

Астана +7(7172)727-132 Волгоград (844)278-03-48 Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89 Казань (843)206-01-48  
Краснодар (861)203-40-90 Красноярск (391)204-63-61 Москва (495)268-04-70  
Нижний Новгород (831)429-08-12 Новосибирск (383)227-86-73  
Ростов-на-Дону (863)308-18-15 Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40 Саратов (845)249-38-78 Уфа  
(347)229-48-12 **единый адрес: uer@nt-rt.ru | <http://medelektro.nt-rt.ru>**

# ГОРЫНЫЧЪ

многофункциональный портативный  
плазменный комплекс

**Краткая технологическая инструкция**

Предлагаемые ниже технологии не являются всеобъемлющими и исключительными. Рассмотрены только общие вопросы резки и сварки, которые помогут начинающему пользователю приобрести минимальные навыки работы с комплексом. Весь объем способов термической обработки материалов невозможно изложить в объеме даже ста книг. Поэтому для профессиональной работы рекомендуем обратиться к специализированной литературе.

Рекомендуемая для изучения литература:

- 1 Сварка, резка, пайка металлов. – ООО «Арфа СВ», 2000. – 192 с.
- 2 Курчаткин В.В. Учебная книга кузнеца-газосварщика. – М.: Высш. шк., 1980. – 260 с.
- 3 Макиенко Н.Н. Слесарное дело с основами материаловедения. – М.: Высш. шк., 1973. – 510 с.
- 4 Верховцев О.Г., Лютов К.П. Практические советы мастеру-любителю. – С-Пб.: Энергоатомиздат, 1991. – 272 с.
- 5 Сварка в машиностроении: Справочник. В 4-х т. – М.: Машиностроение, 1979.

## 1 РАЗДЕЛИТЕЛЬНАЯ РЕЗКА КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Наличие высокой температуры на срезе сопла ( $\sim 6000^{\circ}\text{C}$ ) и большой скорости истечения струи ( $\sim 200\text{--}220$  м/с) позволяют разрезать любой существующий в природе негорючий материал: стали, сплавы, керамику, бетон, камень и т.п. Однако при этом надо помнить, что максимальная отдаваемая аппаратом мощность не более 1,6 кВт. Отсюда получаем ограничения по толщине разрезаемых материалов. Так при резке «черных» сталей правильно настроенная горелка гарантирует качественный рез порядка 8 мм включительно, с одной стороны.

Скорость резки «черных» сталей толщиной 2 мм с использованием направляющих приспособлений достигает порядка 7–8 мм/с, толщиной 8 мм – до 1 мм/с. При этом, в зависимости от угла наклона горелки в плоскости, перпендикулярной направлению реза, вынос грата возможен на ту или иную сторону реза.

Качество резки характеризуется точностью, отклонением от перпендикулярности, шероховатостью поверхности.

Точность резки зависит, прежде всего, от квалификации резчика. Величина отклонений от заданного контура зависит также от длины, толщины, состояния поверхности, формы вырезаемой заготовки, установления правильной последовательности резки и других факторов.

Неперпендикулярность можно снизить точным ведением горелки без отклонения от вертикали.

Шероховатость поверхности реза можно оценить шероховатостью оплавленных кромок, наличием или отсутствием факторов.

Для резки необходимы сопла с диаметром отверстий 1,1–1,3 мм в зависимости от толщины металла и заданного тока.

|              |              |              |
|--------------|--------------|--------------|
| Ток 3–6 А    | Ток 5–8 А    | Ток 7–8 А    |
| Сопло 1,1 мм | Сопло 1,2 мм | Сопло 1,3 мм |

В качестве рабочей жидкости рекомендуется использовать дистиллированную (деионизованную) воду или 0,1–0,3% водный раствор аммиака  $\text{NH}_3$  (нашатырного спирта). Введение аммиака позволяет получить большее напряжение дуги при меньших рабочих зазорах и улучшить охлаждение катода. Допускается использовать воду без добавки аммиака.

### 1.1 Резка металлических пластин

Закрепить разрезаемую деталь в тисках или струбцине, если она не обеспечивает устойчивость собственным весом.

Ориентировочно определить необходимую энергию плазменной струи. Критериями оценки являются толщина, объем, форма разрезаемой детали. Чем больше толщина и объем разрезаемой детали, тем нужен больший ток и напряжение на горелке. Для сталей толщиной 1–2 мм рекомендуется ток 3–5 А и напряжение на горелке 120–160 В. При толщине 2–4 мм рекомендуется ток 5–7 А и напряжение на горелке 130–170 В. Для толщин 4–6 мм рекомендуется ток 6–8 А и напряжение 140–170 В.

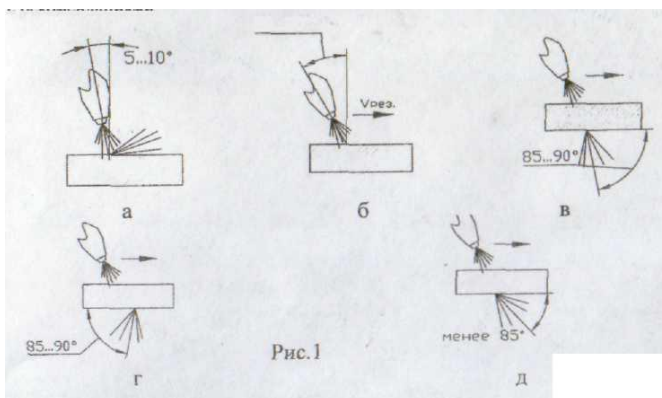
Необходимая энергия плазменной струи зависит от физических характеристик разрезаемого материала (температуры плавления, теплоемкости, теплопроводности, коррозионной стойкости).

Нагреть поверхность металла вдоль предполагаемой линии реза до температуры 200–300°C концом факела.

Зачистить металлической щеткой прогретую поверхность от окалины, отделившейся от металла в результате нагрева.

Разметить предполагаемую линию реза мелом.

Установить ток и напряжение на горелке в соответствии с рекомендациями.



Установить сопло горелки на расстоянии 2–3 мм от разрезаемого металла под углом 90 или с небольшим наклоном в 5–10° в сторону, обратную направлению реза (Рис. 1а).

Подогреть поверхность металла до температуры близкой к температуре плавления (при резке низкоуглеродистой стали до температуры 1350–1360°C).

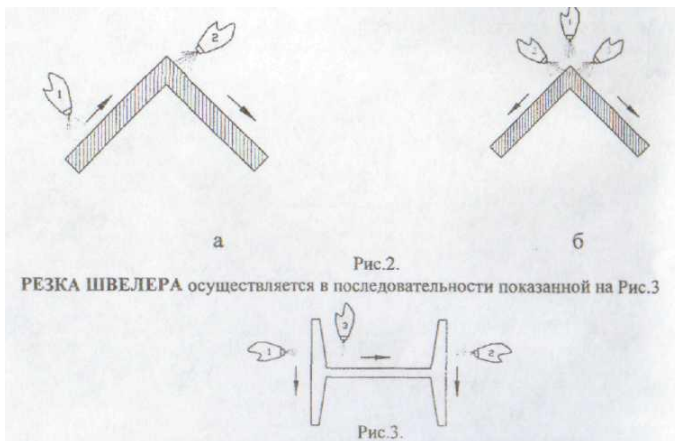
Наклонить горелку на угол 20–30° и начать процесс резки перемещением горелки по линии реза (Рис. 1б).

#### **ВНИМАНИЕ!**

- в процессе резки горелку перемещать равномерно с постоянной скоростью;
- резку выполнять на оптимальной скорости, на что указывает поток искр, вылетающих под углом 85–90° к разрезаемой поверхности (Рис. 1в);
- при слишком маленькой скорости резки поток искр улетает в сторону, обратную перемещению горелки (Рис. 1г), а при большой – под углом менее 85° (Рис. 1д).

### **1.2 Резка профильного металла**

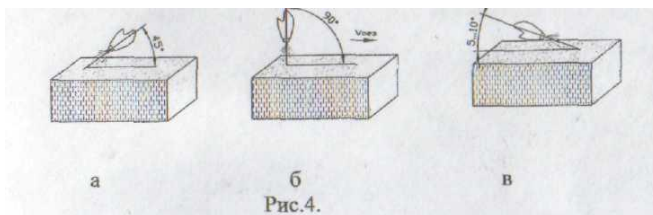
**Резка уголка** осуществляется так, как показано на Рис. 2а. Сначала прорезать одну полку снизу вверх, затем горелку плавно развернуть, установить перпендикулярно второй полке и закончить резку. Последовательность резки можно изменить (Рис. 2б).



**Резка прутков квадратного профиля** осуществляется в следующей последовательности:

а) Начать резку с угла. Сопло горелки установить под углом примерно  $45^\circ$  (Рис. 4а). Нагреть металл до температуры воспламенения. Перевести горелку в вертикальное положение (Рис. 4б). Начать резку.

б) В конце резки наклонить горелку на  $5-10^\circ$  в сторону, противоположную направлению резки (Рис. 4в) с тем, чтобы в первую очередь прорезать нижний угол.



**Резка проката круглого профиля** осуществляется в последовательности, показанной на Рис. 5:

а) Нагреть металл в верхней точке (зените) круга (Рис. 5а) до температуры воспламенения. Перевести горелку в положение 2 (Рис. 5б).

б) Осуществить разделительную резку, перемещая горелку в положения 3–6 (Рис. 5в). Расстояние сопла от поверхности металла поддерживать постоянным. Вариант резки показан на Рис. 5в.

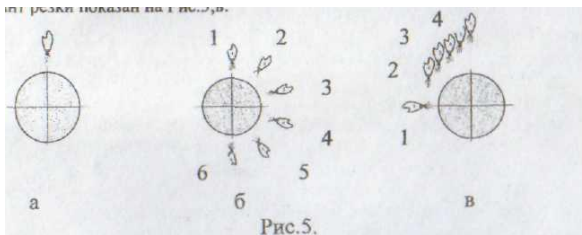


Рис.5.

в) Производительность резки повысится, если осуществлять резку нескольких прутков, расположенных друг за другом (Рис. 6). Особенность состоит в том, что в местах перехода на каждый последующий пруток нужно наклонять горелку в сторону, обратную направлению резки.

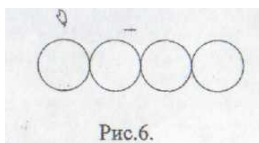


Рис.6.

Резка труб осуществляется аналогично резке проката круглого профиля. При этом желательно обеспечить вращение трубы, а не горелки вокруг нее.

### 1.3 Резка бетона и железобетона осуществляется по схеме Рис. 7.

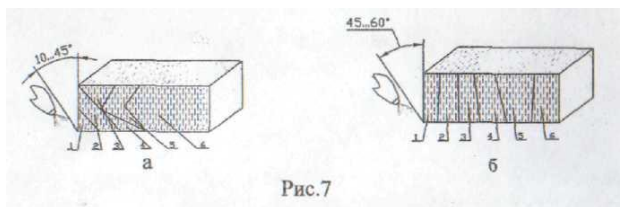


Рис.7

Резку начинать от нижней поверхности и поддерживать шлаковую ванну по всей длине в жидком состоянии. Длина ванны 10–15 мм. Резку производят слоями 1–6 (Рис. 7а,б).

**1.4 Резка легированных сталей, алюминия и его сплавов, меди и ее сплавов и других материалов** практически ничем не отличается от техники резки малоуглеродистых сталей.

**ВНИМАНИЕ!** Необходимо иметь в виду, что детали из алюминиевых и медных сплавов обладают свойством большой теплопроводности, поэтому при резке необходимо устанавливать более высокий режим работы и повышенное напряжение на горелке.

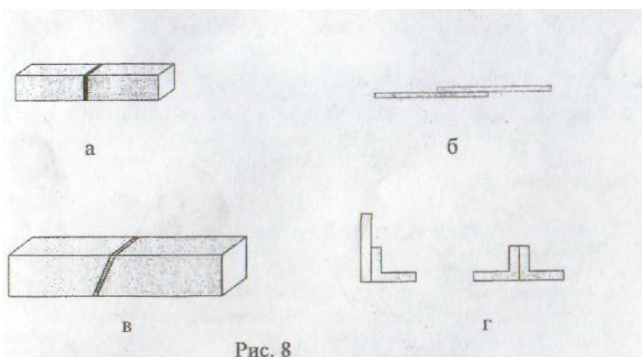
Для обеспечения более высокой скорости резки рекомендуем совершать горелкой возвратно-поступательные движения с амплитудой 2–4 мм.

## 2 Пайка

В качестве рабочей жидкости при пайке рекомендуется использовать 2–3% водный раствор аммиака  $\text{NH}_3$  (нашатырного спирта).

Характерными типами паянных соединений являются: стыковые (Рис. 8а), нахлесточные (Рис. 8б), косостыковые (Рис. 8в), с отбортовкой (Рис. 8г) и т.д.

Наибольшее распространение нашли нахлесточные соединения. Длина нахлесточных соединений составляет 30–60 мм в зависимости от толщины металла и требований к изделию.



### 2.1 Высокотемпературная пайка стали

Рекомендуем выполнять пайку в следующей последовательности:

- а) Очистить паяемые детали от грязи, масел, ржавчины и других загрязнений;
- б) Собрать пластины внахлестку, зазор между пластинами должен быть минимальным (практически около 0,05–0,10 мм);
- в) Нагреть пламенем горелки паяемые кромки до температуры красного каления и до температуры плавления припоя;
- г) Нанести на поверхность натертых кромок тонкий слой прокаленной буры;
- д) Расплавить буру и разогнать ее пламенем горелки по зачищенной поверхности так, чтобы она затекла в зазор и покрыла поверхность правой пластины;
- е) Нагреть припой примерно до температуры плавления буры (741°C);
- ж) Погрузить конец припоя (медная проволока марки М1) в банку с флюсом;
- з) Расплавить припой с прилипшим к нему флюсом теплотой нагретых кромок, касаясь их концом прутка припоя;

**ВНИМАНИЕ!** Избегайте плавления припоя пламенем горелки!

и) Внимательно следить за растекаемостью припоя. Для гарантии полного заполнения зазора припоем, пламенем горелки еще некоторое время подогреть место спая после прекращения подачи припоя;

к) Охладить соединение на воздухе. Внимательно осмотреть и дать заключение о качестве пайки по внешнему виду.

## 2.2 Пайка алюминия

Для пайки использовать флюс 34 А, имеющий состав: 20–30% хлористого лития, 15–18% хлористого цинка, 12–18% фтористого калия, хлористый калий – остальное.

Использовать припой, содержащие не выше 70% алюминия, представляющие собой тройные сплавы кремний – мель – алюминий, с температурой плавления 525°С. Состав припоя: 5,2–6,5% кремния, 26–29% меди, остальное алюминий или 10–12% кремния, 0,7% – железа, остальное алюминий, с температурой плавления 577°С.

Рекомендуемая последовательность пайки:

- а) Очистить паяемые соединения от загрязнений обтирочными салфетками;
- б) Зачистить место под пайку на ширине 40–50 мм проволочной щеткой с тонкими проволочками;
- в) Протереть зачищенные места салфеткой, смоченной бензином;
- г) Протравить паяемые кромки слабым раствором азотной кислоты (окунанием или нанесением на поверхность);
- д) Собрать соединение внахлестку, обеспечивая минимальный зазор;
- е) Техника пайки практически не отличается от техники пайки стали: место спаев подогревают пламенем горелки до температуры плавления флюса, наносят флюс, вводят в спай припой и расплавляют его;
- ж) После окончания пайки детали охлаждают на воздухе или в воде;
- з) Очистить место пайки от остатков флюса, для чего детали промыть в теплой воде и протереть салфеткой. Если необходимо удалять и излишки припоя и остатки флюса, то нужно протравить детали в 10% растворе серной кислоты с последующей промывкой и сушкой.

## 2.3 Низкотемпературная пайка

Технология и техника низкотемпературной пайки практически не отличается от технологии и техники высокотемпературной пайки. При низкотемпературной пайке на очищенные поверхности металла наносят флюс и припой, нагревают место спаев пламенем горелки. При этом флюс испаряется, а расплавленный припой затекает в зазор. Для лучшего затекания припоя (температура плавления меньше 550°С) поверхности предварительно облуживают припоем. Затем собирают соединение, как правило, внахлестку и производят пайку.

## 2.4 Пайка чугуна оловянисто-свинцовыми припоями

Пайкой можно восстанавливать детали, имеющие раковины или трещины.

Подготовка поверхности

1 Трещины по концам засверливают сверлом, имеющим диаметр в 2–3 раза больше ширины трещины. Крейцмесселем или зубилом вырубает поверхность до чистого металла;

2 Выжечь графит с разделанной поверхности (температура, примерно 750°С). Этого можно достичь и нанесением на поверхность концентрированной соляной кислоты с последующим удалением шлаков металлической щеткой;



3 Омеднить обработанную поверхность путем нанесения кисточкой раствора следующего состава: 20% серной кислоты, 28% азотной кислоты, 1% поваренной соли, 1% сернокислого цинка, 2% металлической меди и 100 г воды;

4 После нанесения раствора через 3–5 с на поверхности чугуна в результате химической реакции осаждается прочный и плотный слой меди толщиной в несколько микрон;

5 Омедненный слой промыть водой и протереть тампоном, смоченным в соляной кислоте;

6 Подготовить флюс из 60% хлорида аммония и 40% хлорида цинка;

**ВНИМАНИЕ!** Пайку производить в зоне действия вытяжной вентиляции таким образом, чтобы разделанное под пайку место находилось в горизонтальном положении.

7 Произвести пайку:

а) Нагреть пламенем горелки дефектное место и прилегающий к нему металл до температуры 300–350°C;

б) Нанести флюс на поверхность дефекта;

в) Нагреть флюс до расплавления факелом пламени. Факел направлять под углом 50–60° к поверхности дефекта;

г) Распределить флюс равномерно по поверхности дефекта концом прутка, который не доводить до плавления. Можно использовать не покрытый электрод из сварочной проволоки СВ-05А или Б;

д) Облудить место дефекта припоем ПОС-40, расплавляя прутком теплотой нагретой поверхности детали, путем трения его об эту поверхность;

е) Заполнить весь объем разделки жидким припоем, периодически добавляя флюс и непрерывно перемешивая металл прутком припоя, касаясь стенок дефекта;

ж) Выдержать ванну в жидком состоянии в течение 2–3 мин.;

з) Медленно отвести пламя горелки с целью обеспечения замедленного охлаждения места спая;

н) Очистить поверхность от флюса и оценить качество устранения дефекта.

**ВНИМАНИЕ!** Ток, напряжение и сопло выбираются в зависимости от толщины паяемых деталей. Состав рабочей жидкости подбирается экспериментально! Учитывайте, что увеличение процентного содержания аммиака снижает окислительные свойства плазмы.

## 2.5 Пайко-сварка

2.5.1 Низкотемпературная пайко-сварка чугунами присадочными материалами

1 Разделить кромки под пайко-сварку так, чтобы можно было обеспечить равномерный прогрев кромок пламенем горелки (Рис. 9);

2 Соединить детали встык на прихватках и расположить в удобное для пайко-сварки положение (нижнее);

3 Подготовить флюс марки М АФ-1;

4 Подготовить чугунные прутки диаметром 6–8 мм марки УНЧ-2 или НЧ-2;

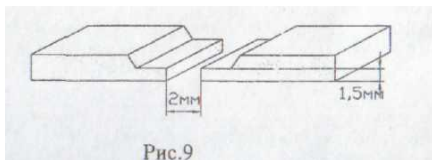


Рис.9

- 5 Установить ток 4 или 5 А и напряжение 120–140 В;
- 6 Выполнить пайко-сварку стыкового соединения:
  - а) Нагреть поверхность кромок до температуры 300–350°C и нанести флюс;
  - б) Продолжить нагрев кромок до температуры 750–850°C (до темно-красного цвета);
  - в) Нанести первую каплю расплавленного присадочного прутка на верхнюю кромку;
  - г) Давлением пламени переместить каплю вниз к зазору. При перемещении капля растекается по поверхности и покрывает ее тонким слоем;
  - д) Нанести вторую каплю там, где закончился процесс растекания первой капли. Силой струи пламени оттеснить каплю к верхней части кромки;
  - е) Нанести последующие капли и таким образом облудить всю поверхность разделки;
  - ж) Заполнить разделку тонкими слоями. При наложении валиков не допускать расплавления основного металла. Флюс наносить концом присадочного прутка. Валики раскладывать так, чтобы обеспечить юс сплавление друг с другом и с облуженной поверхностью. Расстояние от ядра пламени до поверхности металла должно быть 15–20 мм (во избежание перегрева основного металла).

При выполнении пайко-сварки допускается общий подогрев деталей до температуры 300–400°C, что в значительной степени облегчает выполнение работы по устранению дефектов на толстостенных деталях.

При правильном выполнении пайко-сварки чугунными присадочными материалами твердость в зоне сварного соединения не превышает НВ 200–250, а прочность на растяжение составляет 160–200 мПа.

### 2.5.2 Низкотемпературная пайко-сварка латунными припоями

- 1 Повторить пункты 1 и 2 предыдущего раздела;
- 2 Подготовить флюс марки ФПСК-1 для нейтрализации действия свободного графита, мешающего смачиванию поверхности чугуна припоем;
- 3 Подготовить в качестве припоя кремнистую проволоку ЛОК-59-1-03 или латунную марки Л63;
- 4 В зависимости от толщины обрабатываемых деталей установить ток и напряжение на горелке;
- 5 Произвести пайко-сварку:
  - а) Нагреть поверхности соединяемых деталей до температуры 450–500°C и нанести флюс;
  - б) Продолжить нагрев наиболее мягкой частью пламени до начала расплавления флюса примерно, 650–750°C. Расплавление флюса служит сигналом для расплавления латунного припоя;

в) Расплавить припой более нагретой частью пламени и ванным методом с движением горелки по спирали заполнить разделку шва;

г) Проковать наплавленный металл медным молотком сразу же после сварки и при температуре 600–700°С.

**ВНИМАНИЕ!** Низкотемпературную пайко-сварку применяют в тех случаях, когда припуск на обработку должен быть минимален.

### 2.5.3 Пайко-сварка чугуна латунными припоями

Применяется в основном для заварки трещин.

1 Засверлить на концах трещины отверстия диаметром в два-три раза большим, чем ширина трещины;

2 Очистить от загрязнений обтирочным материалом;

3 Разделать трещину зубилом под V-образную форму с притуплением 1,5 мм;

4 Установить деталь в наклонном положении для обеспечения большей высоты наплаваемого слоя;

5 Подготовить латунную проволоку марки Л63 или ЛОК-59-1-03. Припой ЛОК-59-1-03 обеспечивает получение более плотного шва и незначительный угар;

6 Подготовить для сварки флюсы марки ФСМ-1, ФСМ-2, ЛОМНА49-25-1Л-4-04;

7 В зависимости от толщины детали установить ток и напряжение на горелке;

8 Заварить трещину:

а) Нагреть кромки до красного цвета, посыпать флюсом и облудить так, как при пайко-сварке чугунными материалами;

б) Заварить трещину латунью;

9 Оценить заварку по внешнему виду.

**ВНИМАНИЕ!** После окончания процесса целесообразно место соединения прогреть, покрыть асбестом и медленно охладить. Способ пайко-сварки можно успешно применять и при пайко-сварке чугуна со сталью.

## 3 СВАРКА

Комплекс позволяет получать неразъемные соединения различных металлов методами сварки, пайко-сварки (пайки с использованием присадочных материалов, имеющих температуру плавления в диапазоне от 450 до 950°С) и пайки. Сварка возможна для «черных» и низколегированных сталей, в т.ч. некоторые сорта нержавеющей сталей и сплавов алюминия, металлы медной группы, чугуны и т.д.

Во многих случаях весьма эффективен метод пайко-сварки, в частности при работе с «пищевой нержавеющей» толщиной менее 2 мм.

Создание неразъемных соединений из некоторых сплавов алюминия и некоторых сортов нержавеющей стали возможно без применения защитных газов, так как рабочая часть факела плазменной горелки фактически имеет защитную рубашку из перегретых паров рабочей жидкости. Использование слова «некоторые» означает лишь то, что на сегодняшний день удалось поработать лишь с перечисленными ниже сплавами. Опыт отработки технологий по работе с конкретными металлами и сплавами показывает, что путем подбора соответствующих присадочных материалов и флюсов большинство задач удается успешно решить.

При сварке возникает высокое давление пара, металл разбрызгивается и сложно наложить качественный шов, без опыта работы с аппаратом. Рекомендуем для сварки применять сопло с максимально возможным диаметром рабочего отверстия, которое на заданном режиме работы обеспечивает устойчивое горение дуги. Это позволит понизить давление пара и даст более широкий факел, охватывающий сразу обе кромки свариваемого металла и накладывать очень качественный шов.

В качестве рабочей жидкости рекомендуется использовать 2–3% водный раствор аммиака  $\text{NH}_3$  (нашатырного спирта).

Применение буры и предварительная зачистка металла повышают качество шва. При сварке алюминиевых сплавов и нержавеющей сталей содержание аммиака в растворе рекомендуется выбирать в пределах 3–5%.

Во всех случаях предварительно обработайте и прогрейте свариваемые кромки, после наложения шва не спешите отводить горелку, прогрейте шов в течение 2–3 мин., не давая ему резко остывать, это предотвратит хрупкость шва в местах сварки.

### 3.1 Основные сведения о сварке

Процесс сварки представляет собой сочетание нескольких, одновременно действующих процессов, которые определяют качество сварного соединения. К этим процессам относятся тепловое воздействие на металл околосшовных участков, процесс плавления, металлургические процессы, кристаллизация металла шва и процесс взаимной кристаллизации металлов. Протекание процессов определяется в основном свойствами свариваемых металлов. Однако такие факторы, как слишком высокая температура, очень большие скорости охлаждения, необоснованный выбор присадочного материала и режима сварки, могут значительно снизить качество сварного соединения. При разнородных металлах процесс взаимной кристаллизации может не произойти, вследствие чего сварка таких металлов не может быть осуществлена.

Углеродистые стали по свариваемости можно условно разделить на следующие группы:

— хорошо сваривающиеся стали – Ст.0, Ст.1, Ст.2, Ст.3, Ст.4 (ГОСТ 380-71); 08, 10, 15, 20, 25 (ГОСТ 1050-88);

— удовлетворительно сваривающиеся стали – Ст.5 (ГОСТ 380-71); 30, 35 (ГОСТ 1050-88);

— ограниченно сваривающиеся стали – Ст.6, Ст.7 (ГОСТ 380-71), 40, 45, 50 (ГОСТ 1050-88);

— плохо сваривающиеся стали – 60Г, 65Г, 70, 75, 80, 85 (ГОСТ 1050-88).

Наиболее вредное влияние на качество сварного шва оказывают кислород, азот и водород. Снижение влияния водорода осуществляется прокалкой материалов сварки, очисткой от ржавчины и защитой ванны расплава (флюсом). Раскисление жидкого металла сварочной ванны производят, вводя в него элементы, имеющие большое сродство к кислороду: алюминий, титан, кремний, углерод, марганец. Эти элементы вводят в сварочную ванну либо через сварочную проволоку, либо через флюсы.

### 3.2 Сварочная проволока и электроды

Для заполнения разделки шва в ванну расплавленного металла вводят присадочный материал в виде прутка или проволоки. Стальная проволока, идущая на производство электродов или применяемая как сварочная проволока, изготавливается по ГОСТ 2246-70. Изготавливают стальную холоднотянутую проволоку диаметром от 0,3 до 12,0 мм. Поверхность проволоки должна быть гладкой, чистой без окислы и ржавчины, грязи и масла. Проволока маркируется индексом Св (сварочная), буквами и цифрами. Обозначения легирующих примесей общеприняты: Г – марганец, С – кремний, Х – хром, Н – никель, М – молибден, В – вольфрам, Ф – ванадий и др. Первые две цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента, а цифры после буквы, указывающей легирующие примеси, количество данного элемента в процентах. Отсутствие цифры означает, что этого элемента в материале содержится менее одного процента. Буква А в конце марки указывает на пониженное содержание вредных примесей (серы и фосфора).

Например, сварочная проволока марки Св-08ХГ2С содержит 0,08% углерода, до 1% хрома, до 2% марганца и до 1% кремния.

Медь и ее сплавы сваривают проволокой и прутками из меди и сплавов на медной основе (ГОСТ 1630-85).

Алюминий и алюминиевые сплавы сваривают сварочной проволокой из алюминия и его сплавов (ГОСТ 7871-75).

### 3.3 Сварные соединения

ГОСТ 5264-80 предусмотрены стыковые, нахлесточные, тавровые и угловые соединения.

Стыковые соединения (Рис. 10а) – соединения в которых торцы или кромки соединяемых деталей располагают так, что поверхность одной детали является продолжением поверхности другой детали. Стыковые соединения без скоса кромок применяют при соединении листов до 12 мм. Кромки листов срезают под прямым углом к плоскости листа и при сварке располагают с зазором 1–2 мм. Листы толщиной до 4 мм сваривают односторонним швом, от 2 до 12 мм – двусторонним. Стыковые соединения с V-образным разделок кромок применяют при сварке металла толщиной более 3 мм. Стыковые соединения с X-образным разделок кромок применяют при толщине металла более 8 мм.

Нахлесточные соединения (Рис. 10б) применяют для сварки металлов толщиной более 2 мм. Их выполняют наложением одного элемента на другой. Величина перекрытия должна быть не меньше удвоенной суммы толщин свариваемых кромок.

Тавровые соединения (Рис. 10в,г,д) – соединения, при которых торец одного элемента примыкает к поверхности другого элемента под некоторым углом (чаще всего под прямым). Их применяют для металлов толщиной 2–30 мм. Для получения прочного шва зазор между свариваемыми элементами составляют 2–3 мм.

Угловые соединения (Рис. 10г) осуществляют при расположении свариваемых элементов под прямым или произвольным углом, и сварка выполняется по кромкам этих элементов с одной или с обеих сторон.

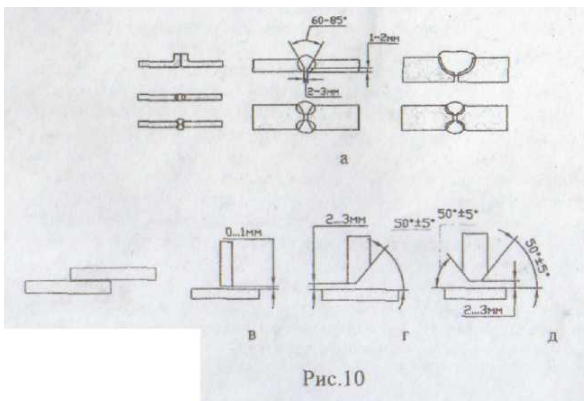


Рис.10

### 3.4 Техника выполнения сварки

Различают два основных способа сварки: правый и левый.

При правом способе (Рис. 11а) процесс сварки ведется слева направо. Горелка 4 перемещается впереди присадочного прутка 2, а пламя 3 направлено на формирующийся шов 1. Этим способом достигается защита сварочной ванны от окружающего воздуха и замедление охлаждения сварного шва.

При левом способе (Рис. 11б) процесс сварки производится справа налево. Горелка перемещается за присадочным прутком и пламя направляется на несвариваемые кромки и подогревает их, подготавливая к сварке.

Правый способ применяют при сварке металлов толщиной более 5 мм. Пламя горелки при этом способе ограничено с двух сторон кромками изделия, а спереди наплавленный валиком, что значительно уменьшает рассеивание теплоты и повышает степень его использования.

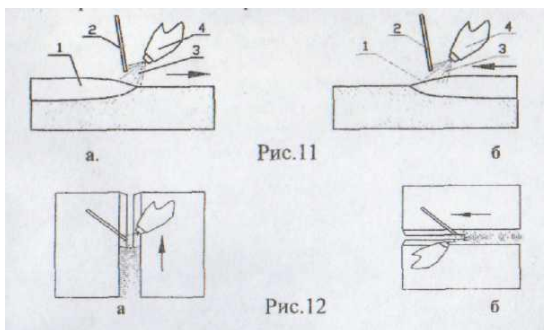
Однако, при левом способе сварки внешний вид лучше, так как сварщик отчетливо видит шов и поэтому может получить его равномерную высоту и ширину. Это особенно важно при сварке тонкого металла. Поэтому тонкий металл сваривают левым способом.

Способ сварки также зависит от пространственного положения шва. Нижние швы выполняют как левым, так и правым способом в зависимости от толщины металла, как указано выше.

Вертикальные швы при толщине металла до 2 мм рекомендуется сваривать правым способом сверху вниз и левым способом снизу вверх (Рис. 12а).

Горизонтальные швы выполняют правым способом (Рис. 12б). Пламя направляют на заваренный шов, а присадочный пруток вводят сверху в сварочную ванну, расположенную под некоторым углом к оси шва.

В процессе сварки сопло горелки и присадочный пруток совершают одновременно два движения: одно вдоль оси свариваемого шва и второе – колебательные движения поперек оси шва. При этом конец присадочного прутка движется в направлении обратном движению горелки.



### 3.5 Технологии сварки

Для получения сварного шва с высокими механическими свойствами необходимо хорошо подготовить свариваемые кромки, правильно подобрать мощность горелки, выбрать присадочный материал, установить положение горелки направление перемещения по свариваемому шву.

Подготовка кромок заключается в их очистке от масла, окалины, других загрязнений, разделке под сварку и прихвате короткими швами.

Свариваемые кромки зачищают на ширину 20–30 мм с каждой стороны шва. Для этой цели можно использовать пламя горелки. При нагреве окалина отстает от металла, а масло и краска выгорают. Затем поверхность свариваемых деталей зачищают стальной щеткой до металлического блеска. При необходимости (например, при сварке алюминия) свариваемые кромки травят в кислоте, а затем промывают и сушат.

Разделка кромок под сварку зависит от типа сварного соединения, который в свою очередь, зависит от взаимного расположения свариваемых деталей.

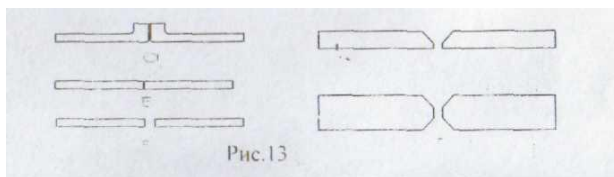
Стыковые соединения для сварки являются наиболее распространенным типом соединений. Металлы толщиной до 2 мм сваривают встык с отбортовкой кромок (Рис. 13а) без присадочного материала или встык без разделки и без зазора (Рис. 13б), но с присадочным материалом. Металл толщиной 2–5 мм сваривают встык без разделки кромок, но с зазором между ними (Рис. 13в). При сварке металла толщиной более 5 мм применяют V или X-образную разделку кромок (Рис. 13г). Угол скоса выбирают в пределах 70–90°.

Угловые соединения часто применяют при сварке металлов малой толщины. Такие соединения сваривают без присадочного материала. Шов выполняют за счет расплавления кромок свариваемых деталей.

Тавровые и нахлесточные соединения допустимы только при сварке металла толщиной менее 3 мм, так как при больших толщинах металла неравномерный местный нагрев вызывают большие внутренние напряжения и даже трещины в шве и основном металле.

Сборка под сварку производится в специальных приспособлениях или на прихватках, обеспечивающих точность положения свариваемых деталей и зазоров между ними в течение всего процесса сварки.

Основные параметры режима сварки выбирают исходя из толщины свариваемого материала и типа изделия. Определяют требуемую мощность, марку и диаметр присадочной проволоки, способ и технику сварки.



### 3.6 Сварка низкоуглеродистых сталей

Сварка выполняется с использованием рабочей жидкости в составе: аммиак и дистиллированная вода. Процентное содержание аммиака составляет 1–4%. Рекомендуется соблюдать правило: чем тоньше материал, тем больше содержание аммиака и наоборот. Универсальным является содержание аммиака 2–3%, то есть на 80 г воды берется 40 г 10%-го раствора аммиака который свободно можно приобрести в любой аптеке или магазине бытовой химии.

Сварные узлы и конструкции из низкоуглеродистой стали выполняют с применением низколегированной проволоки. Наилучшие результаты дают кремнемарганцовистая и марганцовистая проволока марки Св08ГА, СвЮГ2, Св08Г2С. Диаметр присадочной проволоки  $d$  (мм) при сварке металла толщиной до 15 мм левым способом определяется по формуле:

$$d = (S/2) + 1, \text{ где } S - \text{толщина свариваемой стали (мм).}$$

При правом способе диаметр проволоки берут равным половине толщины свариваемого металла.

После сварки можно рекомендовать проковку металла шва в горячем состоянии и затем нормализацию с температурой 800–900°C. При этом металл приобретает достаточную пластичность и мелкозернистую структуру.

**ВНИМАНИЕ!** Предприятие-изготовитель комплекса не имеет возможности рекомендовать потребителю конкретные режимы сварки, так как они в очень высокой степени зависят от навыка и опыта.

#### Сварка низкоуглеродистых сталей

| Материал     | Форма образца                     | Геометрический размер, мм    | Вид процесса | Присадочный материал | Диаметр присадочного материала, мм | Флюс   | Ток | Показания вольтметра, В |
|--------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------|------------------------------------|--------|-----|-------------------------|
| Ст-3         | Пластина                          | $d = 2$                      | Сварка       | Вязальная проволока  | 1,5                                | Нет    | 3–5 | 130                     |
| Ст-3 + Медь* | Пластины                          | $d = 0,8$<br>+<br>$d = 0,5$  | Пайко-сварка | Припой HARRIS        | 2                                  | Бура   | 3–4 | 140                     |
| Ст-3 + Медь* | Плотоволока Пластина (Пепельница) | $\varnothing 3$<br>$d = 0,5$ | Пайко-сварка | Припой HARRIS        | 2                                  | HARRIS | 3–5 | 135–145                 |



## 3.7 Сварка чугуна

### 3.7.1 Технологические особенности сварки чугуна

Основные трудности при сварке чугуна обусловлены их физико-химическими свойствами: быстрое охлаждение жидкого металла в зоне сварки, а также выгорание кремния из расплава шва; отсутствие периода пластического состояния и высокая хрупкость приводят, вследствие неравномерного нагрева и охлаждения, а также неравномерной усадке металла, к появлению больших внутренних напряжений и трещин как в самом сварном шве, так и в околошовной зоне; низкая температура плавления, непосредственный переход чугуна из твердой фазы в жидкую и наоборот затрудняют выход газов из металла шва, и шов получается пористым; высокая текучесть чугуна не позволяет производить сварку не только в вертикальном, но и в наклонном положении шва.

### 3.7.2 Горячая сварка чугуна

Горячей сваркой чугуна принято называть сварку чугунных сталей с их предварительным нагревом. Предварительный нагрев уменьшает разность температур основного металла и металла в зоне соединения и тем самым снижает температурные напряжения при сварке. Вместе с этим снижается скорость охлаждения сплава после сварки, что способствует получению шва хорошего качества. Для предупреждения вытекания металла и придания шву нужного очертания применяют кварцевый песок, замешанный на жидком стекле (100–150 г на 1 кг песка) и просушенный при температуре 40–60°C.

Для горячей сварки чугунов рекомендуется применять чугунные прутки следующих марок: П41, П42, М4И, П4В, диаметр прутка 4–6 мм. В качестве флюса используют буру (см. раздел пайко-сварка чугуна).

Важным условием качественной сварки является поддержание ванны наплавляемого металла в жидком состоянии в течение всего периода сварки. Для этого весь объем сварочных работ проводят без перерыва. После окончания сварки деталь подвергают медленному охлаждению. Для этого заваренные участки засыпают слоем мелкого древесного угля и накрывают асбестом, что исключают возникновение больших внутренних напряжений.

Рекомендация: в качестве флюса можно использовать смесь прокаленной буры (50%) и соды (50%).

### 3.7.3 Холодная сварка чугуна

Холодной сваркой принято называть сварку без предварительного подогрева детали. Технология сварки аналогична предыдущему разделу. В качестве присадочного материала используют литой чугунный стержень диаметром 6–8 мм марки Б. В качестве флюса – прокаленную буру. Особенность заключается в том, что расплавленный металл очищается от ярко светящихся частиц (различных неметаллических частиц) концом прутка и с помощью флюса, периодически вносимого концом прутка.

## Сварка чугуна

| Материал                  | Форма образца         | Геометрический размер, мм     | Вид процесса | Присадочный материал           | Диаметр присадочного материала, мм | Флюс   | Ток | Показания вольтметра, В |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------------------------|--------|-----|-------------------------|
| Чугун серый               | Регистр отопительный  | d = 4                         | Сварка       | Св08Г2С                        | 3                                  | Нет    | 5–6 | 130–180                 |
| Чугун + Медь*             | Сегмент Трубка        | d = 3–4<br>Ø10 x 1            | Сварка       | Медная электрическая проволока | 2                                  | Нет    | 5–6 | 130–180                 |
| Чугун + Нержавеяка + Медь | Сегмент Трубка Трубка | d = 3–4<br>Ø10 x 1<br>Ø10 x 1 | Пайко-сварка | П81 Пруток-желоб               | b = 4–5                            | HARRIS | 3–5 | 150–160                 |

### 3.7.4 Сварка легированных сталей

Легированные стали в зависимости от содержания в них легирующих компонентов подразделяют на:

- низколегированные (с содержанием легирующих элементов не более 2,5%, кроме углерода);
- среднелегированные (с содержанием легирующих элементов 2,5–10%, кроме углерода);
- высоколегированные (с содержанием легирующих элементов свыше 10%, кроме углерода).

#### 3.7.4.1 Сварка низколегированных сталей

Сварка с помощью плазменной горелки отличается значительным разогревом свариваемых кромок, снижением коррозионной стойкости, более интенсивным сгоранием легирующих элементов. Поэтому качество сварных соединений ниже, чем при других видах сварки.

Подготовка свариваемых поверхностей осуществляется так же, как при подготовке к сварке низкоуглеродистых сталей. Присадочным материалом служат проволоки марок Св08, Св08А, СвЮГ2, Св02Х19Н9, Св06Х19Н9Т, Св08Х19НЮБ. В качестве флюса используется следующий состав: борная кислота – 55%, оксид кремния – 10%, феррохром – 10%, ферротитан – 5%, титановая руда – 5%, плавиковый шпат – 5%, ферромарганец – 10%. Флюс разводят в воде до пастообразного состояния и наносят на поверхность свариваемых кромок. Режим сварки выбирают с учетом рекомендаций для сварки металлов (толщина, объем, форма и пр.).

Сварку вести с максимальной скоростью без перерывов и задержек пламени горелки на одном месте, чтобы не перегреть металл сварочной ванны и околошовной зоны.

После сварки рекомендуется термообработка. Например, сталь 1Х13 подвергается закалке нагревом до температуры 1050°С с охлаждением на воздухе и последующему отпуску при температуре 500°С.

#### 3.7.4.2 Сварка средне и высоколегированных сталей

Сварка этих видов стали затруднена, так как в процессе сварки происходит частичное выгорание легирующих элементов и углерода. Вследствие малой теплопро-

водности возможен перегрев свариваемого металла, у которого имеется повышенная склонность к образованию закалочных структур. Чем больше легирующих элементов, тем сильнее проявляются эти затруднения. Для устранения влияния этих причин на качество сварного соединения рекомендуется:

- тщательно подготовить изделие под сварку;
- сварку вести при больших скоростях, чтобы не допускать перегрева металла;
- применять термическую обработку для предупреждения образования закалочных структур и снижения внутренних напряжений.

В качестве присадочного материала используется сварочная проволока марок: Св01Х19Н9, Св04Х19Н9, Св07Х125НВ, Св-0Х18Н9С2, Св-1Х18Н11М.

В качестве флюса используют пасту НЖ-8 (28% мрамора, 30% фосфора, 10% ферромарганца, 6% ферросилиция, 6% ферротитана, 20% двуокиси титана). Можно применять флюс, состоящий из 50% буры и 50% борной кислоты или 80% буры и 20% двуокиси кремния.

Пасту наносят за 15–20 мин. до начала сварки на свариваемые кромки с лицевой и обратной сторон стыка.

Для лучшего охлаждения шва сварку производят на медной пластине или мокром асбесте.

**ВНИМАНИЕ!** Сварка высоколегированных сталей толщиной более 3 мм не рекомендуется.

#### Сварка и пайко-сварка нержавеющей сталей

| Материал                      | Форма образца               | Геометрический размер, мм    | Вид процесса | Присадочный материал | Диаметр присадочного материала, мм | Флюс           | Ток | Показания вольтметра, В |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------|----------------------|------------------------------------|----------------|-----|-------------------------|
| 12Х18Н10Т                     | Трубка                      | ∅8 х 1                       | Пайко-сварка | L-Ag40Sn<br>DIN8538  | 1,5                                | Нет            | 3–4 | 120                     |
| 12Х18Н10Т                     | Пластина                    | d = 1                        | Пайко-сварка | L-Ag40Sn<br>DIN8538  | 1,5                                | Нет            | 3–4 | 130–140                 |
| 12Х18Н10Т                     | Пластина                    | d = 1                        | Сварка       | Св06Х18Н9Г           | 2                                  | Нет            | 3–6 | 140–150                 |
| 12Х18Н10Т                     | Трубка                      | ∅8 х 1                       | Пайко-сварка | L-Ag40Sn<br>DIN8538  | 1,5                                | Нет            | 3–4 | 120                     |
| 12Х18Н10Т + АМц               | Трубки                      | ∅8 х 1<br>∅10 х 1            | Пайко-сварка | STC1-01R<br>(AlSi5)  | 2,4                                | Ф-40А<br>Ф-34А | 3–4 | 130–140                 |
| 12Х18Н10Т + Алюминиевый сплав | Трубки                      | ∅8 х 1<br>∅10 х 1            | Пайко-сварка | STC1-01R             | 2,4                                | Ф-40А<br>Ф-34А | 3–4 | 130–140                 |
| Медь + Нержавеяка + Чугун     | Трубка<br>Трубка<br>Сегмент | ∅10 х 1<br>∅8 х 1<br>d = 3–4 | Пайко-сварка | П81<br>Пруток-желоб  | b = 4–5                            | HARRIS         | 3–5 | 150–160                 |

### 3.8 Сварка цветных металлов и их сплавов

#### 13.8.1 Сварка меди

**ВНИМАНИЕ!** При сварке меди следует учитывать, что теплопроводность меди в 6 раз больше теплопроводности железа. При температуре 500–600°С медь приобретает хрупкость, а при температуре 700–800°С прочность меди настолько снижается,

что уже при мягких ударах образуются трещины. Температура плавления меди – 1083°C.

Свариваемость меди в значительной степени зависит от наличия в металле различных примесей: висмута, свинца, сурьмы и мышьяка. Наилучшей свариваемостью обладает чистая электролитическая медь. При охлаждении в объеме металла выделяются пузырьки паров воды и углекислого газа, которые не растворяются в меди. Эти газы создают большое внутреннее давление и приводят к образованию мелких трещин. Это явление получило название водородной болезни меди.

Сварку меди производят только в нижнем положении или при небольших углах наклона.

Для предохранения от окисления и улучшения процесса сварки применяют флюсы, которые наносят на разделку шва и на присадочные прутки. Флюсы применяют следующих составов:

1 бура прокаленная – 68%, кислого фосфорнокислого натрия – 15%, кремниевой кислоты – 15%, древесного угля – 2%;

2 бура прокаленная – 50%, кислого фосфорнокислого натрия – 15%, кремниевой кислоты – 15%, древесного угля – 20%;

3 прокаленная бура с добавкой 4–6% металлического магния.

Листы толщиной до 4 мм можно сваривать с отбортовкой без присадочного металла, а более 4 мм со скосом кромок под углом 35–45°. Сборка под сварку должна обеспечивать минимальный зазор (до 0,5 мм), чтобы предупредить протекание расплавленного металла шва.

Рекомендуется использовать при сварке подкладки из графита, асбеста или керамики. По концам шва следует сделать формовку.

**ВНИМАНИЕ!** Бура, поставляемая промышленностью, увеличивает газовую пористость шва. Прокалку буры осуществляют следующим образом: наполнить фарфоровый или шамотный тигель бурой (1/3 по высоте) и поместить в печь, нагретую до 400–500°C. После выпучивания, а затем оседания буры на дно тигля бура считается прокаленной. Полученную массу превратить в порошок и поместить в герметично закрывающуюся посуду. Технологию сварки можно рекомендовать в следующей последовательности:

а) собрать соединение для сварки (медь М IP) (Рис. 14);

б) зачистить кромки от окалины, ржавчины и других загрязнений на ширину 30 мм от центра разделки.

1 Подготовить присадочную проволоку из меди, содержащую до 0,2 массы % фосфора. Диаметр проволоки выбирается в пределах 0,5–0,75 толщины свариваемого металла.

2 Подготовить прокаленную буру.

3 Установить ток 5–6 А и напряжение 160–180 В.

4 Сварить детали (Рис. 15).

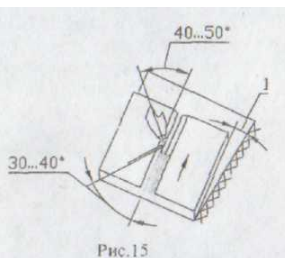
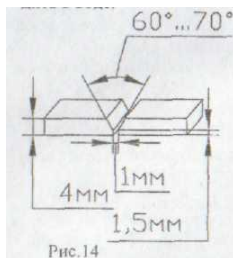
Сварку вести на подъеме за один проход без перерывов. Поддерживать угол наклона горелки к свариваемому изделию 40–50°, а присадочной проволоки 30–40°. Расстояние от сопла до свариваемой поверхности 4–8 мм.

Флюс вводить непосредственно в зону сварки совком или ложкой и периодически добавлять его концом присадочной проволоки или предварительно нанести на свариваемые кромки проволоку в виде пасты.

5 Удалить остатки флюса промывкой 2% раствором азотной кислоты (можно серной).

6 Проковать металл шва в холодном состоянии для улучшения механических свойств. Металл толщиной более 4 мм проковывают в нагретом до 500–600°C состоянии.

7 Для получения соединения с большей вязкостью металла шва и околошовной зоны образец нагреть до 500–600°C и быстро охладить в воде.



### 3.8.2 Сварка латуни

Латунь – сплав меди и цинком сваривают аналогично меди. Основное затруднение при сварке латуни связано с кипением и интенсивном испарении цинка, пары которого в воздухе образуют ядовитые оксиды.

При сварке применяют присадочные прутки из латуни ЛМц58-2 и в качестве флюса прокаленную бору. Применяют такие прутки из латуни марки ЛК, содержащие кроме меди и цинка кремний. Свариваемые кромки зачищают до металлического блеска, оксиды удаляют травлением с помощью 10% водного раствора азотной кислоты с последующей промывкой горячей водой и протиркой насухо. Горелку устанавливают под углом 70–80°, а присадочный пруток под углом 80° к соплу горелки. Чтобы не допускать интенсивного окисления сварку производят быстро, без перерывов в один проход. Расстояние от сопла до свариваемых деталей 7–10 мм. После сварки шов проковывают. Если латунь содержит меди более 60%, то проковку шва проводят в холодном состоянии, если же меди менее 60%, то швы проковывают при температуре 600–650°C с последующим медленным охлаждением.

Для сварки можно использовать кремнистую латунную проволоку ЛК-62-05 (ЛО-60-1). Диаметр проволоки выбирают по формуле:

$$d = (S - M), \text{ где } S - \text{ толщина свариваемого металла (мм).}$$

### 3.8.3 Сварка бронзы

Бронза – сплав меди с оловом, алюминием, кремнием, марганцем, цинком и свинцом. Бронза имеет различные примеси, которые при сварке выгорают, вследствие чего образуется пористый шов. Свариваемые кромки подготавливают так же, как при сварке меди. Сварку ведут быстро, за один проход и без перерывов.

Для оловянных бронз используют присадочные прутки марки БрОФ6.5-0,15 и БрОЦ4-3. Флюс – прокаленная бору.

Для алюминиевых бронз в качестве присадки применяют сварочную проволоку БРАЖМЦЮ-3-1,5. Состав флюса: 12–16% фтористого натрия, 20% хлористого натрия, 20% хлористого бария. Остальное хлористый калий.

Для свинцовых бронз применяют прутки из сплава, содержащего 21% свинца, 8% олово, 1,5% цинка. Остальное – медь.

При сварке специальных бронз используют прутки по составу близкие к свариваемым деталям.

**ВНИМАНИЕ!** Для получения качественного шва свариваемые детали предварительно подогревают до температуры 250–300°С. Допускается легкая проковка шва для улучшения качества наплавленного металла.

### Работа с металлами медной группы

| Материал                    | Форма образца                     | Геометрический размер, мм     | Вид процесса | Присадочный материал           | Диаметр материала, мм   | Флюс   | Ток | Показания вольтметра, В |
|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|--------------|--------------------------------|-------------------------|--------|-----|-------------------------|
| Латунь Л-63                 | Пластины                          | d = 1,2                       | Сварка       | Латунь Л-63, проволока         | 2,5                     | Нет    | 3–5 | 140–180                 |
| Латунь Л-63                 | Пластины                          | d = 1,2                       | Сварка       | Латунь Л-63, проволока         | 2,5                     | Бура   | 3–5 | 140–180                 |
| Медь М1                     | Пластина                          | 2,5 x 30 x 100                | Пайко-сварка | П81                            | Пруток с желобком b = 3 | Нет    | 3–5 | 130–150                 |
| Медь М2                     | Шина                              | d = 5<br>b = 15               | Сварка       | Медная электрическая проволока | 2                       | Нет    | 5–6 | 130–165                 |
| Медь электротехническая     | Пластины                          | d = 6<br>b = 17               | Сварка       | Медная электрическая проволока | 2                       | Нет    | 6–7 | 160–170                 |
| Медь + Ст-3                 | Пластина + проволока (пепельница) | d = 0,5<br>∅3                 | Пайко-сварка | Припой HARRIS                  | 2                       | HARRIS | 3–5 | 135–145                 |
| Медь + Ст-3                 | Пластины                          | d = 0,5                       | Пайко-сварка | Припой HARRIS                  | 2                       | HARRIS | 3–4 | 140                     |
| Медь + Чугун                | Трубка + Сегмент                  | ∅10 x 1<br>d = 3–4            | Сварка       | Медная электрическая проволока | 2                       | Нет    | 5–6 | 170–180                 |
| Медь + Нержавейка + Чугун   | Трубка<br>Трубка<br>Сегмент       | ∅10 x 1<br>∅10 x 1<br>d = 3–4 | Пайко-сварка | П81<br>Пруток-желоб            | b = 4–5                 | HARRIS | 3–5 | 150–180                 |
| медь М2 + Алюминиевый сплав | Трубки                            | ∅10 x 1<br>∅12 x 1            | Пайко-сварка | STC1-01R                       | 2,4                     |        | 7–8 | 140–150                 |

### 3.9 Сварка алюминия и его сплавов

Алюминий обладает малой плотностью, высокой тепло и электропроводностью, и малой прочностью. Основные трудности сварки алюминия и его сплавов вызываются

наличием на поверхности свариваемых кромок тугоплавкой оксидной пленки (температура плавления 2050°С), препятствующей сплавлению основного и присадочного металлов.

Оксидную пленку удаляют двумя способами: механическим (обработка напильником и т.п.) и химическим (травлением, применением при сварке флюсов, содержащих фтористые и хлористые соли).

**ВНИМАНИЕ!** При нагреве до 400–500°С прочность алюминия резко падает и деталь может разрушиться даже под действием собственного веса.

### 3.9.1 Сварка деформируемых алюминиевых сплавов

К деформируемым сплавам относятся сплавы марок АМц, АМг, АК.

Ориентировочная технология сварки:

1 Разделить кромки свариваемых деталей пол углом 30–35°.

2 Очистить детали от грязи, масел, красок на ширине 20–30 мм механическим путем.

**ВНИМАНИЕ!** Применение наждачных шкур не допускается!

3 Промыть детали и присадочную проволоку в течение 10 мин. в щелочном растворе, состоящем из 20–25 г едкого натрия и 20–30 г углекислого натрия на 1 л воды при температуре 65°С.

4 Протравить детали и присадочную проволоку в течение 2 мин. в 15% растворе ортофосфорной кислоты или в 15% растворе азотной кислоты.

5 Промыть детали и проволоку в горячей, а затем холодной воде. Протереть и просушить до полного удаления влаги.

6 Подготовить флюс АФЧА (хлористый натрий 28%, хлористый калий 50%, хлористый литий 14%, фтористый натрий 8%). Флюс, хранящийся в герметичной таре, развести в мягкой дистиллированной воде до кашеобразного состояния.

**ВНИМАНИЕ!** При разведении флюса водой выделяется теплота. Негодный флюс теплоты не выделяет. Разведенный флюс приходит в негодность через 4–5 часов.

7 Подготовить присадочную проволоку СвМгб или СвМгб-1 диаметром 4–5 мм. Очистить ее по технологии пп. 2–5.

8 Режимы выбираются в зависимости от толщины и объема свариваемых деталей, согласно ранее изложенным рекомендациям.

9 В начале сварки горелку устанавливают под углом 90° к поверхности детали, затем по мере прогрева деталей угол наклона уменьшить до 45–50°.

10 Угол наклона присадочного материала уменьшать до 20° при приближении к краю детали. Одновременно следует увеличить скорость сварки.

11 Поддерживать расстояние от сопла до свариваемых деталей в пределах 5–7 мм.

**ВНИМАНИЕ!** Сварку выполнять только в нижнем положении за один проход. Горелку выполнять колебательные движения. Процесс сварки вести быстро и непрерывно, без отрыва пламени от сварочной ванны.

12 По окончании сварки горелку отводить от расплавленной ванны постепенно, чтобы избежать резкого охлаждения шва и образования трещин.

**ВНИМАНИЕ!** Не допускается вторичный проход по уже выполненному шву для улучшения его внешнего вида.

13 Удалить остатки флюса и шлака для предотвращения развития коррозии. Флюсы удалять непосредственно после окончания сварки (не позднее, чем через 1 час), промыванием поверхности швов и прилегающих к ним участков основного металла проточной горячей водой 60–80°C с помощью волосяных щеток. Затем 2% раствором хромового ангидрида той же температуры и проточной горячей водой.

14 Промытые детали высушить при температуре 100–180°C в сушильном шкафу или горячим воздухом при 60–110°C.

15 Проверить качество промывки путем нанесения 2% раствора азотнокислого серебра на промытую поверхность. Если поверхность недостаточно промыта, на ней образуется белый осадок. В этом случае промывку необходимо повторить.

16 Проверить внешним осмотром качество шва.

### 3.9.2 Сварка литейных алюминиевых сплавов

Сварку применяют для исправления дефектов в отливках с использованием присадочного материала того же состава, что и основной металл. Рекомендуем использовать проволоку марок СВАК12, СВАК5, а также латунные прутки. Диаметр прутка выбирается в зависимости от толщины стенки отливки. Например, если толщина стенки 3–8 мм, то диаметр прутка должна быть 4–5 мм и т.д.

Технология сварки отливок из алюминиевых сплавов практически не отличается от технологии, применяемой при сварке деталей из деформируемых сплавов. Отливки заваривают только в нижнем положении с применением флюса, состоящего из 50% хлористого калия, 15% хлористого натрия, 35% криолита.

Заварку трещин начинают от середины. Заваривают участками по 60–70 мм поочередно в одну и другую сторону.

После сварки отливки медленно охлаждают, укрывая листовым асбестом, или засыпают песком.

Остаточные напряжения снимают отжигом при температуре 300–350°C с выдержкой в печи в течение 2–5 часов.

#### Сварка алюминиевых сплавов

| Материал | Форма образца                | Геометрический размер, мм | Вид процесса | Присадочный материал | Диаметр материала, мм | Флюс  | Ток | Показания вольтметр, В |
|----------|------------------------------|---------------------------|--------------|----------------------|-----------------------|-------|-----|------------------------|
| АД-31    | Фрагмент оконной рамы        | d = 2                     | Сварка       | ДЕАИМgз              | 4                     | Ф-34А | 3–5 | 120–140                |
| АД-31    | Угловая вставка оконной рамы | d = 4                     | Сварка       | Электропроволока     | 2                     | Ф-34А | 3–5 | 130–145                |
| АМг-6    | Пластины                     | d = 2                     | Сварка       | АМг-6                | 2                     | Ф-34А | 3–5 | 135–170                |



|   |                           |                            |                  |                                |                                      |                                 |     |                    |
|---|---------------------------|----------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|-----|--------------------|
| Электрические шины (технический алюминий) | Пластины                  | d = 4<br>b = 40            | Сварка           | AMг-6                          | 3                                    | Ф-34А                           | 3-5 | 190-200            |
| AM-5K + АД-31                             | Сковорода Ручка           | d = 5 +<br>d = 2           | Сварка           | AMг-6                          | 4                                    | Ф-34А                           | 3-5 | 140-180            |
| АД-31Т                                    | Пластины                  | d = 5                      | Сварка           | AMг-6                          | 5                                    | Ф-34А                           | 3-5 | 170-180            |
| АД-31                                     | Труба квадратная и уголок | 20 x 20 x 2 15 x<br>20 x 2 | Сварка           | AK-5                           | 1,6                                  | Ф-40А                           | 3-5 | 120-140            |
| АД-31Т                                    | Полоса                    | d = 3                      | Сварка           | AMг-6                          | 4                                    | Ф-40А<br>Ф-34А                  | 3-5 | 135-170            |
| АД-31                                     | Шина электрическая        | d = 4,5<br>b = 50          | Сварка           | AMг-6                          | 4                                    | Ф-34А                           | 3-5 | 135-170            |
| Алюминиевый сплав                         | Пластина                  | 1,6 x 50 x 100             | Сварка           | AMг-6                          | 5                                    | Ф-34А                           | 3-5 | 120-145            |
| Алюминиевый сплав                         | Пластина                  | 0,8 x 25 x 125             | Сварка           | AMг-6                          | 5                                    | Ф-34А                           | 3-5 | 110-120            |
| АД-31Т                                    | Пластина                  | 5,0 x 50 x 100             | Сварка           | AMг-6<br>Электро-<br>проволока | 3<br>2                               | Ф-34А                           | 3-5 | 140-170<br>130-160 |
| Amц + 12Х18Н10Т                           | Трубки                    | ∅10 x 1<br>∅8 x 1          | Пайко-<br>сварка | STC1-01R<br>(AlSi5)            | 2,4                                  | ULTRA<br>FLUX<br>АФ-4А<br>Ф-34А | 3-4 | 130-140            |
| Алюминиевый сплав + Ст. 5                 | Трубки                    | ∅10 x 1<br>∅8 x 1          | Пайко-<br>сварка | АЛАРМЕТ-21<br>STC1-01R         | пруток с<br>желобком<br>b = 4<br>2,4 | Ф-40А<br>Ф-34А                  | 3-4 | 130-140            |
| Алюминиевый сплав + 12Х18Н10Т             | Трубки                    | ∅10 x 1<br>∅8 x 1          | Пайко-<br>сварка | STC1-01R                       | 2,4                                  | Ф-40А<br>Ф-34А                  | 3-4 | 130-140            |
| Алюминиевый сплав + медь М2               | Трубки                    | ∅12 x 1<br>∅10 x 1         | Пайко-<br>сварка | STC1-01R                       | 2,4                                  | Ф-34А                           | 3-5 | 140-150            |

### 3.10 Сварка полимеров и пластмасс

#### 13.10.1 Способы сварки

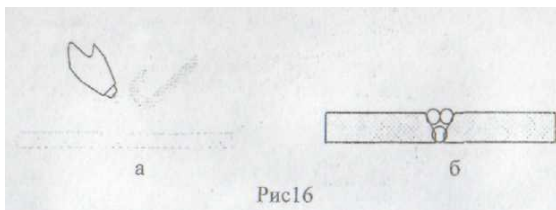
Выбор способа сварки зависит от свойств материала, вида и толщины свариваемых кромок, типа конструкции и требований к ним.

13.10.2 Сварка нагретым газом за счет определения оптимального расстояния от свариваемой поверхности до сопла горелки

Соединяемые поверхности разогревают до определенной вязкости (температуры сварки) и затем прижимают друг к другу под некоторым давлением. Сварку выполняют без присадочного материала и с его применением в виде прутка. На Рис. 16а представлена схема сварки с использованием присадочного прутка 2, который вдав-

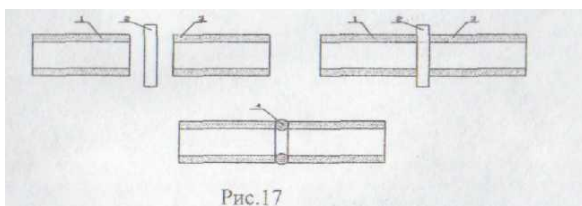
ливается в разделку кромок 5 свариваемого изделия 4. Нагретые горелкой 1 кромки изделия и пруток слипаются под давлением сжатия и образуется сварной шов 3.

Сварка толстого материала выполняется последовательной укладкой в разделку кромок нескольких присадочных прутков (Рис. 16б – цифры указывают последовательность наложения швов).



### 3.10.3 Сварка нагретым инструментом

Схема сварки с использованием нагретого инструмента приведена на Рис. 17. При стыковой сварке после подготовки кромок 1, 3 к сварке в разделку вводят нагретый инструмент 2 и прилагают усилие сжатия. После нагрева кромок до температуры сварки детали разводят, выводят инструмент, усилием сжатия сводят детали и выдерживают до охлаждения шва 4.



## 3.11 Основные дефекты сварных швов

Дефекты сварных швов являются следствием неправильного выбора или нарушения технологического процесса изготовления сварной конструкции, применения некачественных сварочных материалов и низкой квалификации сварщика.

Дефекты разделяются на внешние и внутренние. К внешним дефектам относятся: нарушение установленных размеров и формы шва, непровар, подрез зоны оплавления, поверхностное окисление, прожог, наплыв, поверхностные поры, незаваренные кратеры и трещины на поверхности шва.

К внутренним дефектам относятся внутренние поры, неметаллические включения, непровар, и внутренние трещины.

Нарушение размеров и формы шва. Эти дефекты при ручной сварке являются результатом низкой квалификации сварщика, плохой подготовкой свариваемых кромок, неправильного выбора режимов источника питания и горелки, низкого качества сборки под сварку.

Непровар – местное несплавление свариваемых кромок основного металла. Этот дефект является результатом низкой квалификации сварщика, плохой подготовкой свариваемых кромок, быстрое перемещение горелки по шву.

Подрез зоны – узкие углубления в основном металле вдоль края сварного шва. Дефект образуется при завышенной мощности горелки, неправильном положении горелки и присадочного прутка.

Поверхностное окисление – окисление металла шва и прилегающего к нему металла. Причина – чрезмерно большая мощность горелки, замедленное перемещение горелки вдоль шва.

Прожоги – сквозное отверстие в сварном шве. Основная причина – завышенная мощность горелки, малая толщина основного металла, малое притупление свариваемых кромок и неравномерный зазор между ними по длине.

Наплывы – результат истекания наплавленного металла на непрогретую поверхность основного металла или ранее выполненного валика без сплавления с ним. Такие дефекты могут быть при низкой квалификации сварщика, недоброкачественных материалах и несоответствия скорости сварки.

Поверхностные и внутренние поры являются результатом плохой подготовкой свариваемых кромок (загрязненность, ржавчина, замасленность) применением влажного флюса, недостатка раскислителей, больших скоростей сварки.

Трещины наружные и внутренние являются опасными и недопустимыми дефектами сварных швов. Они образуются вследствие напряжений, возникающих в металле от его неравномерного нагрева, охлаждения и усадки. Причина образования трещин – повышенное содержание в стали вредных примесей (серы, фосфата).

Астана +7(7172)727-132 Волгоград (844)278-03-48 Воронеж (473)204-51-73  
Екатеринбург (343)384-55-89 Казань (843)206-01-48 Краснодар (861)203-40-90  
Красноярск (391)204-63-61 Москва (495)268-04-70 Нижний Новгород (831)429-08-12  
Новосибирск (383)227-86-73 Ростов-на-Дону (863)308-18-15 Самара (846)206-03-16  
Санкт-Петербург (812)309-46-40 Саратов (845)249-38-78 Уфа (347)229-48-12  
**единый адрес: uer@nt-rt.ru | <http://medelektro.nt-rt.ru>**