | Э-12Х13, Э-06Х13Н, Э-10Х17Т, Э-12Х11НМФ, Э-12Х11НВМФ, Э-14Х11НВМФ, Э-10Х16Н4Б, Э-08Х24Н6ГАФМ, Э-04Х20Н9, Э-07Х20Н9, Э-02Х21Н10Г2, Э-06Х22Н9, Э-08Х16Н8М2, Э-08Х17Н8М2, Э-06Х19Н11Г2М2, Э-02Х20Н14Г2М2, Э-02Х19Н9Б, Э-08Х19Н10Г2Б, Э-08Х20Н9Г2Б, Э-10Х17Н13С4, Э-08Х19Н10Г2МБ, Э-09Х19Н10Г2М2Б, Э-08Х19Н9Ф2С2, Э-08Х19Н9Ф2Г2СМ, Э-09Х16Н8Г3М3Ф, Э-09Х19Н11Г3М2Ф, Э-07Х19Н11М3Г2Ф, Э-08Х24Н12Г3СТ, Э-10Х25Н13Г2, Э-12Х24Н14С2, Э-10Х25Н13Г2Б, Э-10Х28Н12Г2, Э-03Х15Н9АГ4, Э-10Х20Н9Г6С, Э-28Х24Н16Г6, Э-02Х19Н15Г4АМ3В2, Э-02Х19Н18Г5АМ3, Э-11Х15Н25М6АГ2, Э-09Х15Н25М6Г2Ф, Э-27Х15Н35В3Г2Б2Т, Э-04Х16Н35Г6М7Б, Э-06Х25Н40М7Г2, Э-08Н60Г7М7Т, Э-08Х25Н60М10Г2, Э-02Х20Н60М15В3, Э-04Х10Н60М24, Э-08Х14Н65М15В4Г2, Э-10Х20Н70Г2М2В, Э-10Х20Н70Г2М2Б2В | В |
| Наплавка поверхностных слоев с особыми свойствами | 44 типа* Э10Г2, Э11Г3, Э16Г2ХМ и др. | Н |

*не применяются для сварки

Классификация электродов по виду покрытия

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|
| Сварка во всех пространственных положениях постоянным и переменным током. Не рекомендуется для сталей с повышенным содержанием серы и углерода. Недостаток: возможны трещины в швах, сильное разбрызгивание. | КИСЛЫЕ | А |
| Сварка во всех пространственных положениях постоянным и переменным током. | РУТИЛОВЫЕ | Р |
| Сварка во всех пространственных положениях постоянным током обратной полярности металлов большой толщины. | ОСНОВНЫЕ | Б |
| Сварка во всех пространственных положениях постоянным и переменным током. Целесообразны при монтаже. Не допускают перегрева. Большие потери на разбрызгивание. | ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ | Ц |
| Сварка конструкций и трубопроводов во всех пространственных положениях шва, кроме потолочного, при низком расходе на наплавленного металла. | СМЕШАННОГО ТИПА | РЦЖ* |
| *С железным порошком. | | |

Индекс группы механических характеристик электродов по ГОСТ 9466-75

| Обозначение электрода | | Минимальные механические свойства наплавленного металла | | | Минимальная температура при КСV 34 Дж/см ² | |
|-----------------------|-------|------------------------------------------------------------|-----|--------------|----------------------------------------------------------|-----|
| Индексы | | σ_B , МПа | | δ , % | Индекс | °С |
| Е 410 | Е 430 | 410 | 430 | 20 | 0 | - |
| Е 411 | Е 431 | 410 | 430 | 20 | 1 | +20 |
| Е 412 | Е 432 | 410 | 430 | 22 | 2 | 0 |
| Е 413 | Е 433 | 410 | 430 | 24 | 3 | -20 |
| Е 414 | Е 434 | 410 | 430 | 24 | 4 | -30 |
| Е 415 | Е 435 | 410 | 430 | 24 | 5 | -40 |
| Е 416 | Е 436 | 410 | 430 | 24 | 6 | -50 |
| Е 417 | Е 437 | 410 | 430 | 24 | 7 | -60 |
| Е 510 | | 510 | | 18 | 0 | - |
| Е 511 | | 510 | | 18 | 1 | +20 |
| Е 512 | | 510 | | 18 | 2 | 0 |
| Е 513 | | 510 | | 20 | 3 | -20 |
| Е 514 | | 510 | | 20 | 4 | -30 |
| Е 515 | | 510 | | 20 | 5 | -40 |
| Е 516 | | 510 | | 20 | 6 | -50 |
| Е 517 | | 510 | | 20 | 7 | -6 |

Классификация электродов по роду и полярности сварочного тока

| Переменный ток (U _{хх} , В) | Постоянный ток (полярность) | Обозначение |
|--------------------------------------|-----------------------------|-------------|
| Не применяется | обратная | 0 |
| 50±5 | любая | 1 |
| | прямая | 2 |
| | обратная | 3 |
| 70±10 | любая | 4 |
| | прямая | 5 |
| | обратная | 6 |
| 90±5 | любая | 7 |
| | прямая | 8 |
| | обратная | 9 |

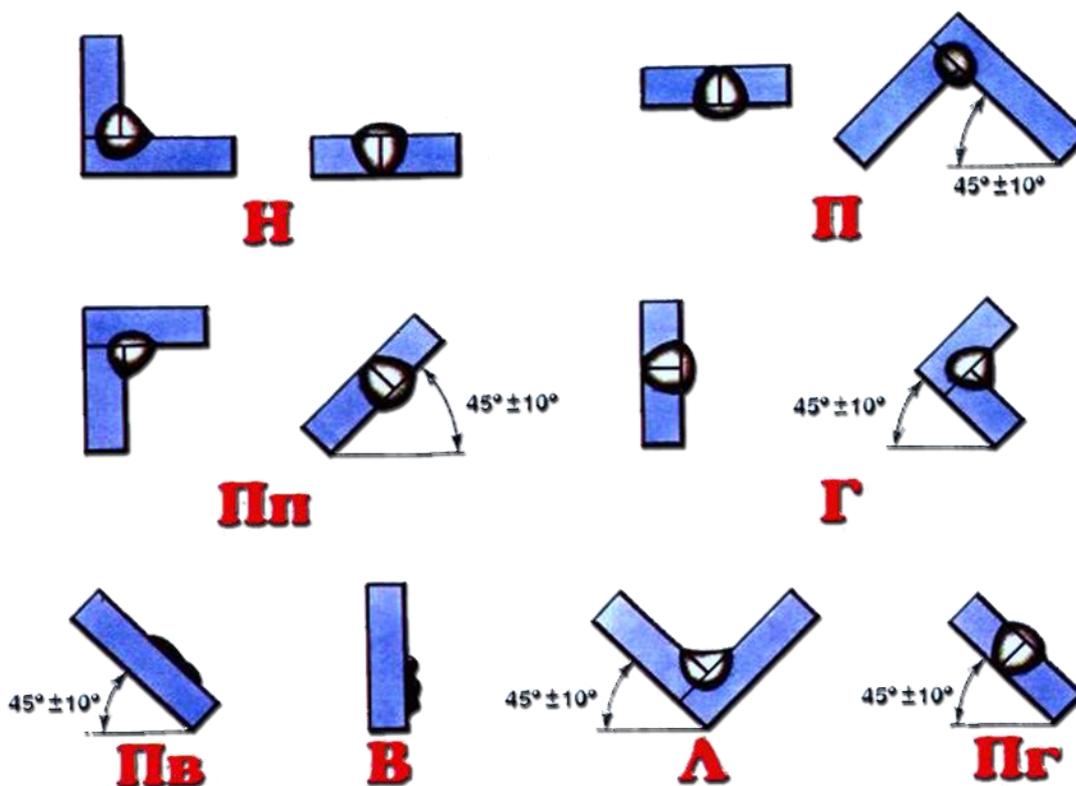


Рис. 3. Положения при сварке:

Н – нижнее; П – потолочное; Пв – полувертикальное;
 В – вертикальное; Пп – полупотолочное; Г – горизонтальное;
 Л – в лодочку; Пг – полугоризонтальное

2.3. Допустимые пространственные положения шва

Электроды по допустимым пространственным положениям шва маркируются: 1 - для сварки во всех положениях; 2 - для сварки во всех положениях, кроме вертикального сверху вниз; 3 - то же, кроме вертикального сверху вниз и потолочного; 4 - для швов нижнего и нижнего «в лодочку».

3. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ (РДС)

Понятие «режим сварки» включает совокупность характеристик сварочного процесса, обеспечивающих получение сварного шва заданного размера, формы и качества.

Для ручной дуговой сварки такими характеристиками являются диаметр электрода, сила сварочного тока, скорость сварки, время сварки и т. п., которые подбираются в соответствии со свариваемым материалом, формой и размерами изделия, типом сварного соединения.

Диаметр электрода d_e выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла (рис 5 к), типа соединения (рис. 4) положения шва в пространстве (рис 3) и катета шва (рис 5 и).

Ориентировочно диаметр электрода можно определить по формуле:

$$d_e = \delta/2 + 1, \text{ мм (13)}$$

где δ - толщина свариваемого металла (катет углового шва k или притупление c при выполнении разделки кромок). В случае выполнения угловых и тавровых швов (см. рис. 4), диаметр электродов выбирают, исходя из размеров катета сварного шва (см. рис 5 и). Катет угловых соединений при сварке деталей толщиной менее 5 мм делают равным толщине детали δ . Для деталей большей толщины катет шва ориентировочно можно найти как:

$$k = 0,14\delta + 5, \text{ мм.}$$

Не рекомендуется принимать диаметр электрода (таблица 10) более 5 мм независимо от толщины материала. Если расчётный диаметр электрода получился больше 5 мм, его принимают 3...4 мм при этом необходимо выполнить разделку кромок соединяемых деталей (рис. 5 а, б, в, г, д, е, ж, з).

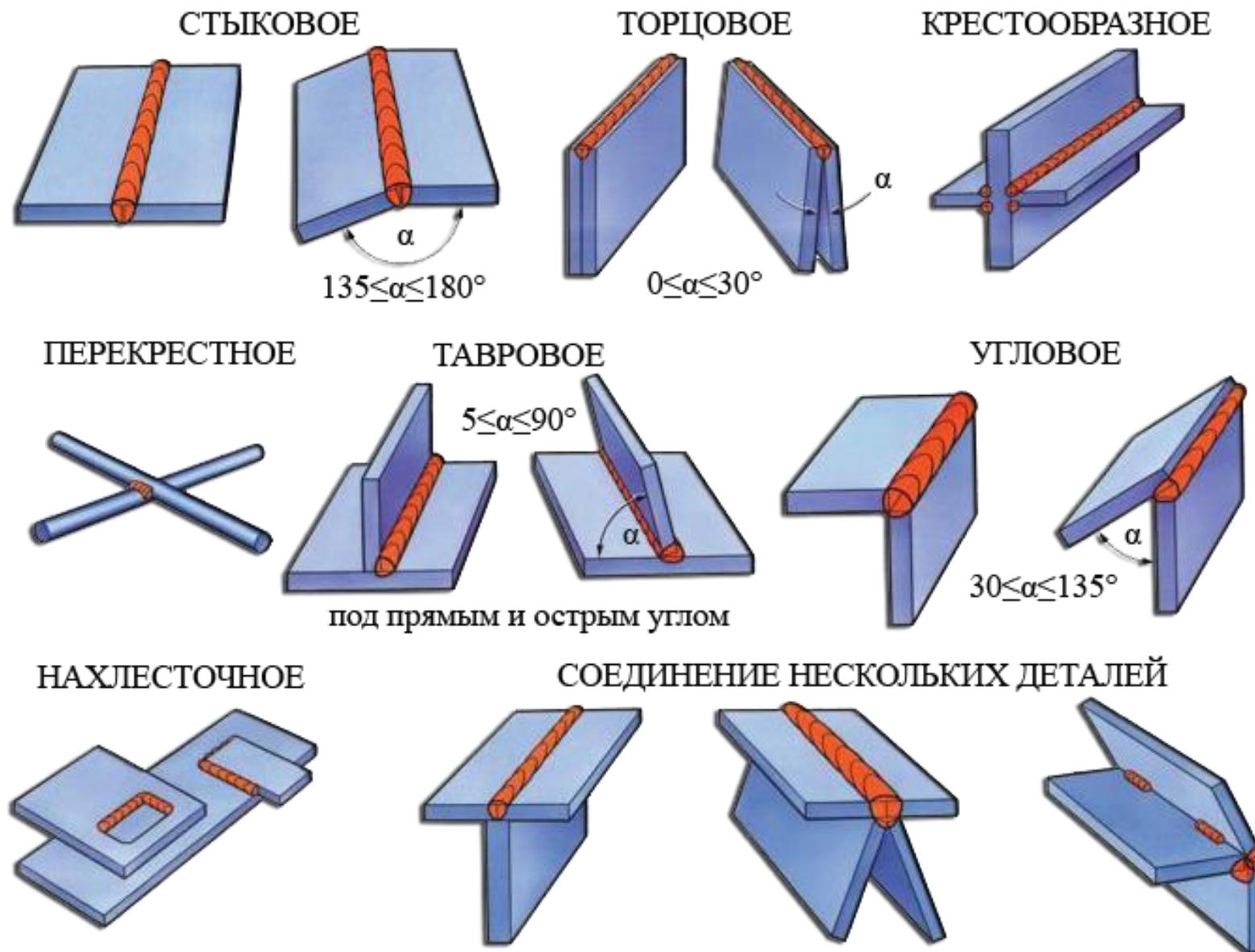


Рис. 4. Основные типы сварных соединений по ГОСТ Р ИСО 17659-2009

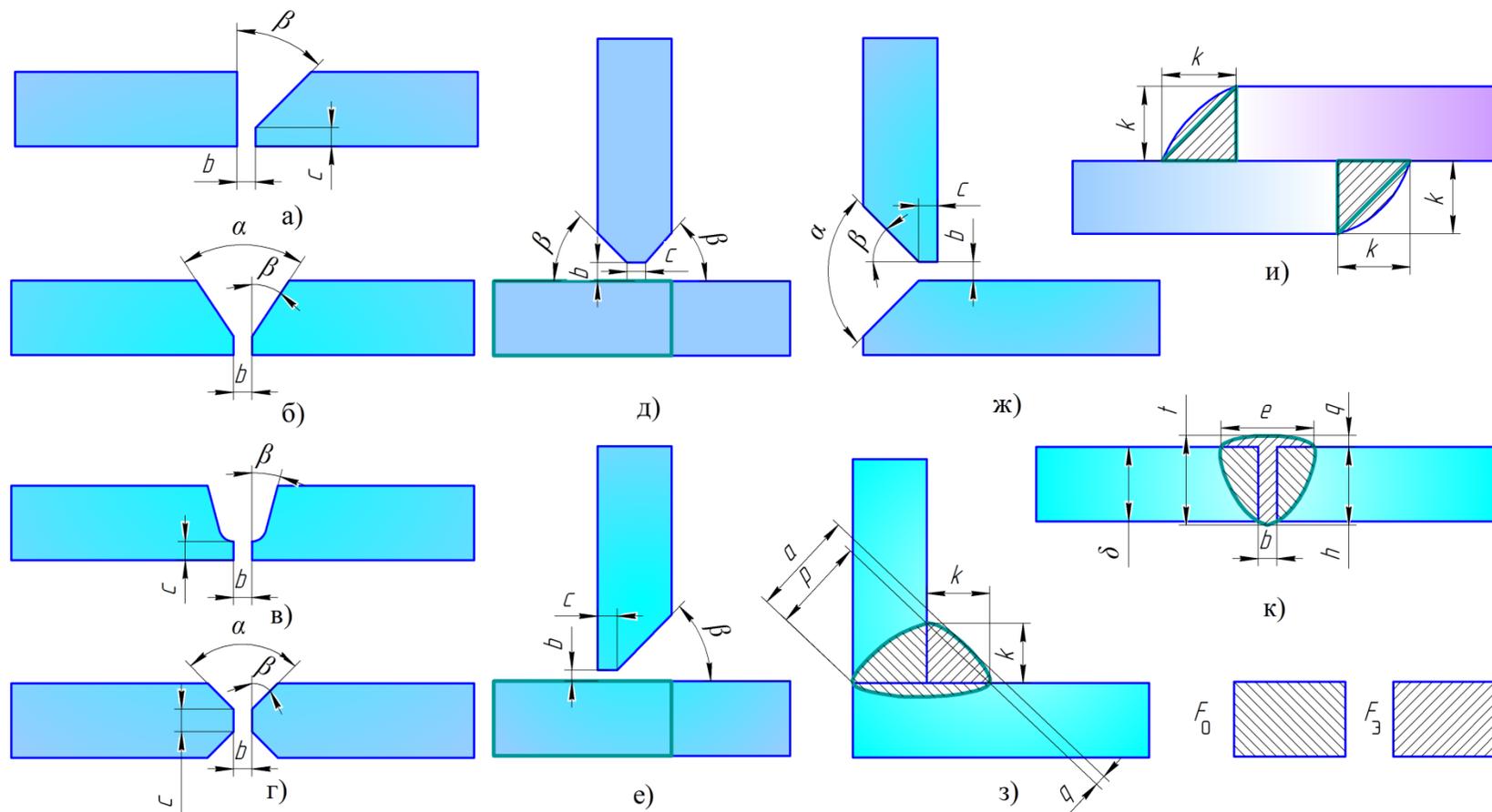


Рис. 5. Конструктивные элементы сварных швов (з, и, к) и разделки кромок (а, б, в, г, д, е, ж) при сварке: а) односторонняя одной кромки ($\delta < 10$ мм); б) V – образная ($\delta < 16$ мм); в) U – образная ($\delta < 20$ мм); г) X – образная ($\delta > 20$ мм); д) двухсторонняя одной кромки; е) односторонняя одной кромки; ж) односторонняя двух кромок; з), и) и к) конструктивные элементы угловых, нахлесточных и стыковых соединений соответственно: α – угол разделки кромок ($60 \dots 90^\circ$); β – угол скоса кромок ($30 \dots 50^\circ$); b – зазор ($0 \dots 3$ мм); c – притупление кромок ($2 \dots 4$ мм); δ – толщина свариваемого металла; e – ширина шва; q – выпуклость шва; h – глубина провара; t – толщина шва ($t = q + h$); k – катет углового шва; p – расчётная высота углового шва, a – толщина углового шва

При разделке кромок зазор b выбирается в зависимости от толщины детали δ , а притупление c – выбирается в зависимости от принятого диаметра электрода из выражения (13):

$$c = 2 (d_э - 1)$$

При сварке плавящимся электродом зазор составляет от 0 до 5 мм, с увеличением зазора глубина проплавления увеличивается.

Эскизы сварных соединений (рис. 6) следует выполнять по ГОСТ 3.1128-93 в соответствии с общими правилами ЕСКД. При выполнении эскизов на сварочные и слесарно-сборочные операции этом необходимо руководствоваться следующими общими требованиями.

Эскизы изделий и их составных частей (деталей) следует выполнять: с соблюдением масштаба либо с примерным выдерживанием пропорций (графических элементов, составных частей и т.п.), с указанием вида соединения (шов, пайка и т.п.), размеров конструктивных элементов согласно требованиям стандарта и рисункам 5 и 6.

Коэффициент выпуклости (K_B) и формы шва (K_Φ) находится как:

$$K_\Phi = \frac{e}{t}; e = K_\Phi t; t \approx \delta + q \quad (14)$$

$$K_B = \frac{e}{q}; q = \frac{e}{K_B}; \quad (15)$$

K_B – рекомендуется 0,5...4 (оптимальный 1,2...2);

K_Φ – не более 7...10.

Сила сварочного тока выбирается в зависимости от диаметра электрода, теплопроводности и электропроводности свариваемого материала, длины рабочей части электрода, состава покрытия, положения шва в пространстве, скорости сварки и других факторов.

При сварке швов в нижнем положении силу тока подсчитывают, пользуясь эмпирическими формулами. Сила сварочного тока I определяется по формуле:

$$I = K d_э, \text{ А} \quad (16)$$

где K - коэффициент плотности тока, равный при ручной электродуговой сварке для металлических электродов – 40...50 А/мм.

Меньшие значения K рекомендуются для сварки легированных сталей, обладающих малым коэффициентом теплопроводности, так как при большой силе тока возможен перегрев металла и потолочных швов, во избежание подтёков. Для электродов диаметром 3...6 мм при отсутствии полных данных о технологии сварки расчет силы сварочного тока можно вести по эмпирической формуле академика К.К. Хренова:

$$I = (20 + 6d_э)d_э, \text{ А} \quad (17)$$

Род и полярность тока выбирают в зависимости от физико-механических свойств свариваемого металла и марки электродов.

Сварку **переменным током** и постоянным током **прямой полярности** (рис. 10 б) применяют для большинства низкоуглеродистых и низколегированных сталей.

Обратную полярность тока применяют при сварке чугунов, цветных сплавов, высокоуглеродистых и легированных сталей, а также для сварки тонких деталей для предотвращения прожога (см. рис. 9 б).

Сварка на переменном токе более экономична, но устойчивость горения дуги на постоянном токе выше.

Длину сварочной дуги ориентировочно находят по формуле:

$$l_д = d_э/2 + 1, \text{ мм} \quad (18)$$

Рабочее напряжение дуги. Скорость сварки и напряжение дуги при РДС, как правило, не регламентируются. Эти характеристики устанавливает сам сварщик. Они зависят от вида сварного соединения, свариваемого материала, марки электрода, положения шва в пространстве.

Рабочее напряжение дуги U_p изменяется в сравнительно узких пределах и в зависимости от длины дуги $l_д$, его можно определить по формуле:

$$U_p = U_{ак} + U_d \cdot l_d, \text{ В (19)}$$

где $U_{ак}$ - падение напряжения в анодно-катодных пятнах, не зависящее от длины дуги, равное 10...12 В;

U_d - падение напряжения в дуге, зависящее от длины дуги и равное 2...4 В/мм.

l_d - длина дуги в мм.

Напряжение дуги изменяется в сравнительно узких пределах – (16...30) В.

Зная рабочее напряжение сварки можно рассчитать полную тепловую мощность дуги Q , которая приблизительно равна тепловому эквиваленту ее электрической мощности:

$$Q = \mu U_p I, \text{ Дж (20)}$$

где μ – коэффициент снижения мощности дуги при сварке на переменном токе (0,7...0,97);

I – сила тока, А.

Масса наплавленного металла определяется (г):

$$Q_n = F_{ш} \cdot L \cdot \gamma, \text{ г (21)}$$

где $F_{ш}$ – площадь наплавленного металла, определяется по эскизу численно равно $F_э$, но отличаются единицы измерения (см. рис. 5 и, к), см²;

L – длина шва, см;

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

Общая площадь поперечного сечения наплавленного металла определяется путём разбивки разделки кромок на правильные геометрические фигуры.

Количество проходов (раз):

$$n = \frac{F_3}{F_{оп}} \quad (22)$$

где F_3 – площадь наплавленного электродного металла, мм²;

$F_{оп}$ – площадь сечения выполняемая за один проход 30...40 мм²

Скорость сварки находится как:

$$v = \frac{K_H I}{\gamma F_3}, \text{ м/ч} \quad (23)$$

где K_H – коэффициент наплавки для качественных электродов он составляет 8...12 г/А·ч.

Расхода электродов определяют по формуле:

$$Q_p = Q_n(1 + K_{п}/100), \text{ г} \quad (24)$$

где $K_{п}$ – коэффициент потерь на угар, разбрызгивание и огарки электродов ($K_{п} = 15...30\%$).

Количество электродов (шт.):

$$N = \frac{Q_p}{m_3}, \quad (25)$$

где m_3 масса одного электрода, приближённо указана в таблице 10.

Основное или технологическое время горения дуги t_0 :

$$t_0 = \frac{Q_n}{IK_H} = \frac{F_{ш} L \gamma}{IK_H}, \quad (26)$$

где L – длина шва, см

Расход электроэнергии определяют по формуле:

$$P_3 = \frac{U_p I t_0}{\eta 1000} + N_x (T - t_0), \text{ кВт} \quad (27)$$

где η – коэффициент полезного действия источника питания:

для трансформаторов 0,8...0,85;

для генераторов 0,3...0,6;

U_p – рабочее напряжение, В.

N_x – мощность холостого хода источника питания, кВт:

для трансформаторов 0,2...0,4 кВт,

для генераторов 2...3 кВт;

T – полное время работы источника питания:

$$T = \frac{t_o}{K_{yч}}, \text{ ч.}$$

где $K_{yч}$ - коэффициент, учитывающий организацию труда, для РДС 0,25...0,40.

В среднем расход электроэнергии на 1 кг наплавленного металла при ручной дуговой сварке составляет: на переменном токе – 3,5...4,5 кВт·ч, на постоянном токе – 7...8 кВт·ч.

Таблица 10

Ориентировочная масса электродов

| Диаметр, мм | Длина, мм | Вес электрода $m_э$, г |
|-------------|-----------|-------------------------|
| 2 | 300 | 9...10 |
| 2,5 | 350 | 17...18 |
| 3 | 350 | 25...26 |
| 3,2 | 350 | 30...31 |
| 4 | 450 | 58...59 |
| 5 | 450 | 91...92 |

4. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ

4.1. Сварочный пост

Сварочный пост — это рабочее место сварщика, оснащенное комплектом технологически связанного между собой оборудования, необходимыми приспособлениями и инструментом. Сварочные посты могут быть стационарными или передвижными (рис. 7).

Основным рабочим инструментом сварщика при ручной сварке служит электрододержатель, который предназначен для зажима электрода и провода сварочного тока. Согласно ГОСТ 14651-78 электрододержатели выпускают трёх типов в зависимости от сил сварочного тока: 1 типа - для тока 125 А; 2 типа - 125...315 А; 3 типа - 315...500 А. Для подвода тока от источника питания к электрододержателю и изделию используют сварочные провода и токоподводящие зажимы. Сечения проводов выбирают по установленным нормативам (5...7 А/мм²) для электротехнических установок (табл. 11).

Таблица 11

Сварочный кабель марки КГ

| | | | | | | |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Сечение и кол-во жил (мм ²) | 1x16 | 1x25 | 1x35 | 1x50 | 1x70 | 1x95 |
| Токовая нагрузка (А) | 189 | 240 | 289 | 362 | 437 | 522 |

Вспомогательный инструмент для ручной сварки представлен на рисунке 8.

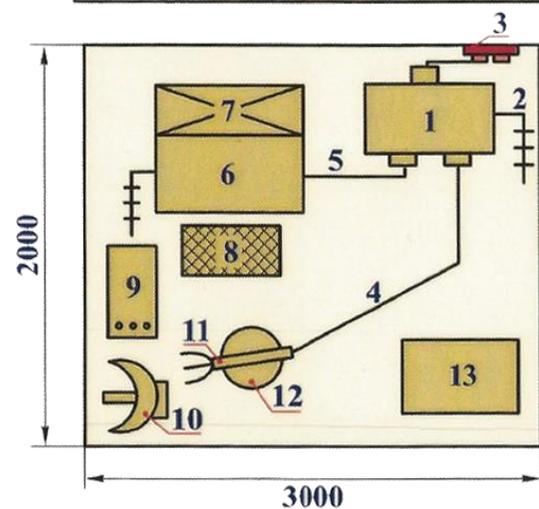
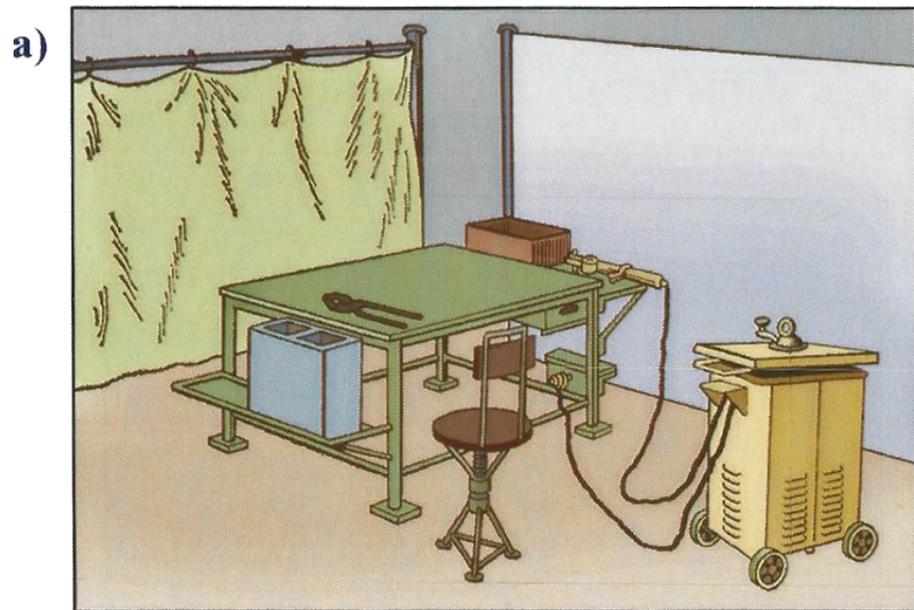
Для защиты лица и глаз сварщика от лучей сварочной дуги и брызг расплавленного металла во время сварки используются сварочные щитки и маски, оборудованные светофильтрами и защитным стеклами, с градационными шифрами, представленными в таблице 12.

Таблица 12

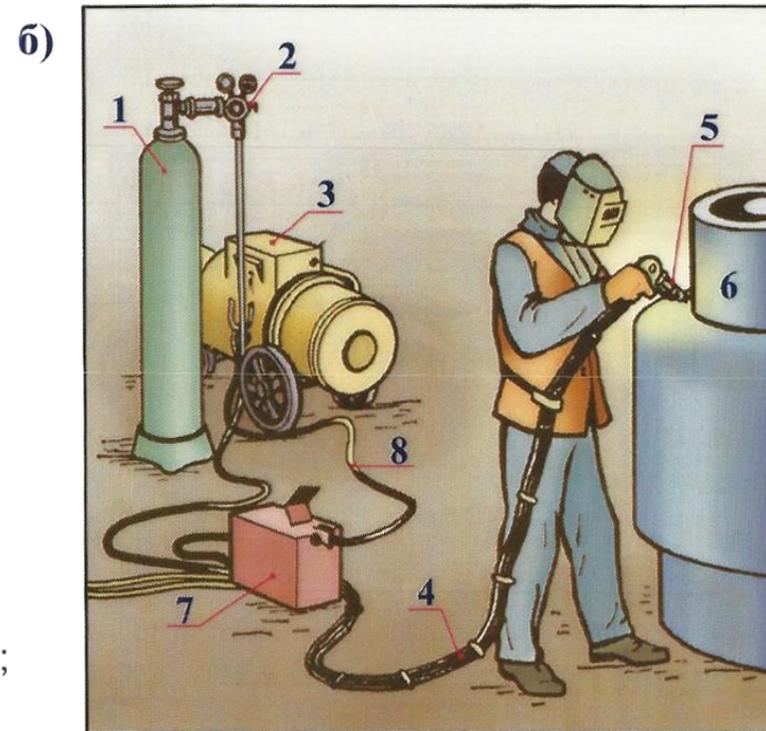
Градационные шифры сварочных светофильтров

| Дуговая сварка | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|----|-----------|----|-----------|-------------------|------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Процесс | Ток, А | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,5 | 6 | 10 | 15 | 30 | 40 | 60 | 70 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| Электроды с покрытием | 8 | | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | | 13 | | 14 | | | | | |
| Дуговая сварка в среде активного газа | 8 | | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | | 13 | | 14 | | | | | |
| Дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа | 8 | | | 9 | | 10 | | 11 | | 12 | | | 13 | | | | | | | |
| Газовая сварка и резка | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Параметр | газовая сварка (ацетиленовая) | | | | | | кислородная резка | | | | | | | | | | | | | |
| Расход газа, дм ³ /ч | до 70 | 70...200 | | 200...800 | | более 500 | | 900...2000 | | 2000...4000 | | 4000...8000 | | | | | | | | |

| Дуговая сварка | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------|---|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Процесс | Ток, А | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,5 | 6 | 10 | 15 | 30 | 40 | 60 | 70 | 100 | 125 | 150 | 175 | 200 | 225 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 |
| Градационный шифр | 4 | | | 5 | | | | 6 | | | | | 7 | | | 5 | | | 6 | | 7 |



- 1- источник питания дуги;
- 2- заземление;
- 3- пуск источника питания дуги;
- 4- прямой провод;
- 5- обратный провод;
- 6- стол;
- 7- вентиляция;
- 8- коврик;
- 9- электроды;
- 10- щиток;
- 11- держатель;
- 12- стул;
- 13- ящик для отходов



- 1 - баллон с защитным газом;
- 2 - газовый редуктор;
- 3 - источник сварочного тока;
- 5 - горелка;
- 6 - свариваемое изделие;
- 7 - подающий механизм;
- 8 - сварочные провода

Рис. 7. Сварочные посты:

а) стационарный; б) передвижной.

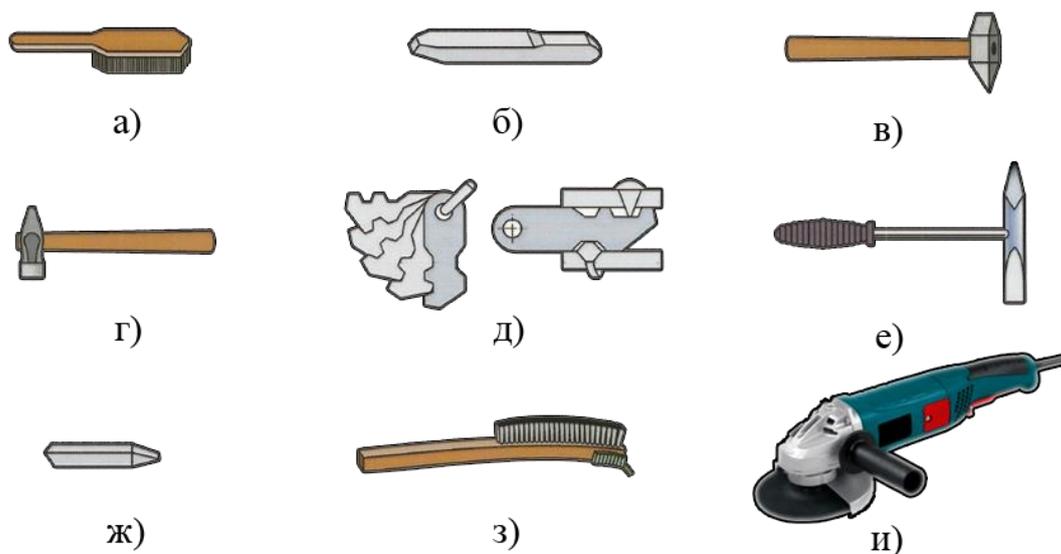


Рис. 8. **Вспомогательное оборудование и инструмент сварщика:**

а) металлическая щётка; б) зубило; в) молоток-шлакоотделитель; г) молоток; д) шаблон; е) секач; ж) клеймо; з) щётка; и) угловая шлифовальная машина

4.2. ИСТОЧНИКИ СВАРОЧНОГО ТОКА

4.2.1. Источники для сварки на переменном токе

Сварочные трансформаторы, преобразует сетевое напряжение 220 или 380 В с частотой 50 или 60 Гц в пониженное, необходимое для сварки.

Достоинством трансформаторов является их низкая стоимость, они в 2...4 раза дешевле выпрямителей и в 6...10 раз дешевле агрегатов одинаковой мощности. Они дешевле и в эксплуатации, имеют высокий коэффициент полезного действия (около 0,7...0,9) и низкий удельный расход электроэнергии (около 2...4 кВт·ч на 1 кг расплавленного электродного металла). Трансформаторы проще в эксплуатации, легко поддаются ремонту.

Недостаток - низкая устойчивость горения дуги переменного тока.

4.2.2. Источники питания постоянного тока

Для сварки на постоянном токе применяются сварочные агрегаты, преобразователи, выпрямители и инверторы.

Сварочный преобразователь состоит из сварочного генератора постоянного тока и асинхронного трёхфазного двигателя постоянного тока.

Сварочный агрегат – из сварочного генератора и двигателя внутреннего сгорания.

Сварочный выпрямитель представляет собой аппарат, преобразующий переменный ток в постоянный.

Наиболее распространенные выпрямители для ручной дуговой сварки: серии ВД (ВД-101, ВД-102, ВД-201, ВД-301, ВД-302, ВД-303, ВД-306, ВД-401), типов ВСС-120-4, ВСС-300-3 (см. п. 4.4 и таблицу 13).

4.2.3. Инверторные источники тока (ИИП)

Инвертор представляет собой устройство, преобразующее постоянный ток в переменный (переменный → постоянный → переменный повышенной частоты → постоянный). Инверторные источники сварочного тока (рис. 9 а) в сравнении с трансформаторами и выпрямителями имеют меньшую инерционность, размеры и массу, улучшенные динамические свойства.

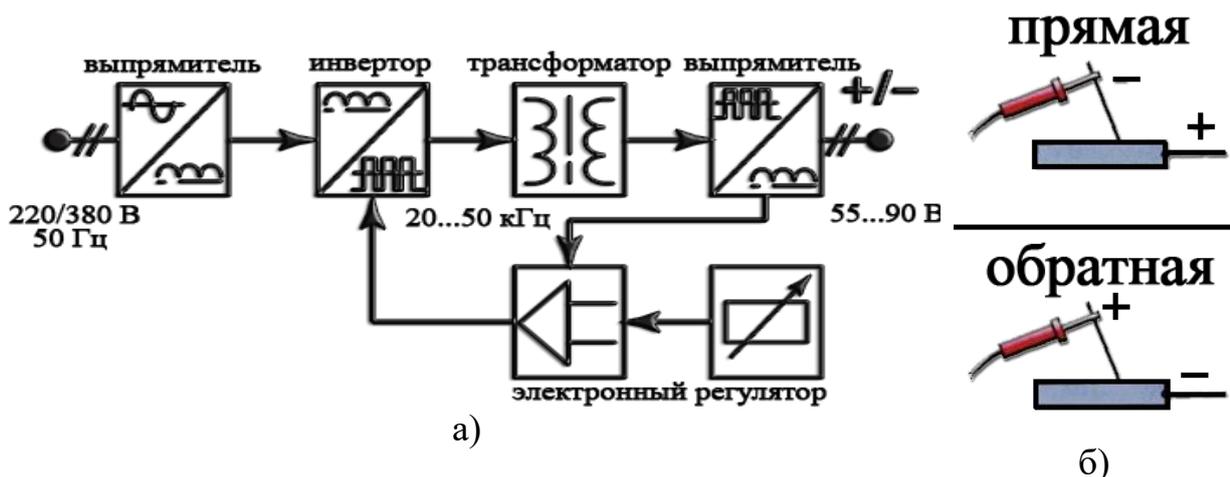


Рис. 9. Принципиальная схема инверторного сварочного аппарата (а) и его подключения при сварке на прямой и обратной полярности тока (б)

4.3. Основные характеристики источников питания.

Ток, напряжение и мощность источника питания, рассчитанного на определенную нагрузку, и не перегревающегося выше установленных норм, называют номинальными (расчетными). Характеристики некоторых источников питания представлены в таблицах 13 и 14.

Номинальное рабочее напряжение (U) характеризует напряжение на зажимах источника питания под нагрузкой. Для источников с номинальным значением сварочного тока до 600 А определяется по формуле:

$$U = 20 + 0,04I, \quad (28)$$

где I – сварочный ток.

Продолжительность нагрузки (продолжительность включения) источника питания дуги при заданной мощности определяет возможность его перегрева. В перемежающемся режиме время работы под нагрузкой (t_H) чередуется со временем работы в режиме холостого хода (отключения источника) (t_{XX} или $t_{от}$). Относительная продолжительность нагрузки (ПН или ПВ) (%):

$$ПН = \frac{t_H}{t_H + t_{XX}} \times 100\% \quad (29)$$

При РДС источники питания работают в перемежающемся режиме с номинальной ПН (ПВ), равной 20, 35 и 60%. Марки и характеристики некоторых сварочных источников питания приведены в таблице 13 и 14.

4.4. Единая система обозначения электросварочного оборудования

В нашей стране была принята единая система обозначения электросварочного оборудования, структура которого представлена на рисунке 10.

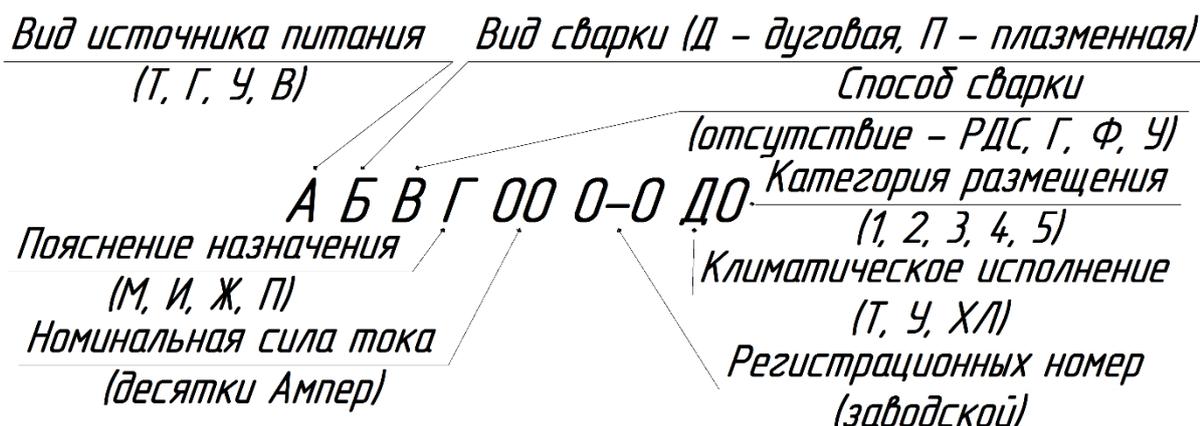


Рис. 10. Структура условного обозначения электросварочного оборудования

Первая буква — вид изделия: В (С) — выпрямитель, Т (ТС) — трансформатор (сварочный), Г — генератор, У — установка, П — преобразователь (полуавтомат), А — агрегат (автомат).

Вторая буква — вид сварки: Д — дуговая, П — плазменная.

Третья — способ сварки: отсутствие третьей буквы обозначает ручную дуговую сварку штучными электродами; Г — в защитных газах; Ф — под флюсом; У — универсальные источники.

Четвертая буква поясняющая характеристику источника: М и Э —

механическое и электронное регулирование, И — импульсная сварка, Ж — жесткая внешняя характеристика (ВАХ), П — падающая ВАХ, Ч — инверторный.

Две или три цифры после букв — номинальный сварочный ток в десятках ампер.

Последующие цифры — регистрационный номер изделия.

Следующие буквы — климатическое исполнение: Т — для эксплуатации в странах с тропическим климатом, У — в районах с умеренным климатом, ХЛ — холодным климатом.

Следующая цифра — категория размещения: 1 — на открытой площадке, 2 — прицепы, кузова автомобилей, 3 — помещения с естественной вентиляцией, 4 — с отоплением и принудительной вентиляцией, 5 — повышенной влажностью.

Примеры обозначений: **ВДГ-601 УЗ**: В — выпрямитель; Д — дуговая сварка; Г — в среде защитных газов; 60 — номинальная сила тока 600 А; 1 — номер разработки; У — для стран с умеренным климатом; 3 — неотапливаемое помещение.

5. РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ ПАРАМЕТРОВ ГАЗОВОЙ СВАРКИ

Качественный шов обеспечивается правильным выбором режима сварки, к которому относятся: мощность (расход ацетилена) и вид сварочного пламени (соотношение расхода ацетилена и кислорода), расход кислорода, диаметр присадочного прутка, способ сварки, угол наклона горелки, скорость сварки, марка (химический состав) присадочного материала и флюса.

Форма и строение пламени зависит от объемного соотношения компонентов в горючей смеси β (для ацетилена):

$$\beta = O_2/C_2H_2.(30)$$

По соотношению газов пламя подразделяют на нормальное ($\beta = 1 \dots 1,1$), окислительное ($\beta = 1,2 \dots 1,5$), науглероживающее ($\beta \leq 1$):

Характеристики сварочных выпрямителей и трансформаторов

| Параметры | ВСС-120-4 | ВСС-300-3 | ВД-301 | ВД-502 | ТСК-300 | ТС-300 | ТС-500 | ТД-500 |
|--------------------------------|------------------|------------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|---------------|
| Напряжение питающей сети, В | 380/220 | 380/220 | 380/220 | 220/380 | 380 | 220/380 | 380 | 220/380 |
| Номинальный ток, А (ПН 60-65%) | 120 | 300 | 300 | 500 | 300 | 300 | 500 | 500 |
| Напряжение холостого хода, В | 57-63 | 58-65 | 65-68 | 80 | 63 | 63 | 63 | 60-76 |
| Пределы регулирования тока, А | 15-130 | 35-300 | 40-330 | | 110-385 | 110-385 | 165-650 | 85-720 |
| Мощность, кВА | 5,1 | 13,2 | 11 | 42 | 20 | 20 | 20 | 32 |
| КПД, % | 59 | 68 | 72 | - | 84 | 84 | 85 | - |
| Масса, кг | 140 | 240 | 225 | 350 | 215 | 185 | 250 | 210 |

Таблица 14

Характеристики малогабаритных сварочных инверторов

| Модель | Напряжение питания, В | Потребляемая мощность, кВА | Диапазон сварочного тока, А | ПВ, % | Габаритные размеры, мм | Масса, кг |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--------------|-------------------------------|------------------|
| Торус-200 (Тор) | 220 | 5,0 | 40–200 | 40 | 115x185x280 | 5,0 |
| Адонис-2 («Корд») | 220 | 5,1 | 35–160 | 60 | 165x360x370 | 14,5 |
| ВДУЧ-1371 («Спецэлектромаш») | 220 | 4,0 | 5–130 | 100 | 365x140x196 | 8,0 |
| ВМЕ-120 («ПромЭл») | 220 | 2,7 | 10–120 | 80 | 140x240x65 | 2,2 |
| ВМЕ-140 («ПромЭл») | 220 | 3,2 | 10–140 | 80 | 147x250x65 | 2,3 |
| ВМЕ-160 («ПромЭл») | 220 | 3,7 | 10–160 | 80 | 170x296x90 | 3,6 |

нормальное пламя – используют для сварки большинства низкоуглеродистых и низколегированных сталей;

окислительное – применяется для сварки латуней;

науглероживающее (восстановительное) – применяется для сварки чугуна и наплавки быстрорежущих сталей и твердых сплавов.

Мощность сварочного пламени (или часовой расход горючего газа) – M оценивают по расходу горючего газа – ацетилена:

$$M = k_a \delta, \text{ дм}^3/\text{ч (л/ч)} \quad (31)$$

где δ — толщина свариваемых кромок, мм;

k_a — коэффициент пропорциональности, представляющий удельный расход ацетилена, необходимый для сварки данного металла толщиной 1 мм, $\text{дм}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$ (л/ч·мм). Коэффициент k_a определяется экспериментально и зависит от физико-химических свойств свариваемых металлов. Для нержавеющей стали $k_a = 70 \dots 80 \text{ дм}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$, для низкоуглеродистой стали $100 \dots 130 \text{ дм}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$, для высоколегированной стали и чугуна $75 \dots 100 \text{ дм}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$, для меди $160 \dots 200 \text{ дм}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$, алюминия $100 \dots 150 \text{ дм}^3/\text{ч}\cdot\text{мм}$.

По мощности пламени выбирают тип горелки и номер наконечника в соответствии с требуемым удельным расходом ацетилена в $\text{дм}^3/\text{ч}$ на 1 мм толщины металла (табл. 15 и 16).

Зная расход ацетилена и тип пламени можно определить расход кислорода по формуле (30)

По способу перемещения горелки вдоль шва различают левый и правый способы сварки (рис. 17).

При **левом способе** (рис. 17 а) горелку перемещают справа налево, пламя направлено в сторону перемещения (от шва), присадочная проволока должна находиться перед горелкой. Левый способ применяется при толщине металла до 4...5 мм и для металлов с пониженной (по сравнению со сталью) температурой плавления, а также при сварке вертикальных швов.

При **правом способе** (рис. 17 б) горелку перемещают слева направо, пламя направляют (навстречу перемещению) на шов, что значительно

повышает качество шва вследствие меньшей скорости охлаждения. Правая сварка применяется при толщине металла более 5 мм. Производительность процесса сварки при правом способе на 20...25 % выше, а расход ацетилена на 15...25 % ниже и коробление металла меньше чем при левом, за счет лучшего использования теплоты пламени и большей сосредоточенности нагрева.

Таблица 15

Технические характеристики горелок

| Параметр | Номер наконечника | | | | | | | | |
|-------------------------------------------------|-------------------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм | 0,2... 0,5 | 0,5... 1,0 | 1... 2 | 2... 4 | 4... 7 | 7... 11 | 11... 17 | 17... 30 | 30... 50 |
| Расход ацетилена, дм ³ /ч: | 40... 50 | 65... 90 | 130... 180 | 250 ... 350 | 420 ... 600 | 700 ... 950 | 1130 ... 1500 | 1800 ... 2500 | 2500 ... 4500 |

Диаметр присадочной проволоки d (мм) выбирают в зависимости от применяемого способа сварки и толщины δ (мм) свариваемого металла по следующим формулам:

$$\text{для левого способа } d = \delta/2 + 1, \quad (32)$$

$$\text{для правого способа } d = \delta/2 \quad (33)$$

При сварке изделий толщиной $\delta > 15$ мм диаметр присадочного прутка принимают не более 6...8 мм.

Скорость нагрева металла регулируется изменением угла наклона мундштука горелки (рис. 11). Угол больше в начале сварки, когда изделие «холодное», затем он уменьшается до 30...40°. К концу сварки, когда кромки изделия сильно прогреты, во избежание пережога металла угол еще меньше.

Скорость сварки $v_{св}$, м/ч, может быть представлена в виде:

$$v_{св} = A/\delta, \quad (34)$$

где A , м·мм/ч – коэффициент, зависящий от свойств свариваемого материала и от его толщины, например, для стали средних толщин – 12...15, для никеля – 9...11.

Основное время газовой сварки можно найти как:

$$t_0 = \frac{Q_n}{60K} k_L k_{ш}, \text{ ч.}$$

где Q_n – масса наплавленного металла, г; K – коэффициент наплавки, г/мин (4...21); k_L – коэффициент длины шва (при $L \geq 1000$ мм - 1, при $L < 1000$ - 1,2); $k_{ш}$ – коэффициент шва в пространстве (для нижнего - 1; вертикального – 1,3; потолочного 1,6).

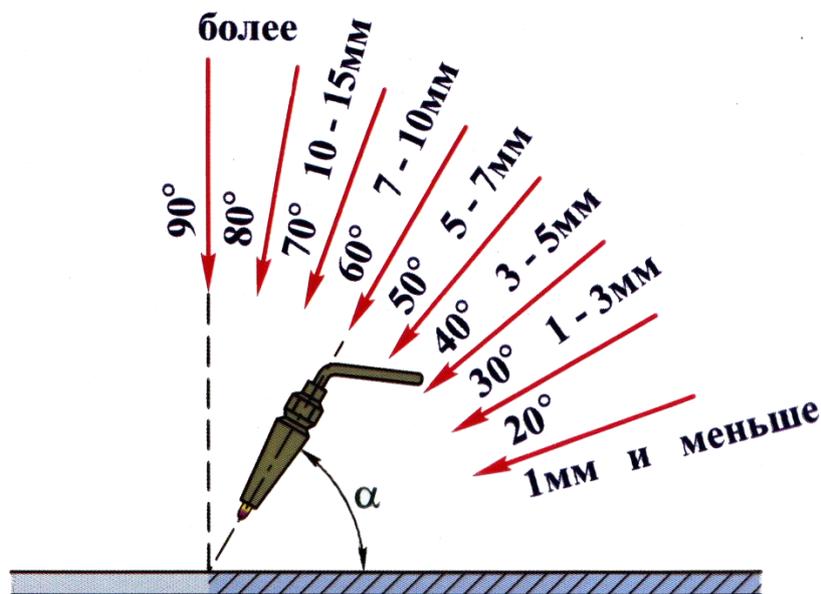


Рис. 11. Выбор угла наклона сварочной горелки для левого способа

5.1. Присадочные материалы, применяемые при газовой сварке.

При газовой сварке в качестве присадочного материала применяется сварочная проволока, близкая по химическому составу свариваемому металлу. Сварочная проволока выпускается по ГОСТ 2246-70 марок:

низкоуглеродистая - Св-08, Св-08А, Св-08АА, Св-08ГА, Св-08ГА, Св-10ГА;

легированная - Св-08ГС, Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-10ГН, Св-08ГСМТ, Св-15ГСТЮЦА (ЭП-439), Св-20ГСТЮА, Св-18ХГС, Св-10НМА, Св-08МХ, Св-08ХМ, Св-18ХМА, Св-08ХНМ, Св-08ХМФА, Св-10ХМФТ, Св-08ХГ2С, Св-08ХГСМА, Св-10ХГ2СМА, Св-08ХГСМФА, Св-04Х2МА, Св-13Х2МФТ, Св-08Х3Г2СМ, Св-08ХМНФБА, Св-08ХН2М, Св-10ХН2ГМТ (ЭИ-984), Св-08ХН2ГМТА (ЭП-111), Св-08ХН2ГМЮ, Св-08ХН2Г2СМЮ, Св-06НЗ, Св-10Х5М;

высоколегированная - СВ-12Х11НМФ, СВ-10Х11НВМФ, СВ-12Х13, СВ-20Х13, СВ-06Х14, СВ-08Х14ГНТ, СВ-10Х17Т, СВ-13Х25Т, СВ-01Х19Н9, СВ-04Х19Н9, СВ-08Х16Н8М2 (ЭП-377), СВ-08Х18Н8Г2Б (ЭП-307), СВ-07Х18Н9ТЮ, СВ-06Х19Н9Т, СВ-04Х19Н9С2, СВ-08Х19Н9Ф2С2, СВ-05Х19Н9Ф3С2, СВ-07Х19Н10Б, СВ-08Х19Н10Г2Б (ЭИ-898), СВ-06Х19Н10М3Т, СВ-08Х19Н10М3Б (ЭИ-902), СВ-04Х19Н11М3, СВ-05Х20Н9ФБС (ЭИ-649), СВ-06Х20Н11М3ТБ (ЭП-89), СВ-10Х20Н15, СВ-07Х25Н12Г2Т (ЭП-75), СВ-06Х25Н12ТЮ (ЭП-87), СВ-07Х25Н13, СВ-08Х25Н13БТЮ (ЭП-389), СВ-13Х25Н18, СВ-08Х20Н9Г7Т, СВ-08Х21Н10Г6, СВ-30Х25Н16Г7, СВ-10Х16Н25АМ6, СВ-09Х16Н25М6АФ (ЭИ-981А), СВ-01Х23Н28М3Д3Т (ЭП-516), СВ-30Х15Н35В3Б3Т, СВ-08Н50 и СВ-06Х15Н60М15 (ЭП-367).

5.2. Оборудование для газовой сварки

Газосварочные посты, как и посты для ручной дуговой сварки, делятся на подвижные и стационарные, в зависимости от их габаритов и мощности. Подвижные посты, в свою очередь, подразделяются на переносные и передвижные.

Схема сварочного поста для газовой сварки представлена на схеме (рис. 12).

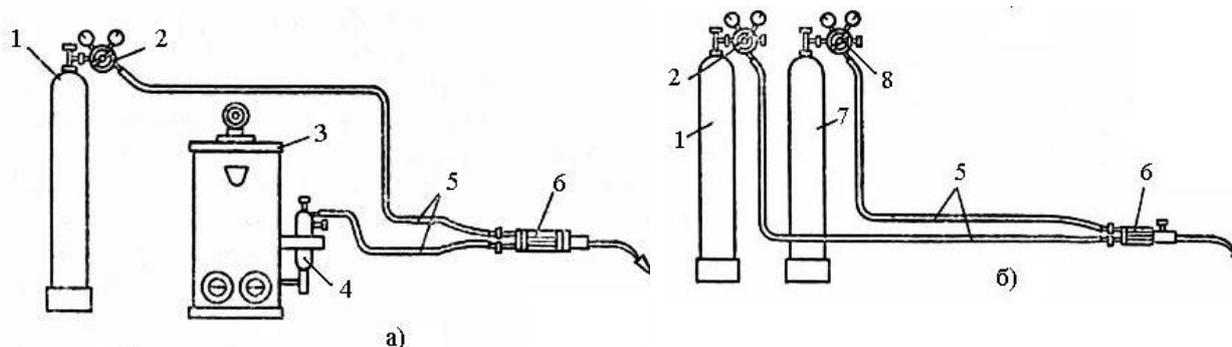


Рис. 12. Схема газопитания передвижного сварочного поста:
 а) от ацетиленового генератора; б) от газовых баллонов; 1 – кислородный баллон; 2 – кислородный редуктор; 3 – ацетиленовый генератор; 4 – предохранительный затвор; 5 – шланги; 6 – горелка; 7 – ацетиленовый баллон; 8 – ацетиленовый редуктор.

5.2.1. Ацетиленовые генераторы

Ацетиленовый генератор это устройство для получения ацетилена (C_2H_2), в результате реакции карбида кальция с водой (рис. 13 а). Производительность передвижных - 0,6; 1,25; 1,5; 3 м³/ч, стационарных 5; 10; 20; 40; 80; 160; 320; 640 м³/ч. Наибольшее распространение получили ацетиленовые генераторы низкого и среднего давления.

5.2.2. Предохранительные затворы

Для предохранения от взрыва ацетиленовых генераторов, а также газопроводов газосварочных постов в случае возникновения обратных ударов применяют специальные предохранительные устройства - предохранительные затворы (рис. 13 б). **Обратным ударом** называют внезапное загорание горючей смеси внутри газосварочной горелки или резака, распространяющееся затем по шлангам к ацетиленовому генератору.

5.2.3. Газовые баллоны

Ацетилен транспортируют в баллонах ёмкостью 40 дм³ при давлении 1,9 МПа. Баллоны заполнены активированным березовым углем, пропитанным ацетоном (рис 13 в). В одном объеме ацетона растворяется ~ 23 объема ацетилена. В баллоне содержится 5,5...6 м³ ацетилена. Максимальный отбор газа составляет 1,0 м³/ч. Баллоны с ацетиленом окрашиваются в белый цвет. Кислород перевозят в пустотелых цельнотянутых баллонах вместимостью 40 дм³ под давлением 15 МПа. Кислородные баллоны окрашиваются в голубой цвет (см. рис 13 в).

Баллоны снабжены вентилями – запорными устройствами, которые позволяют сохранить в баллоне сжатый или сжиженный газ.

5.2.4. Редукторы

Редукторы (рис 13 д) предназначены для понижения давления газа, отбираемого из баллона, до рабочего давления, подаваемого в горелку или резак. Они бывают прямого и обратного действия. Более удобны в эксплуатации редукторы обратного действия. Корпус редуктора окрашивается в тот же цвет, что и баллон: кислородный - в голубой, ацетиленовый - в белый.

5.2.5. Манометры

Служат для измерения давления газа (рис 13 е).

5.2.6. Соединительные рукава

Согласно ГОСТ 9356-75, выпускаются рукава или шланги трех типов: I - для ацетилена и газов-заменителей; II — для жидких горючих (из бензостойкой резины); III - для кислорода. Рукава изготавливаются с внутренними диаметрами 6,3; 8; 9; 10, 12; 12,5 и 16 мм.

5.2.7. Газовые горелки

Из редукторов кислород и горючий газ разделяют и поступают в сварочную горелку. Сварочной горелкой называется устройство, служащее для смешивания горючего газа с кислородом и получения сварочного пламени. Каждая горелка позволяет регулировать мощность, состав и форму сварочного пламени. Горелки классифицируются по назначению: для сварки, резки, пайки, закалки; по характеру смешивания топлива с кислородом: инжекторного и безинжекторного типа (рис 13 г). Характеристики ацетиленовых газовых горелок по ГОСТ 1077-79 представлены в таблице 17.

Таблица 16

Газовые горелки

| Типы горелок | Диапазон регулирования расхода, л/ч | | Способ смешения газов |
|-----------------------|-------------------------------------|-------------|-----------------------|
| | ацетилена | кислорода | |
| Г1 - микромощности | 5...85 | 6...95 | Безинжекторный |
| Г2 - малой мощности | 25...700 | 35...950 | |
| Г3 - средней мощности | 60...2500 | 65...3600 | Безинжекторный |
| Г4 - большой мощности | 2500...7000 | 3000...9300 | Инжекторный |

6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СВАРКИ (операции при сварке)

Технология ручной дуговой и газовой сварки включает в себя подготовку металла под сварку, выбор режимов сварки, технику сварки (правильное выполнение сварных швов) и т.д.

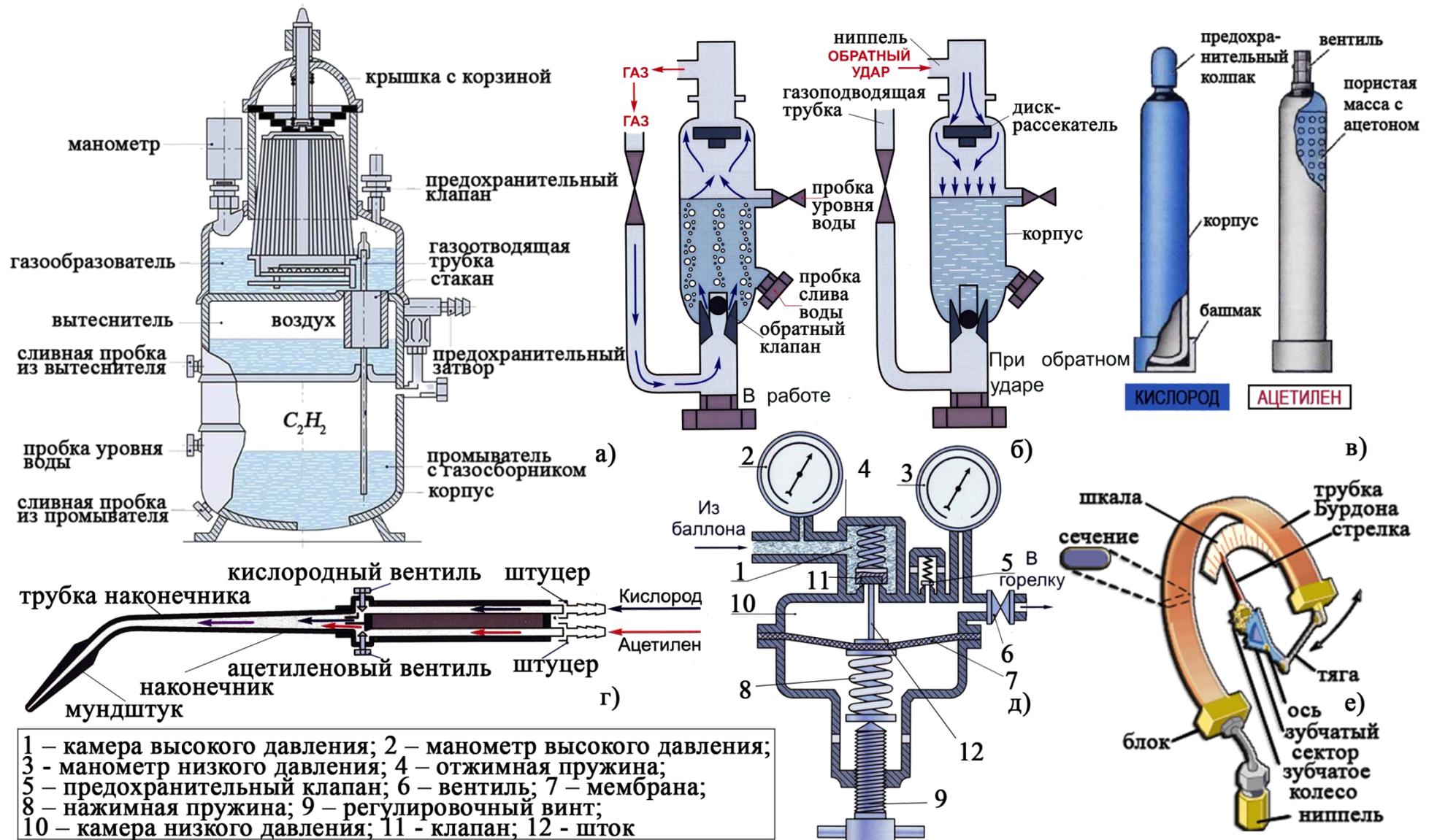


Рис. 13. Оборудование для газовой сварки: а) ацетиленовый генератор; б) предохранительный затвор; в) газовые баллоны; г) ацетиленовая безинжекционная горелка; д) редуктор; е) манометр

6.1. Контроль (дефектация)

Контроль качества сварки - проверка условий и порядок выполнения сварочных работ, а также определение качества выполненных сварных соединений в соответствии с техническими требованиями.

Виды контроля в сварочном производстве: входной (предупредительный), текущий (пооперационный), приемочный (выходной) готовых изделий и узлов.

Цель входного контроля – уменьшить вероятность возникновения брака при выполнении сварочных работ (контроль документации, качества исходных и сварочных материалов, квалификации сварщиков и т. д.).

Текущий контроль осуществляется в процессе сборочно-сварочных работ.

Приемочный, или выходной контроль, осуществляется для выявления наружных и внутренних дефектов сварки.

6.2. Правка

Правку выполняют с целью устранения деформаций, присутствующих в прокатных материалах. Правка листового и сортового проката выполняется без подогрева на прессах или вальцах. Если степень деформации проката большая, правку производят в горячем состоянии.

6.3. Разметка

При разметке на металл наносятся размеры детали. Выполнять разметку можно вручную, по шаблонам, оптическим способом или автоматическим, с помощью разметочно-маркировочных машин.

6.4. Отрезка (слесарная операция) или отрезная операция (машинная)

Резка металла подразделяется на механическую и термическую резку. Механическая резка происходит при механическом воздействии и выполняется на ножницах, отрезных станках, гильотинах, прессах и др. Термическая резка производится за счёт термического воздействия (расплавления) металла.

6.5. Слесарная или фрезерная для разделки кромок

Подготовка сварных кромок происходит как термическим, так и механическим способами. Механическим способом кромки подготавливают на

станках (обычно, фрезерных) или ручными углошлифовальными машинами (УШМ), путём выполнения фасок нужной формы.

6.6. Гибка

Гибка металла выполняется на специальных гибочных машинах, прессах, или листогибочных вальцах.

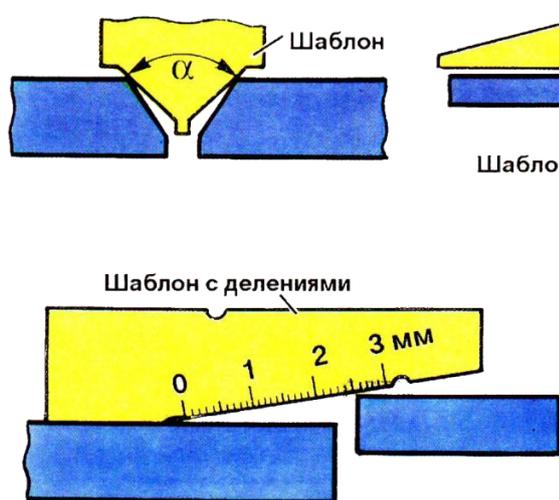
6.7. Очистка

Очистка металла под сварку производится с целью устранить различные загрязнения, остатки средств консервации, смазывающе-охлаждающие жидкости, ржавчину, заусенцы, окалину или шлак. Очистка может производиться механическими (щётки, наждачная бумага, УШМ и т.д.) или химическими способами (моющие средства).

6.8. Сборка

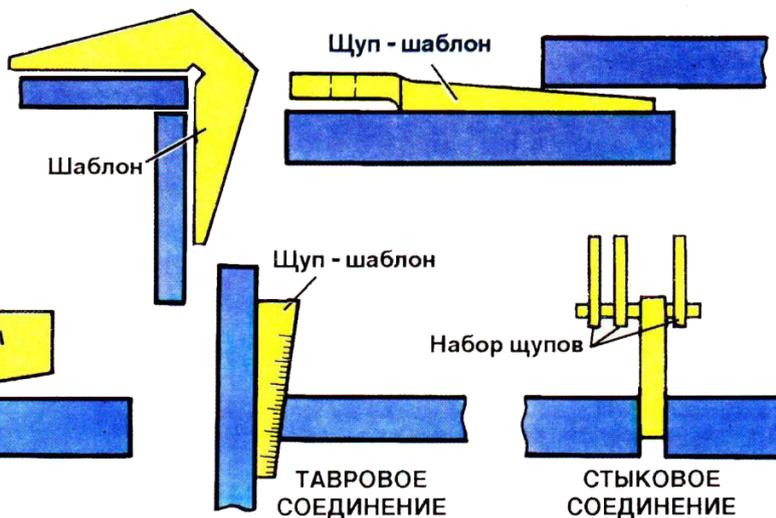
Сборка деталей производится с целью обеспечения необходимого взаимного пространственного расположения деталей, а также, для обеспечения требуемых зазоров под сварку.

● Подготовленные детали собирают под сварку



● Поверхность свариваемых кромок на ширину 20-30 мм зачищают от ржавчины, масла и других загрязнений

● Точность сборки контролируют шаблонами, измерительными приборами и щупами



● Сборку выполняют в приспособлениях (кондукторах, кантователях, на стеллажах) или с использованием прихваток - коротких швов

Рис. 14. Сборка деталей под сварку

Сварные металлоконструкции часто собирают (рис. 14) с помощью сварочных прихваток. Прихватки - короткие сварные швы, длиной 10-50 мм. Прихватки позволяют зафиксировать свариваемые детали в нужном положении.

При этом, сечение прихваточного шва составляет, примерно 1/3 от сечения основного шва. Прихватки выполняют на расстоянии 0,1...1 м друг от друга.

6.9. Сварка

При РДС торец электрода должен совершать движения, представленные на рисунке 15 и 16. Движения горелки и присадочной проволоки правом и левом способе газовой сварки представлены на рисунке 17 и 18.

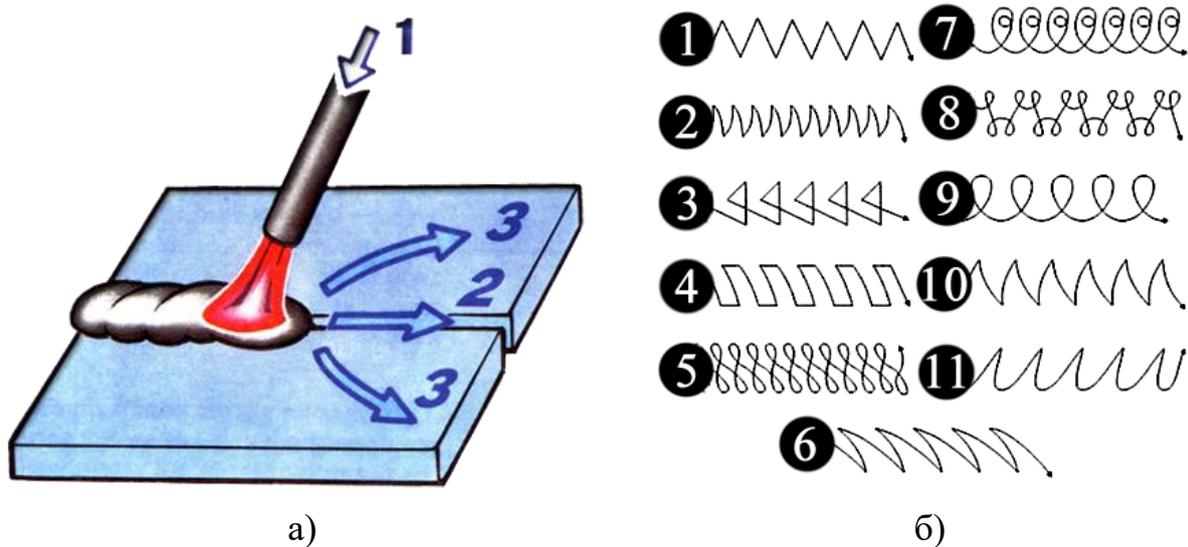


Рис. 15. Движения электрода при дуговой сварке:

а - движения торца электрода при сварке: 1 – поступательное - вдоль оси электрода со скоростью его плавления для поддержания определенной длины дуги; 2 – прямолинейное - вдоль оси шва со скоростью, обеспечивающей качественное формирование шва; 3 - колебательное - поперек оси шва для прогрева и проплавления кромок; б – виды колебательных движений торца электрода.

6.9.1. Особенности сварки чугуна и цветных сплавов

Сварка чугуна. Чугунное изделие сваривают в горячем или в холодном (без предварительного подогрева) состоянии. Наилучшие результаты дает горячая сварка. При горячей сварке чугунные изделия предварительно подогревают до 600...650 °С, и эта температура поддерживается в течение всего процесса сварки. После сварки деталь покрывают асбестом или засыпают углем, замедляя остывание. В качестве присадочного материала применяют чугунные стержни с содержанием до 3,6% С и стальную проволоку.

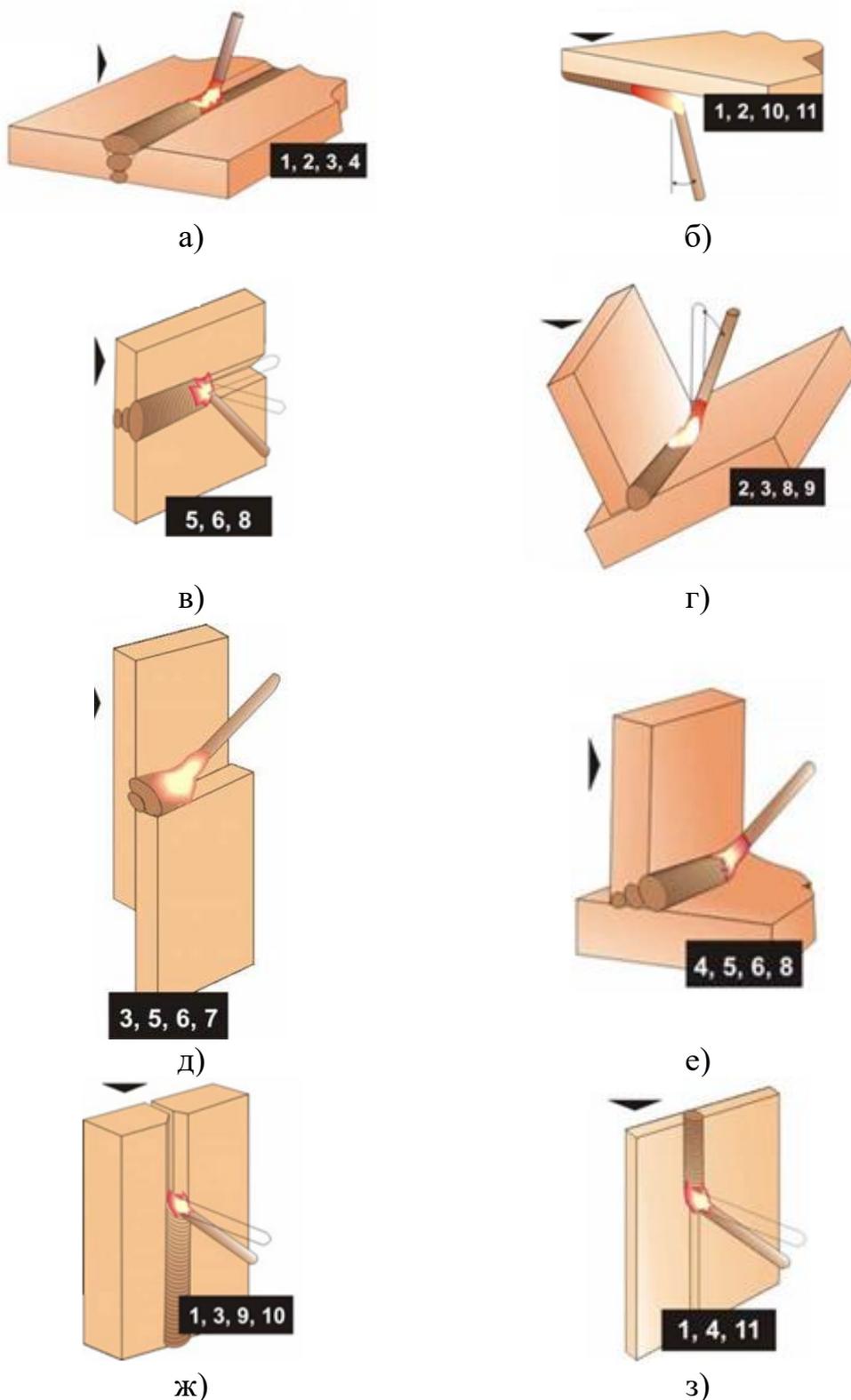


Рис. 16. Рекомендуемые способы сварки

в зависимости от положения швов в пространстве:

- а) нижнее многослойные швы (1, 2, 3, 4); б) потолочный шов (1, 2, 10, 11); в) горизонтальный шов на вертикальной плоскости (5, 6, 8); г) сварка с опоранием электрода (2, 3, 8, 9); д) сварка внахлестку (3, 5, 6, 7); е) тавровый шов с односторонней разделкой кромок (4, 5, 6, 8); ж) вертикальный шов, снизу вверх (1, 3, 9, 10); з) вертикальный шов, сверху вниз (1, 4, 11); 1...11 –колебательные движения торца электрода (см. рис. 15 б)

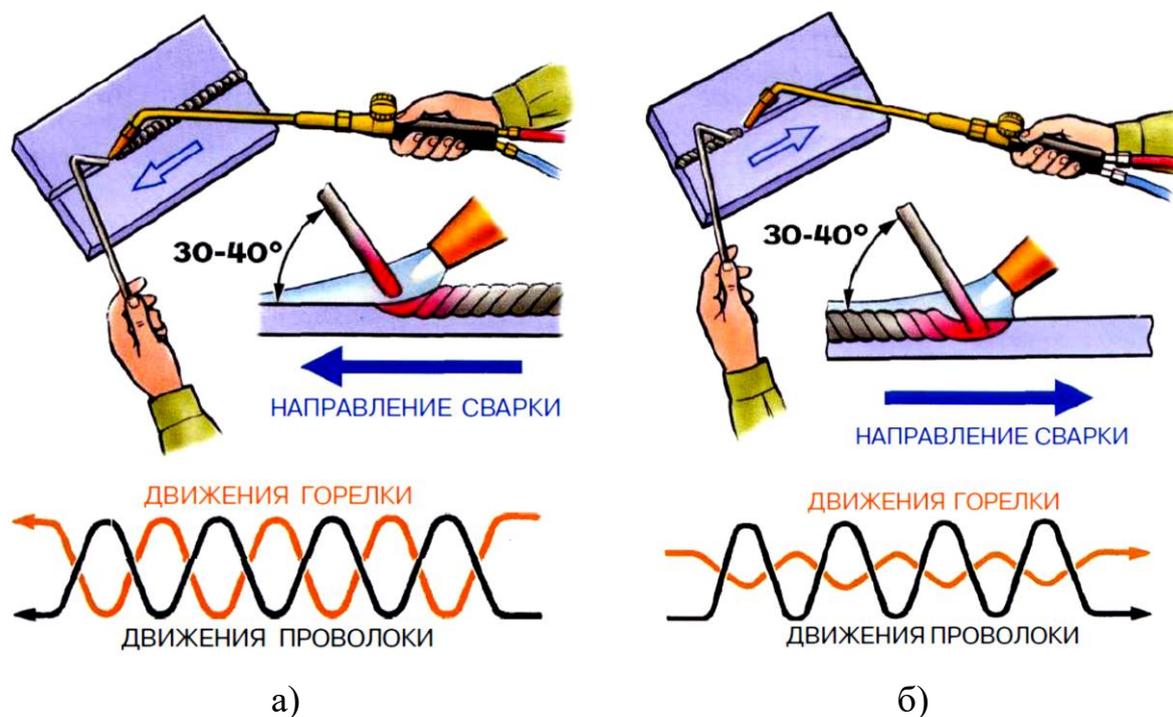
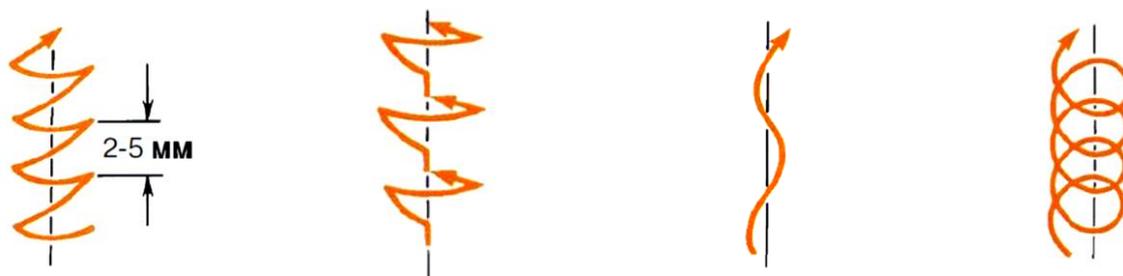


Рис. 17. Способы газовой сварки:

а) левый; б) правый



для сварки листов
средних толщин

а)

для сварки листов
большой толщины

б)

для сварки тонко-
листовой стали

в)

для сварки листов
средних толщин

г)

Рис. 18. Колебательные движения горелки:

а) полумесяцем; б) с задержкой пламени вдоль оси шва;

в) с незначительными колебаниями; г) петлеобразно

Сварка производится нормальным пламенем или с небольшим избытком ацетилена; мощность пламени берется из расчета 75...100 л/ч ацетилена на 1 мм толщины металла. Для уменьшения концентрации нагрева ядро пламени должно находиться от металла на большем расстоянии, чем при сварке стали.

Для получения в металле шва серого чугуна в качестве присадки

используется чугун следующего состава: 3...3,6% *C*; 3,6...4,8% *Si*; 0,5...0,8% *Mn*; 0,08% *S*; 0,3...0,5% *P* или 3...3,6% *C*; 3...3,5% *Si*; 0,2...0,5% *P*.

В качестве флюса применяют прокаленную буру или смесь буры (50%), двууглекислого натрия (47%) и кремнезема (3%).

Горячую сварку серого чугуна электрической дугой рекомендуется осуществлять постоянным током обратной полярности металлическим или угольным электродом.

Металлические электроды представляют чугунные стержни диаметром 12 мм, покрытые специальной обмазкой. При холодной сварке электрической дугой применяют чугунные или стальные электроды со специальной обмазкой. Для получения высоких механических свойств шва рекомендуется в месте сварки устанавливать стальные шпильки.

Сварка алюминия и его сплавов. Сварку в инертных газах проводят в аргоне, гелии и их смесях неплавящимся и плавящимся электродом. Ручную дуговую сварку используют при сварке толщин более 4 мм, покрытыми электродами, стержни которых изготовлены из проволоки по ГОСТ 7871 с нанесенными на них покрытиями из хлористых и фтористых солей. Электроды марки ОЗА-1 со стержнем из проволоки СвА1 применяют для сварки технического алюминия, а электроды ОЗА-2 со стержнем из проволоки марки СвАК5 - для заварки брака отливок из сплавов АК9ч (АЛ4), АК7ч (АЛ9) и др. Сварка в основном ведется в нижнем положении. Необходим предварительный подогрев до 250...400 °С. Сварку производят постоянным током обратной полярности короткой дугой. Силу тока устанавливают из расчета 25...30 А/мм диаметра электрода.

Газовую сварку выполняют нормальным пламенем с использованием защитного флюса типа АФ-4А в виде порошка или пасты, наносимых на свариваемые кромки с подогревом металла при сварке заготовок толщиной более 5 мм.

Сварка меди и ее сплавов. Дуговую сварку покрытыми электродами выполняют на постоянном токе обратной полярности короткой дугой.

Наиболее широкое применение получили электроды ОЗБ-1, АНЦ/ОЗМ-2, “Комсомолец-100”, стержни которых изготовлены из проволоки по ГОСТ 16130. При сварке меди требуется предварительный подогрев до 300...500 °С. Сварка ведется в нижнем и наклонном положениях, на повышенных по сравнению со сталью величинах тока. При сварке медных сплавов тепловложение (величина сварочного тока) уменьшается по сравнению со сваркой меди; присадочная проволока выбирается в соответствии с маркой сплава.

При сварке латуней для уменьшения выгорания цинка целесообразны сварка окислительным пламенем на пониженной мощности, применение присадочного металла, содержащего: цинк, алюминий, кремний, никель, марганец, бор и серебро.

6.10. Термическая операция

Термическая обработка проводится с целью уменьшения внутренних напряжений после сварки и/или для получения требуемых свойств шва. При сварке конструкций из низкоуглеродистых и низколегированных сталей, термообработка не требуется. В таблице 17 приведены принятые режимы термообработки сварных соединений для некоторых марок сталей.

Таблица 17

Режимы термообработки сварных соединений

| Группа стали | Режим и назначение термообработки |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Углеродистые | Отпуск при 610-650°C (для снятия сварочных напряжений). В некоторых случаях нормализация (920-940°C) или закалка с отпуском. |
| 20 (трубная) | Отпуск при 610-650°C при толщине стенки свыше 36 мм |
| Низколегированная | Отпуск при 630-660°C для снятия сварочных напряжений |
| 15ГС (трубная) | Отпуск при 635-660°C при толщине стенки свыше 30 мм |
| Теплоустойчивая: 15ХМ | Отпуск при 700-730°C при толщине стенки свыше 10 мм |
| 12Х1МФ, 20ХМФЛ | Отпуск при 715-745°C при толщине стенки свыше 6 мм |
| 15Х1М1Ф, 15Х1М1ФЛ | Отпуск при 725-755°C при толщине стенки свыше 6 мм |
| Высокохромистая | Отпуск при 730-760°C |
| Жаропрочная и коррозионностойкая | Сварные соединения стали аустенитного класса: стабилизация при 780-820°C или аустенизация при 1000-1100°C для снятия напряжений, выравнивания структуры |

6.11. Контроль

Контроль сварных швов выполняется различными методами (рис. 19). Основным при текущем пооперационном контроле является - внешний осмотр сварных швов. По внешнему виду швы должны быть тщательно очищены от шлака, брызг металла и окалины на ширину не менее 20 мм (в обе стороны шва); поверхность наплавленного металла по периметру шва должна быть слегка выпуклой с плавным переходом к поверхности основного металла, швы не должны иметь трещин, прожогов, незаваренных кратеров, выходящих на поверхность пор.

Из общего числа сваренных стыков следует отбирать стыки для проверки их физическим методами и механическими испытаниями.

7. ОФОРМЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА РАБОТАННЫЙ ПРОЦЕСС СВАРКИ

Для записи технологии сварки используются различные формы документов: операционные и маршрутные (МК) карты, карты технологического процесса.

Операционная карта (ОК) — технологический документ, содержащий описание технологической операции с указанием переходов, режимов обработки и данных о средствах технологического оснащения.

Карта технологического процесса (КТП) - операционное описание технологического процесса в технологической последовательности по всем операциям одного вида формообразования, обработки, сборки или ремонта, с указанием переходов, технологических режимов и данных о средствах технологического оснащения, материальных и трудовых затратах.

В служебных символах (табл. 18 и рис. 20) на процессы сборки и сварки рекомендуется использовать следующие термины:

А – Операции (рекомендуется)

Общие: Контроль, Дефектация, Сварка;

Слесарные и сборочные: Правка, Разметка, Отрезка, Опиловочная,

Зачистка, Гибка, Очистка, Сборка, Слесарная, Отрубка, Закрепление, Раз-
резка.

Машинные: Отрезная, Углошлифовальная, Фрезерная.

Термические (рекомендуется): Термическая, Отжиг, Отпуск

Полная запись наименования операции совпадает с наименованием вида
(способа) сварки в данной операции: Газовая сварка, Дуговая сварка.

Б - Технологическое оборудование (примеры)

ТДМ-401 – трансформатор для ручной дуговой; ВД-306 – выпрямитель
для ручной дуговой сварки, Верстак слесарный ВПЭ, Стол сварочный системы
D16 Н-тип.

М – Материалы (примеры)

Ацетилен ГОСТ 457-75, Кислород ГОСТ 5583-78; Сталь 20; Сталь
50ХФА; Вода; Моющее средство МС-37; Электроды типа Э46А по ГОСТ 9467
марки УОНИИ-13/45, диаметром 3,0 мм; Электроды типа Э-09Х1МФ по ГОСТ
9467 марки ЦЛ39, диаметром 3,0 мм. Проволока 3 Св-08А ГОСТ 2246-70; Про-
волока 4 Св-04К19Н9 - Э ГОСТ 2246-70.

Таблица 18

Содержание информации, вносимой в строки ОК, МК и КТП

| Обозначение служебного символа | Содержание информации, вносимой в графы, расположенные на строке |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| А | Номер цеха, участка, рабочего места, где выполняется опера- ция, номер операции , код и наименование операции , обозна- чение документов, применяемых при выполнении операции |
| Б | Код, наименование оборудования и информация по трудоза- тратам |
| М | Информация о применяемом основном материале и исход- ной заготовке, информация о применяемых вспомогаель- ных и комплектующих материалах с указанием наименова- ния и кода материала, обозначения подразделений, откуда по- ступают материалы, кода единицы величины, единицы норми- рования, количества на изделие и нормы расхода |
| О | Содержание операции (перехода) |
| Р | Технологический режим операции (перехода) |
| Т | Информация о применяемой при выполнении операции техно- логической оснастке |

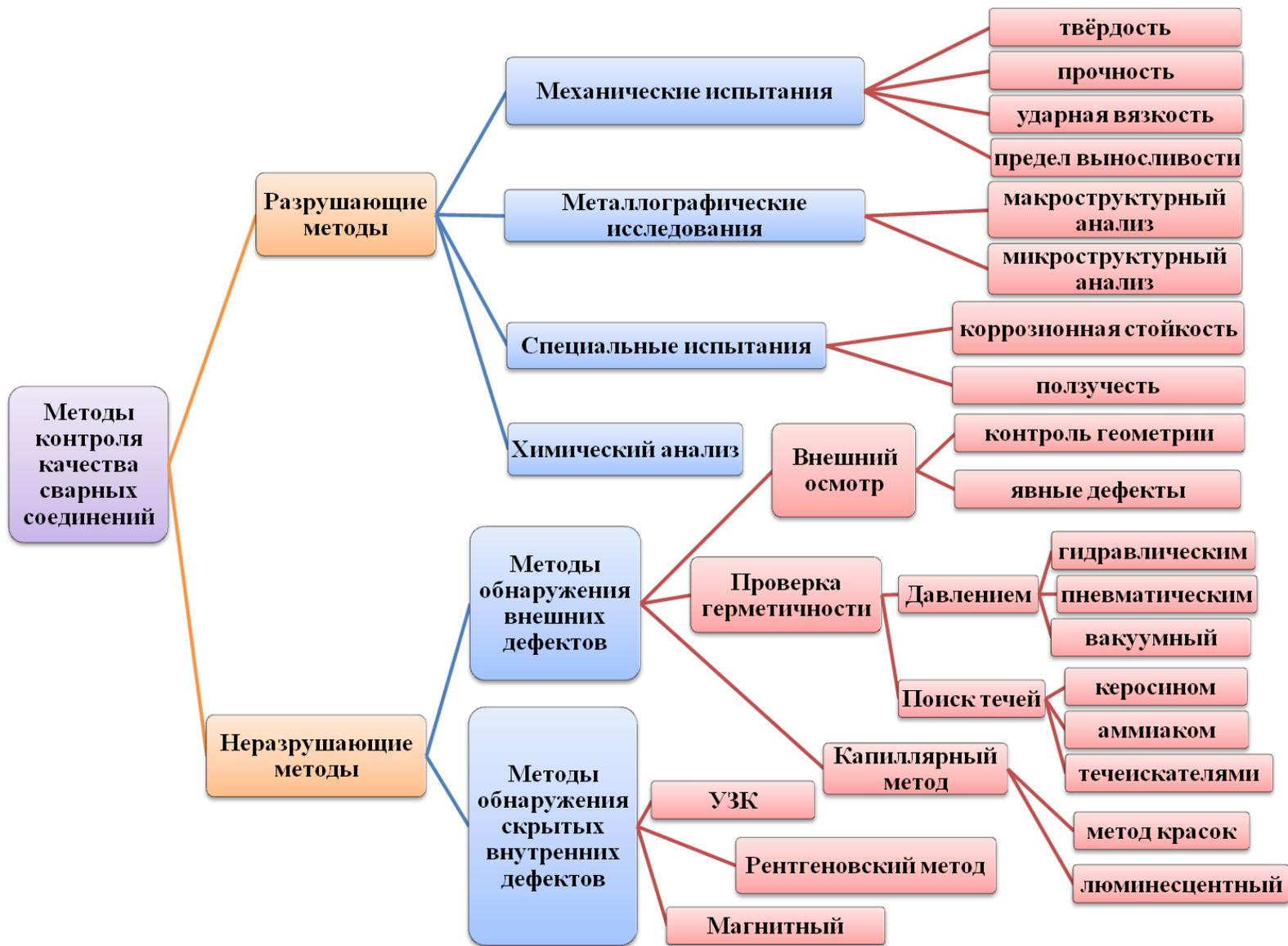


Рис. 19. Методы контроля качества сварных соединений

О - Содержание операции

Содержание перехода (выполняемые действия, указание рабочему) формулируется в форме «приказа» и условно состоит из трёх блоков:

Первый блок (действие): Опилить, Отрезать, Закрепить, Гнуть, Зачистить, Отрубить, Очистить, Править, Разметить, Разрезать, Собрать, Нагреть, Поместить.

Второй блок (результат/что): Буртик, Буртики, Выточка, Выточки, Деталь, Детали, Заготовка, Канавка, Канавки, Контур, Конус, Лыска, Лыски, Отверстие, Отверстия, Пазы, Поверхность, Поверхности, Торец, Торцы, Фаска, Фаски, Изделие;

Третий блок (как): согласно чертежу, согласно эскизу, По разметке, По трафарету, Обеспечивая прилегание, Обеспечивая параллельность, По шаблону, От краски, От ржавчины.

Запись содержания перехода сварочных операций должна включать: ключевое слово ("Сварить", "Прихватить", "Приварить", "Подварить", "Заварить" или "Выполнить");

наименование вида (способа) сварки; информацию о прихватках, содержащую данные об их размерах, количестве и/или расположении (только для переходов с ключевым словом "Прихватить");

указание на свариваемые детали, выполняемые швы или другие объекты, ссылку на документы, содержащие информацию, которая дополняет или разъясняет текстовую запись (эскиз, чертеж и др.), особые условия сварки (положение сварки, последовательность ее выполнения и др.)

Р - Режимы процесса (см. рис. 18)

ПС – положение сварки (см. рис. 4) в настоящее время для обозначения положения сварки при аттестации сварщиков пользуются ISO 6947; НП – номер прохода (для многослойных швов); Пл – обозначение полярности (П – прямая, О – обратная); U – напряжение дуги; I – сила сварочного тока; V_c – скорость сварки; НМ – номер мундштука, P_k – давление кислорода, P_g – давление горючего газа.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Оськин В.А.** Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 110300 "Агроинженерия" / В.А. Оськин, В.В. Евсиков. - Москва: КолосС, 2007
2. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: Учебник/ В.Ф. Карпенков, Л.Г. Баграмов, В.Н. Байкалова и др. – М.: КолосС. – 2006.
2. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов: учебное пособие / [В.А. Оськин и др.]; под ред. В.А. Оськина, В.Н. Байкаловой. Москва: Бибком: Транслог, 2015. – 397 с.
3. **Оськин В.А.** Пособие по проведению сварочных работ: методические указания / В.А. Оськин, А.В. Серов, В.М. Соколова. М.: Изд-во ГРАУ МСХА им. К.А. Тимирязева, 2015. – 64 с.
4. Иллюстрированное пособие сварщика / Лосев В.А, Юхин Н.А. М.: Союзло, 2000. – 60 с.
5. Справочник электрогазосварщика и газорезчика: учебное пособие / [Г.Г. Чернышов и др.]; под ред. Г. Г. Чернышова. - 5-е изд., стер. - Москва: Академия, 2014. – 393с.
6. **Латыпов Р.А.** Технологические основы сварки и пайки: учеб. пособие / Р.П. Латыпов, Г.Р. Латыпова, Е.В. Агеев, Е.В. Агеева. Курск: Университетская книга, 2016. 247 с.
7. Технология сварки плавлением, наплавки и термической резки: Учебное пособие для вузов / Б.А. Молчанов, Р.А. Латыпов. – М.: МГВМИ, 2011. 208 с.

Учебное издание

Авторы:

Серов Антон Вячеславович
Серов Никита Вячеславович
Соколова Вера Михайловна

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
РУЧНОЙ ДУГОВОЙ И ГАЗОВОЙ СВАРКИ ДЕТАЛЕЙ МА-
ШИН И ОБОРУДОВАНИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО
НАЗНАЧЕНИЯ**

Учебно-методическое пособие

Издано в авторской редакции

Корректурa авторов

Отпечатано с набора,

предоставленного авторами

Подписано в печать 20.09.2021. Формат 60x90/16
Усл.-печ. л. 3,56. Тираж 100 экз. Заказ № 27.

ООО «УМЦ «Триада»
www.ks-skrepka.ru
Тел.: 8(499)391-34-54
E-mail: kc-skrepka@mail.ru
127550, Москва, ул.
Прянишникова, д. 23А