

ВОРОТА ✦ РЕШЕТКИ ✦ ЛЕСТНИЦЫ  
СВАРОЧНЫЙ АППАРАТ СВОИМИ РУКАМИ

# СВАРОЧНЫЕ РАБОТЫ

ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ

ГАЗОВАЯ

ХОЛОДНАЯ

ТЕРМИТНАЯ

КОНТАКТНАЯ

СВАРКА



**Юрий Федорович Подольский**  
**Сварочные работы. Электродуговая. Газовая.**  
**Холодная. Термитная. Контактная сварка**

*Текст предоставлен правообладателем*

*[http://www.litres.ru/pages/biblio\\_book/?art=11187180](http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=11187180)*

*Сварочные работы. Электродуговая. Газовая. Холодная. Термитная. Контактная сварка / сост.*

*Ю. Ф. Подольский.: Клуб Семейного Досуга; Белгород; 2013*

*ISBN 978-5-9910-2697-0,978-966-14-6454-3*

**Аннотация**

Книга познакомит вас с основными видами сварочных работ и техникой их выполнения. В ней рассмотрены особенности сварки различных материалов, необходимые инструменты и принадлежности, а также правила техники безопасности при сварочных работах. Кроме того, мастера-любители смогут самостоятельно изготовить современный сварочный аппарат по приведенным в книге расчетам.

## Содержание

|  |     |
|--|-----|
| Введение   | 6   |
| Основы теории сварочных процессов                        | 8   |
| Классификация видов сварки                               | 9   |
| Электродуговая сварка                                    | 10  |
| Газопламенная сварка                                     | 11  |
| Физико-химическая сущность сварки металлов               | 12  |
| Сварка давлением   | 12  |
| Сварка плавлением  | 13  |
| Химический состав сварочного шва                         | 15  |
| Роль защитных газов, флюсов и шлаков                     | 16  |
| Свариваемость металлов                                   | 17  |
| Деформации при сварке                                    | 18  |
| Особенности физических процессов при дуговой сварке      | 20  |
| Особенности физических процессов при газовой сварке      | 28  |
| Технология сварочных работ                               | 31  |
| Подготовительные слесарные операции                      | 32  |
| Рубка металла  | 32  |
| Разрезание   | 34  |
| Опиливание   | 36  |
| Правка листового металла                                 | 37  |
| Гибка  | 38  |
| Сварные соединения и швы                                 | 44  |
| Ручная электродуговая сварка                             | 50  |
| Оборудование и одежда для ручной электросварки           | 51  |
| Технология ручной дуговой сварки                         | 59  |
| Выбор режимов сварки                                     | 59  |
| Техника выполнения сварных швов                          | 60  |
| Сварка металла малой толщины                             | 65  |
| Техника сварки в нижнем положении                        | 66  |
| Техника сварки на горизонтальной и потолочной плоскостях | 70  |
| Особенности сварки различных материалов                  | 72  |
| Дуговая резка металлов                                   | 78  |
| Технология газовой сварки                                | 81  |
| Материалы, применяемые при газовой сварке                | 81  |
| Оборудование для газовой сварки                          | 85  |
| Техника выполнения сварных швов                          | 95  |
| Способы и техника сварки                                 | 96  |
| Сварка в различных пространственных положениях           | 99  |
| Особенности газосварки различных металлов                | 101 |
| Кислородная резка металла                                | 106 |
| Конструирование любительских сварочных аппаратов         | 111 |
| Проектирование сварочных аппаратов                       | 112 |
| Исходные данные  | 112 |
| Конструктивные особенности сварочных трансформаторов     | 113 |

|   |     |
|---|-----|
| Стандартная методика расчета сварочного трансформатора  | 115 |
| Упрощенный расчет обмоток                               | 119 |
| Расчет нестандартного трансформатора                    | 119 |
| Выбор сечения магнитопровода                            | 121 |
| Подбор витков опытным путем                             | 122 |
| Расположение обмоток                                    | 123 |
| Выбор обмоточного провода и изоляционных материалов     | 125 |
| Проверка качества обмоток                               | 129 |
| Особенности конструкций на различных магнитопроводах    | 132 |
| П-образный сварочный трансформатор                      | 132 |
| Сварочные трансформаторы на магнитопроводе от ЛАТРов    | 137 |
| Сварочный трансформатор из статора электродвигателя     | 146 |
| Сварочный трансформатор из... телевизора                | 149 |
| Другие типы сварочных трансформаторов                   | 151 |
| Регулирование переменного сварочного тока               | 155 |
| Простой электронный регулятор сварочного тока           | 157 |
| Сварочный трансформатор с электронной регулировкой тока | 158 |
| Сварочные источники постоянного тока                    | 162 |
| Простые выпрямительные устройства                       | 162 |
| Выпрямитель с вольтдобавкой                             | 167 |
| Регулирование постоянного сварочного тока               | 169 |
| Контактно-точечная сварка                               | 173 |
| Особенности конструирования любительских ЭСА            | 173 |
| Настольный аппарат точечной сварки                      | 175 |
| Точечная сварка для домашней мастерской                 | 178 |
| Конструкции самодельных электрододержателей             | 181 |
| Простой электрододержатель                              | 182 |
| Резьбовой электрододержатель                            | 182 |
| Электрододержатель с рычажным фиксатором                | 182 |
| Электрододержатель со штоковым фиксатором               | 184 |
| Самодельные газовые горелки                             | 186 |
| Горелка с вентилем ВК-74                                | 186 |
| Горелка, переделанная из ацетиленового газореза         | 187 |
| Горелка с вентилем от газового баллона                  | 188 |
| Практикум сварщика-любителя                             | 190 |
| Изготовление металлических ворот, решеток, заборов      | 191 |
| Оконная решетка   | 191 |
| Забор из металлической сетки                            | 193 |
| Металлические сварные заборы                            | 196 |
| Ажурная решетка   | 197 |
| Плетение из металла                                     | 197 |
| Металл и камень   | 199 |
| Металлические ворота                                    | 200 |
| Ворота из профнастила                                   | 201 |
| Ворота из сетки-рабицы                                  | 203 |
| Сварные конструкции для сада и огорода                  | 205 |

|  |     |
|--|-----|
| Инструменты для бурения грунта                   | 205 |
| Мотыги   | 206 |
| Вилы для копания картофеля                       | 207 |
| Садовая тачка                                    | 209 |
| Платформенная тачка                              | 211 |
| Универсальные санки                              | 212 |
| Парничок   | 214 |
| Зеленая ротонда                                  | 215 |
| Конструкции металлических печей                  | 218 |
| Простая каменка из бочки                         | 218 |
| Простая печь-каменка                             | 219 |
| Мангал   | 220 |
| Садовая «буржуйка»                               | 222 |
| Металлические лестницы                           | 224 |
| Основные принципы конструирования лестниц        | 224 |
| Конструкции металлических лестниц                | 227 |
| Ограждение лестниц и балконов                    | 237 |
| Металл в интерьере                               | 241 |
| Сварные этажерки для цветов                      | 241 |
| Сварной стол с расписной столешницей             | 242 |
| Сварка в помощь автолюбителю                     | 245 |
| Прицеп для «Нивы»                                | 245 |
| Прицеп для мопеда                                | 248 |
| Металлический гараж                              | 251 |
| Газовая сварка в ремонте автомобиля              | 254 |
| Основные методы сварки металлоконструкций        | 258 |
| Балки  | 258 |
| Фермы  | 259 |
| Листовые конструкции                             | 260 |
| Сварка трубопроводов                             | 260 |
| Вместо заключения                                | 261 |
| Техника безопасности при сварочных работах       | 261 |
| Техника безопасности при газопламенной обработке | 262 |
| Техника безопасности при дуговой сварке          | 263 |
| Пожарная безопасность                            | 264 |
| Приложения                                       | 265 |
| Литература и другие источники                    | 282 |



## **Сварочные работы. Электродуговая. Газовая. Холодная. Термитная. Контактная сварка Составитель Юрий Подольский**

### **Введение**



Сварка является одним из ведущих технологических процессов изготовления, упрочнения и ремонта строительных конструкций, трубопроводов, машин и механизмов, транспортных средств и прочих промышленных и бытовых изделий. Использование технологических приемов сварки очень эффективно и при резке металлов. Исторически сварка известна

человечеству со времен использования меди, серебра, золота и особенно железа, при получении которого выполняли проковку, т. е. сваривание криц (кусочков технически чистого железа). Это и есть первый (и до недавнего времени основной) способ сварки – кузнечная сварка металла.

Газовая сварка появилась в конце XIX века после разработки промышленного способа производства карбида кальция путем спекания кокса с негашеной известью (1893–1895). Из карбида легко получается горючий газ – ацетилен, который и применяется при газовой сварке. Первые газовые горелки появились в 1900 г., а с 1906 г. ацетиленокислородная сварка получила промышленное применение. До 1950 г. газосварка называлась автогенной – по названию процесса автоматической генерации, т. е. получения ацетилена из карбида кальция при взаимодействии с водой в газогенераторе. До настоящего времени она применяется весьма широко как в производстве, так и при ремонте металлоизделий, а в ряде случаев является и единственно возможным способом сварки.

Наиболее же распространена в производстве и в быту электродуговая сварка – отечественное, кстати, изобретение. Впервые электрический дуговой разряд был выявлен профессором физики Петербургской медико-хирургической академии Василием Владимировичем Петровым в 1802 г. Через 80 лет (в 1882 г.) российский инженер Николай Николаевич Бенардос, работая со свинцовыми аккумуляторными батареями, открыл способ сварки неплавящим угольным электродом. Он же освоил технологию сварки свинцовых пластин, разработал способы сварки металла в среде защитного газа и электродуговой резки металла. Бенардос назвал свое изобретение «Электрогефест». В греческой мифологии бог Гефест – покровитель кузнецов, и этим названием ученый объединил наследие античных мастеров кузнечной сварки с новейшими технологическими достижениями и открытиями.

В 1888 г. другой российский инженер Николай Гаврилович Славянов разработал способ сварки плавящим электродом. Дальнейшую работу по разработке сварочных методик Славянов и Бенардос выполняли вместе. С 1890 по 1892 г. по их технологии в Российской империи было отремонтировано с высоким качеством 1631 изделие общим весом свыше 17 тыс. пудов, в основном чугунные и бронзовые детали. Они даже разработали проект ремонта Царь-колокола, но «благодаря» высочайшему запрету это чудо литейного искусства так ни разу и не зазвонило. Известный мостостроитель академик Евгений Оскарович Патон, предвидя огромную роль электросварки в мостостроении и в других отраслях хозяйства, в 1929 г. резко сменил поле своей научной деятельности и организовал в Киеве сначала лабораторию, а позднее первый в мире институт электросварки. Им было разработано и предложено много новых и эффективных технологических процессов электросварки. В годы войны под его руководством были разработаны технология и автоматические стенды для сварки под слоем флюса башен и корпусов танков, самоходных орудий, авиабомб.

В настоящее время широкое развитие получили такие способы сварки, как плазменная и электронно-лучевая, контактная и электрошлаковая, сварка под водой и в космосе, порошковыми материалами и др. Многие из них были разработаны именно в Институте электросварки имени Е. О. Патона.

## Основы теории сварочных процессов



Сваркой называется процесс получения неразъемных соединений посредством установления межатомных связей между соединяемыми частями при их нагревании и (или) пластическом деформировании. Именно так определяет сварку ГОСТ 2601-84. Это определение относится к металлам, неметаллическим материалам (пластмассы, стекло и т. д.) и к их сочетаниям.



## Классификация видов сварки

Сварка металлов, согласно ГОСТ 19521-74, классифицируется по основным физическим, техническим и технологическим признакам.

Физические признаки, в зависимости от формы энергии, используемой для образования сварного соединения, подразделяются на три класса: термический (плавление с использованием тепловой энергии), термомеханический (использование тепловой энергии и давления) и механический (сварка при помощи механической энергии и давления). К техническим признакам относятся: способ защиты металла в сварочной зоне, непрерывность сварки и степень механизации процесса. Технологические признаки установлены для каждого способа сварки отдельно.

К механическому классу относят *сварку взрывом*, при которой атомы свариваемых изделий сближаются за счет энергии, выделяемой при взрыве; *холодную сварку* пластической деформацией свариваемых металлов в зоне стыка под воздействием механического усилия и *ультразвуковую сварку* – соединение металлов энергией ультразвуковых колебаний.

Термомеханический класс содержит больше видов. *Диффузионная сварка* осуществляется за счет взаимного проникновения атомов свариваемых изделий (диффузии) при повышенной температуре в вакуумной установке.

Сварка высокочастотными токами осуществляется благодаря пластическому деформированию свариваемых изделий, предварительно нагретых высокочастотным током, проходящим между ними. При сварке трением сближают торцы вращающихся вокруг своих осей заготовок; от трения друг о друга торцы деталей сильно разогреваются, а при остановке вращения под большим давлением образуется качественное неразъемное соединение.

К термомеханическому классу относятся и разновидности *контактной сварки*.

*Стыковую контактную сварку непрерывным оплавлением* применяют для соединения заготовок сечением до 0,1 м. Типичными изделиями являются элементы трубчатых конструкций, колеса, рельсы, железобетонная арматура, листы, трубы. Плавление током металла ведется в постоянном или периодическом режиме, одновременно со сближением заготовок, которые в процессе оплавления укорачиваются на заданный припуск. При *рельефной контактной сварке* на заготовках предварительно создают рельефы – локальные возвышения на поверхности размером несколько миллиметров в диаметре. При контактной сварке таких деталей рельефы расплавляются проходящим через них сварочным током, выдавливаются оксиды и загрязнения.

Ввиду сложной технологии и необходимости использования дорогого оборудования вышеописанные виды сварки получили исключительно промышленное применение. Из видов этого класса в кустарном производстве применяются кузнечная и точечная контактная сварки. При точечной сварке детали зажимают в электродах сварочной машины или специальных сварочных клещах. После этого между электродами начинает протекать большой ток, который разогревает металл деталей в месте их контакта до температур плавления. Затем ток отключается и осуществляется «проковка» за счет увеличения силы сжатия электродов. Металл кристаллизуется при сжатых электродах, образуя сварное соединение<sup>1</sup>. Кузнечная сварка осуществляется за счет возникновения в раскаленном металле межатомных связей при пластическом деформировании ковочным молотом. В настоящее время в про-

---

<sup>1</sup> Оборудование и технология контактной сварки будут рассмотрены в разделе «Конструирование любительских сварочных аппаратов».

мышленности практически не используется, но применяется в мелкосерийном и кустарном производстве<sup>2</sup>.

**Термический класс**, как и термомеханический, тоже богат сложными промышленными видами. Так, при электрошлаковой сварке источником теплоты служит специальный флюс, разогревающийся проходящим через него электрическим током и при этом расплавляющий кромки свариваемых деталей и присадочную проволоку. **Экзотермическая (термитная) сварка** для нагрева металла использует расплавленный термит – порошкообразную смесь металлического алюминия или магния и железной окалины. Для плазменной сварки источником теплоты является плазменная струя, получаемая при ионизации рабочего газа в промежутке между электродами, одним из которых может быть само свариваемое изделие. **Электронно-лучевая сварка** ведется в вакуумных камерах электронным лучом, получаемым за счет термоэлектронной эмиссии с катода электронной пушки. При лазерной сварке источником теплоты служит мощный лазерный луч.

В то же время именно к этому классу относятся газосварка и дуговая электросварка, чаще всего применяемые в быту и мелкосерийном производстве. Они и будут рассмотрены в данной книге наиболее подробно.

## Электродуговая сварка

С применением электродуговой сварки в настоящее время осуществляется примерно 65 % сварочных работ. Источником теплоты служит сварочная дуга – мощный электрический разряд в ионизированной среде, возникающий между торцом электрода и свариваемым изделием. Температура в столбе сварочной дуги колеблется от 5000 до 12 000 К и зависит только от состава газовой среды дуги. Это тепло нагревает торец электрода и оплавляет свариваемые поверхности. В процессе остывания и кристаллизации расплава образуется сварное соединение.

Электродуговая сварка имеет собственные подвиды.

**Сварка неплавящимся электродом**<sup>3</sup>. В качестве электрода используется стержень из графита или вольфрама, температура плавления которых выше температуры сварочной дуги. Сварка чаще всего происходит в среде защитного газа (аргон, гелий, азот и их смеси) для защиты шва и электрода от влияния атмосферы и устойчивого горения дуги. Сварку можно проводить как с присадочным материалом, так и без него.

**Полуавтоматическая сварка проволокой в защитных газах**<sup>4</sup>. Электродом здесь служит металлическая проволока, к которой через токопроводящий наконечник подводится ток, а электрическая дуга расплавляет проволоку. Для обеспечения постоянной длины дуги проволока подается автоматически. Вместе с электродной проволокой из сварочной горелки подаются защитные газы (аргон, гелий, углекислый газ и их смеси). Полуавтоматическую сварку можно вести и без газа, применяя самозащитную порошковую проволоку.

**Ручная дуговая сварка**<sup>5</sup>. Для сварки используют проволоочный электрод с нанесенным на его поверхность покрытием (обмазкой). При плавлении обмазки образуется защит-

---

<sup>2</sup> Кузнечные работы – отдельная обширная тема, которая в объеме данной книги не рассматривается.

<sup>3</sup> В англоязычной литературе этот вид сварки известен как gas tungsten arc welding (GTA welding, GTAW) или tungsten inert gas welding (TIG welding, TIGW), в немецкоязычной литературе – wolfram-inertgasschweißen (WIG).

<sup>4</sup> В англоязычной иностранной литературе именуется gas metal arc welding (GMA welding, GMAW), в немецкоязычной литературе – metallschutzgasschweißen (MSG). Разделяют сварку в атмосфере инертного газа (metal inert gas, MIG) и в атмосфере активного газа (metal active gas, MAG).

<sup>5</sup> В англоязычной литературе именуется shielded metal arc welding (SMA welding, SMAW) или manual metal arc welding (MMA welding, MMAW). Чаще всего употребляется аббревиатура MMA. В старой отечественной литературе было принято сокращение РДС.

ный слой, отделяющий зону сварки от атмосферных газов (азота, кислорода) и способствующий легированию шва, повышению стабильности горения дуги, удалению неметаллических включений из металла шва, формированию шва и т. д.

**Сварка под флюсом**<sup>6</sup>. В этом случае конец электрода в виде металлической проволоки или стержня подается под слой флюса. Горение дуги происходит в газовом пузыре, находящемся между металлом и слоем флюса, благодаря чему улучшается защита металла от вредного воздействия атмосферы и увеличивается глубина проплавления металла.

## Газопламенная сварка

Источником теплоты является газовый факел, образующийся при сгорании смеси кислорода и горючего газа. В качестве последнего применяют ацетилен, водород, пропан-бутановую смесь, пары керосина, бензина, природный, светильный, нефтяной, коксовый и другие газы. В последнее время получил распространение сжиженный газ МАФ (метилацетилен-алленовая фракция), который обеспечивает хорошую скорость сварки и высокое качество сварочного шва, но требует применения особой присадочной проволоки с повышенным содержанием марганца и кремния. Тепло, выделяющееся при горении смеси, расплавляет свариваемые поверхности и присадочный материал с образованием сварочной ванны.

---

<sup>6</sup> Международное обозначение – SAW (Submerged Arc Welding).

## Физико-химическая сущность сварки металлов

Итак, для соединения двух металлов в единое целое необходимо сократить расстояние между их атомами настолько, чтобы активизировались силы взаимного притяжения и установилось равновесие между силами притяжения и отталкивания. Чтобы придать соединяемым атомам соответствующее смещение, извне необходимо сообщить энергию, которую называют энергией активации. Ее при сварке вводят путем нагрева (термическая активация) или пластического деформирования (механическая активация). По признаку применяемого вида активации в момент образования межатомных связей в неразъемном соединении различают два вида сварки: сварку плавлением и сварку давлением (рис. 1).

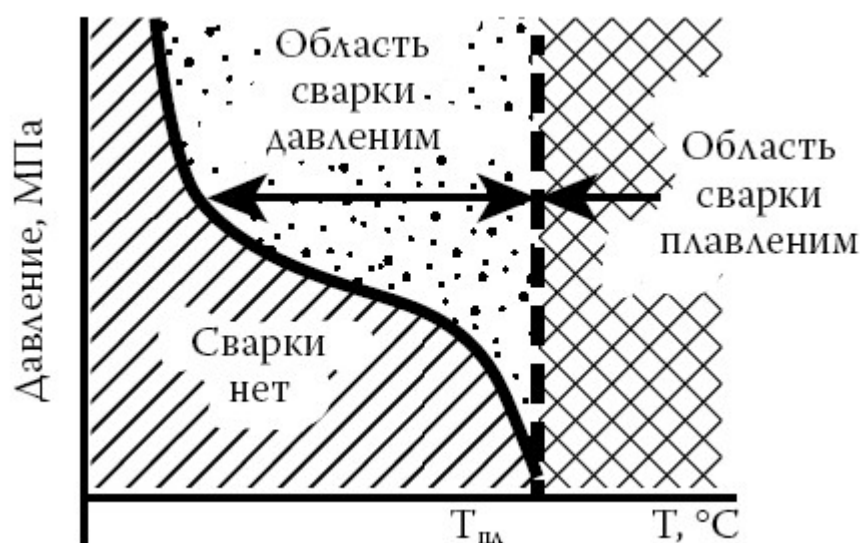


Рис. 1. Схемы возможных областей сварки давлением и плавлением в зависимости от температуры ( $T$ ) и давления ( $P$ )

### Сварка давлением

Сущность сварки давлением состоит в пластическом деформировании металла по кромкам свариваемых частей под статической или ударной нагрузкой. Для ускорения процесса обычно выполняют местный нагрев деталей. Благодаря пластической деформации у кромок свариваемых деталей разрушаются окисные пленки и поверхности сближаются до расстояний возникновения межатомных связей. Зона, где образовались межатомные связи соединяемых частей при сварке давлением, называется зоной соединения.

Характер процесса сварки давлением с нагревом может быть и другим. Например, при стыковой контактной сварке оплавлением свариваемые кромки первоначально оплавляются, а затем пластически деформируются. При этом часть пластически деформированного металла совместно с некоторыми загрязнениями выдавливаются наружу, образуя грат. На рис. 1 видно, что с увеличением температуры нагрева металла для сварки давлением требуются меньшие усилия.

## Сварка плавлением

Сущность сварки плавлением состоит в том, что при температурах выше  $T_{пл}$  жидкий металл одной оплавленной кромки самопроизвольно соединяется и в какой-то мере перемешивается с жидким металлом второй оплавленной кромки. Так создается общий объем жидкого металла, который называется **сварочной ванной**. Зачастую сварочная ванна получается смешиванием основного и присадочного металла, вносимого непосредственно в зону сварки электродом, сварочной проволокой и т. д.

Плавление основного и присадочного материалов в процессе сварки происходит под действием концентрированной энергии, вызванной сварочной дугой, пламенем горелки или каким-либо другим способом. Энергия теплового источника расходуется на нагрев металла детали, плавление присадочного материала, защитного флюса и на тепловые потери.

Распределение температуры в свариваемом металле зависит от мощности источника тепла, физических свойств металла, размеров конструкции, скорости перемещения и т. д. На рис. 2 показаны изотермы – овалы, сгущающиеся впереди движущегося при сварке источника тепла (электрической дуги, пламени горелки). Изотерма  $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$  – это температура плавления стали, она определяет ориентировочный размер сварочной ванны. Изотерма  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  указывает на зону перегрева металла, изотерма  $800\text{ }^{\circ}\text{C}$  показывает зону закалочных явлений, а  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  – зону отпуска.

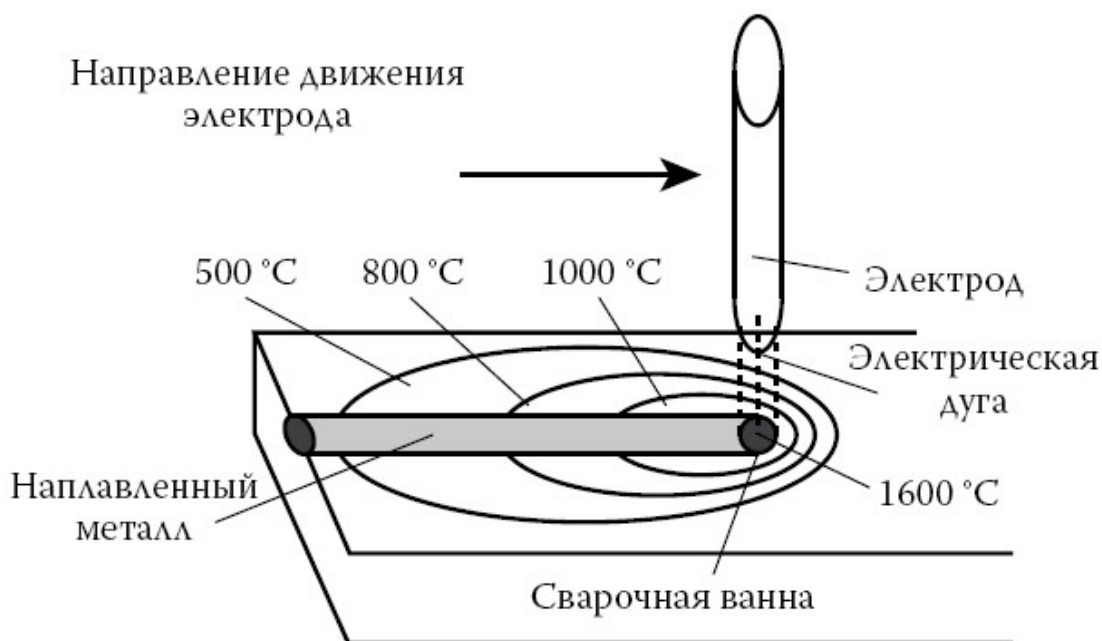


Рис. 2. Схема изотерм при сварке

Затвердевание расплавленного металла, происходящее в хвостовой части ванны, называется кристаллизацией. Динамика этого процесса такова: сварочная дуга, направленная в головную часть ванны, повышает в этой области температуру, в результате чего происходит плавление основного и электродного металлов. Механическое давление, оказываемое дугой на жидкую фазу основного и дополнительного металлов, вызывает их перемешивание и перемещение в хвостовую часть ванны, вытесняя металл из основания ванны и открывая доступ к следующим слоям. По мере удаления металла от зоны плавления отвод тепла начинает преобладать над его притоком, и температура жидкой фазы снижается. Затвердевая, она

образует сварной шов – общие для основного и электродного металла кристаллы, обеспечивающие монолитность сварочного соединения (рис. 3, а).

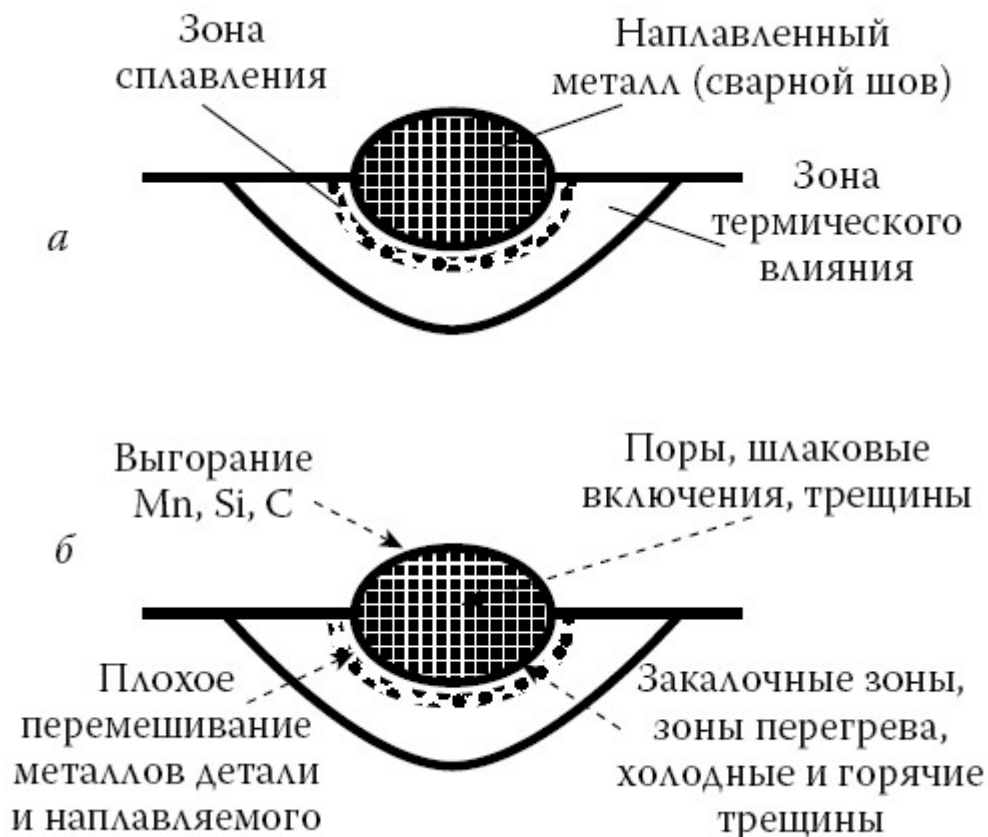


Рис. 3. Зоны сварного шва (а) и возможные дефекты в нем (б)

Снижение температуры в хвостовой части ванны происходит за счет усиленного теплоотвода в прилегающий холодный металл, так как его масса по сравнению с ванной значительно преобладает. Кристаллы металла начинают формироваться от готовых центров основного металла в направлении ведения сварки и принимают форму кристаллических столбов, вытянутых в сторону, противоположную теплоотводу.

Свойства сварного соединения определяются характером тепловых воздействий на металл в околошовных зонах. Участок основного металла, не подвергшийся расплавлению, структура и свойства которого изменились в результате нагрева при сварке или наплавке, называется зоной термического влияния. Здесь находятся участки старения (200–300 °С); отпуска (250–650 °С); неполной перекристаллизации (700–870 °С); нормализации (840–1000 °С); перегрева (1000–1250 °С); околошовный участок, примыкающий к линии сплавления (1250–1600 °С). Зона сплавления расположена вблизи границы оплавленной кромки свариваемой детали и шва и содержит образовавшиеся межатомные связи. В поперечном сечении сварного соединения она измеряется микрометрами, но роль ее в прочности металла очень велика.

В зоне термического влияния из-за быстрого нагрева и охлаждения металла происходят его структурные изменения. Следовательно, сварочный шов может получиться прочным и пластичным, но из-за термических воздействий на деталь качество сварки в целом будет низким (рис. 3, б).

Величина зоны термического влияния составляет при ручной электродуговой сварке для обычного электрода 2–2,5 мм, а для электродов с повышенной толщиной обмазки – 4—10 мм. При газовой сварке зона термического влияния существенно возрастает – до 20–25 мм.

## **Химический состав сварочного шва**

Химический состав сварочного шва значительно отличается от основного металла, так как в этой области происходит перемешивание основного и электродного металлов, различных присадок, используемых при сварке, а также реакций взаимодействия жидкой фазы с атмосферными газами и защитными средствами. Соотношения отдельных компонентов, из которых состоит сварочный шов, зависят от способа наложения шва, режимов сварки. Например, если сварочный шов ведется с разделкой, то доля основного металла в структуре шва значительно снижается. Определение доли элемента, содержащегося в металле шва, учитывают с помощью поправочного коэффициента  $n$ , показывающего, какая доля металла, содержащегося в электроде или сварочной проволоке, переходит в металл шва. Величина  $n$  может колебаться в пределах от 0,3 до 0,95.

В процессе сварки расплавленный металл активно вступает в реакцию с атмосферными газами, поглощая их и тем самым снижая механические качества сварочного шва. Так, при дуговой сварке дуга, контактирующая с металлом, состоит из смеси  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CO$ , паров  $H_2O$ , паров металла и шлака. В зоне плавления металла происходит процесс диссоциации – распад молекул на атомы. Под воздействием высоких температур молекулярный азот, водород и кислород распадаются и переходят в атомарное состояние, при котором активность газов значительно повышается.

Атомы кислорода активно растворяются в жидкой фазе металла, образуя оксиды, окисляя примеси и легирующие элементы, содержащиеся в металле. Из-за этого снижается предел прочности, предел текучести, ударная вязкость металла, ухудшается коррозионная стойкость и жаропрочность сталей. Кислород попадает в зону сварки из окружающего воздуха, из влаги, находящейся на свариваемых кромках и флюсах, с обмазки электродов. Кислород из расплавленного металла удаляют путем введения в сварочную ванну кремния и марганца, которые взаимодействуют с оксидом железа, образуя шлак. Шлак в процессе кристаллизации образует на поверхности шва твердую корку, которую удаляют механическим путем.

Растворение азота в жидкой фазе большинства металлов сопровождается образованием нитридов, что приводит к старению металла и повышению его хрупкости. Как и кислород, азот попадает в зону сварки из окружающего воздуха, и для недопущения образования нитридов сварочную ванну для легированных, жаропрочных сталей и большинства цветных металлов изолируют средой защитных газов.

Весьма нежелательным процессом является растворение водорода, что приводит к возникновению гидридов. Их образование в зоне термического влияния приводит к появлению пор, микро- и макротрещин. Водород попадает в зону сварки из атмосферного воздуха и при разложении влаги, которая имеется на свариваемых кромках, в обмазке электродов, защитных флюсах и т. д. Снижению содержания водорода способствует предварительное прокалывание электродов, свариваемых поверхностей и тщательная их зачистка.

Оксид углерода в жидкой фазе металла практически не растворяется, но влияние этого соединения на качество сварочного шва огромно. В процессе кристаллизации металла оксид углерода начинает выделять пузырьки, образуя поры в массиве сварочного шва.

Негативное влияние на состав сварочного шва оказывает сера, которая находится в основном и присадочном металлах, покрытиях, флюсах и т. д. Под действием высоких тем-

ператур в сварочной ванне образуется сульфид железа (FeS), в процессе кристаллизации которого возникает эвтектика<sup>7</sup> (ее температура плавления ниже, чем у основного металла).

Пары воды, находящиеся в жидкой фазе металла, взаимодействуют с ней, образуя оксиды железа и водород.

Бороться с этими вредными явлениями чрезвычайно трудно, и полностью изолировать сварочную ванну от влияния атмосферных газов чаще всего не удается. Чтобы снизить влияние на сварочную ванну атмосферных газов, применяют разные виды защиты – электродное покрытие, защитные газы, флюсы, вакуум и т. д. Это значительно снижает интенсивность металлургических реакций и позволяет добиться хорошего качества сварочного шва. Кроме того, большая скорость охлаждения сварочной ванны не позволяет металлургическим реакциям завершиться полностью.

## Роль защитных газов, флюсов и шлаков

Защитные газы изолируют сварочную ванну от атмосферного воздействия, поэтому металлургические процессы протекают только между элементами, содержащимися в основном и присадочном металлах. Наиболее эффективными являются инертные газы – аргон и гелий.

Роль активного газа CO<sub>2</sub> сводится к оттеснению от сварочной ванны окружающего воздуха, и в первую очередь азота. Кроме того, при высоких температурах углекислый газ диссоциирует с выделением кислорода, который, в свою очередь, окисляет металл. В связи с этим в сварочную проволоку вводят раскислители, такие как марганец и кремний. Другим следствием влияния кислорода является резкое снижение поверхностного натяжения, что приводит, среди прочего, к более интенсивному разбрызгиванию металла, чем при сварке в аргоне или гелии.



Защитная роль газов и флюсов значительно повышается при тщательной зачистке свариваемых кромок, где могут быть посторонние элементы, влияющие на происходящие в сварочной ванне химические процессы.

Защитные средства (флюсы, электродные покрытия и т. д.) под воздействием высоких температур, поддерживаемых в зоне сварки, плавятся, образуя шлак. Покрывая сплошной пленкой сварочную ванну, шлак изолирует расплавленный металл от атмосферных газов, сдерживая металлургические реакции.

Кроме того, при взаимодействии с жидким металлом расплавленные флюсы меняют состав сварочной ванны. К примеру, флюсы, содержащие в своем составе марганец и кремний, способствуют процессу восстановления этих веществ и частично препятствуют окислению углерода, что снижает вероятность образования в металле шва пор.

В нейтрализации отрицательного влияния серы, фосфора и других веществ участвует марганец, содержащийся в флюсах и покрытиях. Он является более активным элементом, чем свариваемый металл, и, вступая в реакцию с сульфидом железа FeS, образует менее

---

<sup>7</sup> Эвтектика – тонкая смесь твердых веществ, одновременно выкристаллизовывающихся из расплава при температуре более низкой, чем температура плавления отдельных компонентов, а также жидкий расплав или раствор, из которого возможна такая кристаллизация.



растворимый сульфид марганца  $MnS$ , вызывая перераспределение серы из расплавленного металла в шлак и предотвращая тем самым появление горячих трещин.

К сожалению, флюсы не позволяют полностью освободиться от вредных примесей в сварочной ванне, но их роль в сварочном процессе огромна. Они снижают скорость кристаллизации, что способствует более полному выводу газов из расплавленного металла, осуществляют его металлургическую обработку, раскисляя металл и легируя сварочный шов. Кроме того, флюсы стабилизируют дугу и тем самым способствуют качественному формированию шва.

## Свариваемость металлов

Реакция свариваемых материалов на технологический процесс сварки и возможность получения сварных соединений, удовлетворяющих условиям эксплуатации, называется **свариваемостью**. Свариваемость определяют три группы факторов:

- химический состав и структура металла, наличие примесей, степень раскисления<sup>8</sup>, подготовительные операции (ковка, прокатка, термообработка деталей);
- сложность формы и жесткость конструкции, масса и толщина металла, последовательность выполнения сварных швов;
- вид сварки и сварочные материалы, режимы термических воздействий на основной материал.

Наиболее существенное влияние на свариваемость оказывает углерод, способствующий образованию закалочных структур, и легирующие элементы (хром, вольфрам, молибден), способствующие возникновению карбидов.

Основной характеристикой свариваемости является отсутствие холодных или горячих трещин при сварке. Трещины, возникающие при температурах выше 800–900 °С, называются горячими, а при температурах ниже 300 °С – холодными.

Холодные трещины образуются под влиянием закалочных явлений, атомов водорода и остаточных растягивающих напряжений. Чувствительность сварного соединения к образованиям холодных трещин оценивают эквивалентным содержанием углерода в детали. Для этого используют эмпирические формулы, из которых наиболее распространенная имеет вид:

$$C_{\text{экв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{(Cr + V + Mo)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}.$$

При  $C_{\text{экв}} < 0,45$  сталь сваривается без холодных трещин. При  $C_{\text{экв}} > 0,45$  сталь склонна к образованию холодных трещин и необходим предварительный подогрев свариваемого изделия до температуры, где  $C_{\text{общ}}$  – общий эквивалент углерода, зависящий от  $C_{\text{экв}}$  и толщины  $h$  свариваемых деталей:

$$C_{\text{общ}} = C_{\text{экв}} (1 + 0,005h).$$

---

<sup>8</sup> Раскисление – процесс удаления из расплавленных металлов растворенного в них кислорода, ухудшающего механические свойства металла.

Допустим, нужно определить возможность сварки деталей толщиной 5 мм из стали 40ХН.

Для этого понадобится справочник по маркам сталей. Для стали 40ХН содержание С = 0,36—0,44; Мп = 0,5—0,8; Cr = 0,45—0,75; Ni = 1—1,4; Cu ≤ 0,3; ванадий и молибден не содержатся.

Для расчета возьмем средние значения химических элементов в этой стали.

$$C_{\text{экв}} = 0,4 + \frac{0,65}{6} + \frac{0,6}{5} + \frac{1,4}{15} \approx 0,72 > 0,45.$$

Следовательно, детали перед сваркой необходимо нагревать:

## Деформации при сварке

Деформации деталей при сварке происходят из-за образования внутренних напряжений. Их причинами являются температурные деформации вследствие местного нагрева, усадка наплавленного металла и фазовые превращения, происходящие в металле при охлаждении (рис. 4).

В результате местного нагрева при сварке происходит значительное местное расширение металла, в то время как остальная часть изделия остается в холодном состоянии. Это приводит к образованию внутренних напряжений и изгибам элементов конструкции.

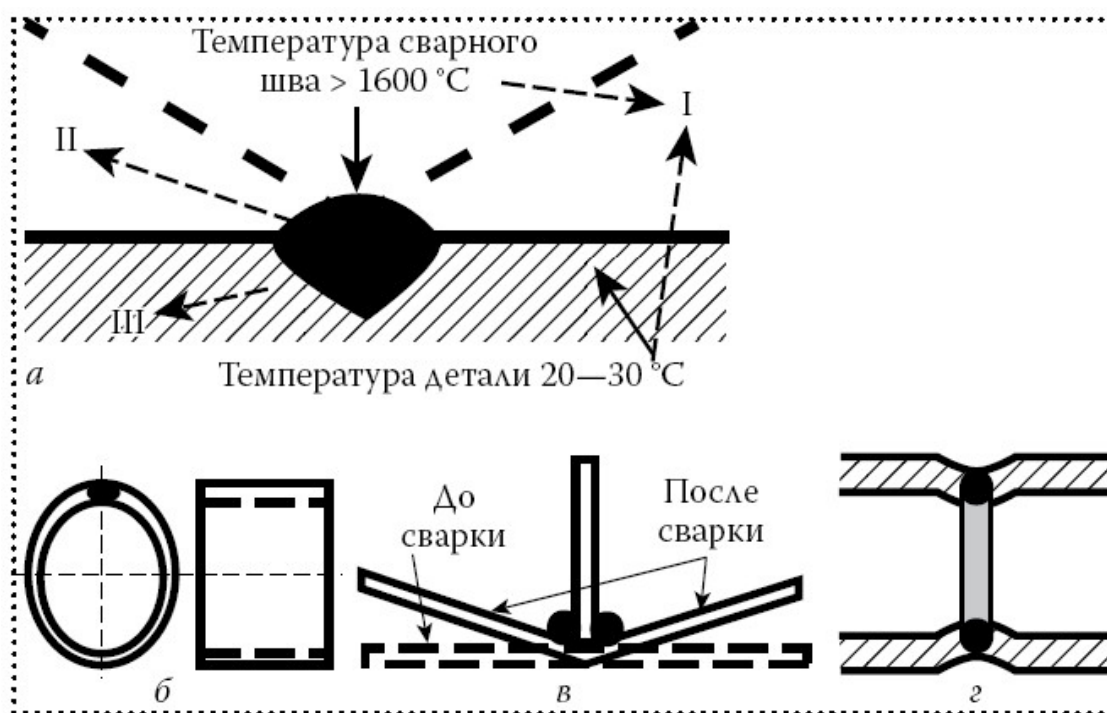


Рис. 4. Деформации при сварке:

а – причины деформаций (I – температурная деформация из-за разности температур сварного шва и детали; II – усадка сварного шва при кристаллизации; III – усадка в результате фазовых превращений); б – искривление продольной оси из-за продольного сварного

шва или газового реза; в – деформация грибовидной формы из-за усадки сварочного шва; г – усадка трубы от кольцевого сварного шва

Усадка металла, происходящая вследствие уменьшения объема жидкого металла при затвердевании, является второй по значимости причиной возникновения внутренних напряжений.

Фазовые превращения при охлаждении нагретого при сварке металла также сопровождаются относительно небольшим изменением его объема. У сталей это изменение составляет примерно 1 % объема, что также приводит к образованию внутренних напряжений.

Полностью избежать деформаций при сварке не удастся, но уменьшить их до приемлемых значений можно правильным выбором вида сварки и технологии ее осуществления. Например, электродуговая сварка, при которой изделие получает сосредоточенный нагрев, вызывает коробления меньше, чем сварка газовым пламенем, при которой нагревается значительный участок детали. Деформации при сварке плавлением больше, чем при сварке давлением.

Незначительного снижения коробления достигают, отводя тепло со свариваемого участка путем подкладывания медной пластинки с обратной стороны шва, прикладывания вокруг шва асбеста, смоченного водой, и т. п.

Коробление можно уменьшить и путем уравнивания образовавшихся деформаций. Места соединения деталей разбивают на участки, сварка которых ведется в таком порядке, чтобы деформации, получаемые при сварке на отдельных участках, были равны по величине и противоположны по направлению. Например, при сварке двутавровой балки из трех частей можно применять очередность сварки отдельных участков, показанную на рис. 5, а.

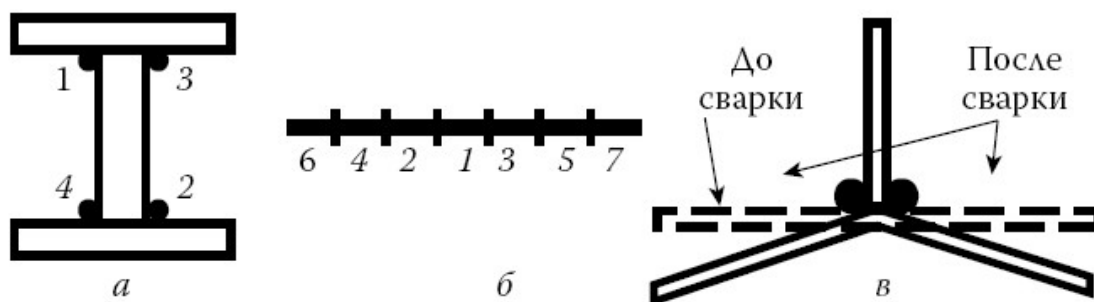


Рис. 5. Снижение деформаций изделий:

а – изменением порядка сварки; б – обратноступенчатой вразброс сваркой; в – обратным изгибом деталей перед сваркой

Значительного снижения деформации достигают способом «обратноступенчатой» сварки. При этом способе кромки соединяемых деталей сваривают в последовательности, показанной на рис. 5, б. Коробление изделия в данном случае получается значительно меньше, так как деформации коротких швов не могут приводить к значительной деформации всего изделия.

Уменьшить коробление свариваемых изделий можно также способом «обратных деформаций». В этом случае соединяемые детали предварительно отгибают в сторону, обратную сварочным деформациям (рис. 5, в). Тогда в процессе сварки они, деформируясь, обретают требуемую или очень близкую к требуемой форму.

Широко применяется также способ жесткого закрепления свариваемых деталей при помощи различных приспособлений или путем прихватки, т. е. предварительной сварки кромок в нескольких точках по длине сварки.

На 85–90 % остаточные напряжения при сварке снижаются при высоком отпуске сварных конструкций – нагреве до 550–680 °С и постепенном охлаждении на воздухе. При местном отпуске нагревается часть конструкции около сварного соединения; после остывания остаточные напряжения сохраняются, но будут меньшими по величине. Иногда проводят поэлементный отпуск отдельных сборочных элементов и только после этого – окончательную сборку конструкции.



В борьбе с деформациями наиболее эффективны те мероприятия, которые выполнены до сварки: рациональное конструирование изделия, обоснование минимально допустимых размеров швов, выбор способов сварки с наименьшими погонными энергиями, предотвращение одностороннего расположения сварных швов, использование соединений с отбортовкой кромок вместо нахлесточных или стыковых соединений, выбор рациональной последовательности сварки.

Снижение деформаций происходит при проковке металла после сварки по горячему металлу или после полного остывания детали. Газовым пламенем или другими способами после сварки иногда проводят местный нагрев тех зон, последующая усадка которых также уменьшает деформации изделия.

## Особенности физических процессов при дуговой сварке

Дуговая сварка протекает при взаимодействии различных сил и внешних факторов. В отличие от горновой (кузнечной) и газовой сварки, здесь важное значение имеют электромагнитные силы, которые следует знать и учитывать для того, чтобы соединение было выполнено качественно.

### *Свойства сварочной дуги*

Для ручной дуговой сварки используют сварочную дугу прямого действия, когда дуга горит между электродом и изделием. Существуют также многоэлектродные дуги, которые применяют в промышленности и при высокотехнологических способах сварки.

По роду тока различают дуги, питаемые переменным и постоянным током. Вследствие того, что мгновенные значения переменного тока переходят через нуль 100 раз в секунду, с той же частотой меняет свое положение и катодное пятно, являющееся источником свободных электронов. Ионизация дугового промежутка в этом случае менее стабильна, а сварочная дуга менее устойчива по сравнению с дугой постоянного тока. Поэтому для этого вида дуги используют специальные электроды с соответствующим покрытием, которое стабилизирует дугу при пропадании тока.<sup>9</sup>

Во время применения постоянного тока различают сварку на прямой и обратной полярности. В первом случае электрод подключают к отрицательному полюсу (он служит катодом), а изделие – к положительному полюсу (оно служит анодом), т. е. ток идет от электрода

---

<sup>9</sup> Напряжение холостого хода источника сварочного тока – напряжение на его зажимах при отсутствии дуги.

к нагреваемому металлу. Во втором случае электрод (анод) подключают к положительному полюсу, а изделие (катод) – к отрицательному. Свободные электроны движутся от свариваемого металла через электрод, что ведет к сильному нагреву последнего. При одних и тех же параметрах источника сварочного тока температура на поверхности свариваемого металла при обратной полярности будет ниже, и этот эффект широко используют при сварке тонкой или высоколегированной стали.

Сварочный электрод плавится за счет тепла, сконцентрированного на его конце в приэлектродной области дуги. Количество тепла, выделяемого в этой области, напрямую зависит от силы тока и электрического сопротивления промежутка, образовавшегося между электродом и основным металлом. И чем больше вылет электрода, тем больше его сопротивление, а значит, тем больше выделяется тепла. Нагреваясь до температуры 2300–2500 °С, конец электрода плавится, а образовавшиеся при этом капли металла переносятся через дуговое пространство и попадают в сварочную ванну. Этому процессу способствуют электростатические и электродинамические силы, поверхностное натяжение, тяжесть металлической капли, давление газового потока, реактивное давление паров металла и т. д. Все эти силы, взаимодействуя между собой, формируют характер капельного переноса, который может быть крупнокапельным, мелкокапельным и струйным (рис. 6). Крупнокапельный перенос металла характерен для ручной дуговой сварки, мелкокапельный – для сварки под флюсом или в среде углекислого газа, а струйный – для сварки в среде аргона.

Силы поверхностного натяжения формируют каплю на конце электрода и направлены внутрь нее. В отрыве и переносе капли участвуют электродинамические силы и давление газовых потоков. И чем больше сила тока, тем больше эти силы и тем меньшими по размеру будут капли расплавленного металла. При этом происходит электрический взрыв перемычки, образованной между отделяющейся каплей и торцом электрода. Этот взрыв сопровождается выбросом части металла за пределы сварочной ванны, так называемым разбрызгиванием, когда сварочный процесс сопровождается фонтаном искр.

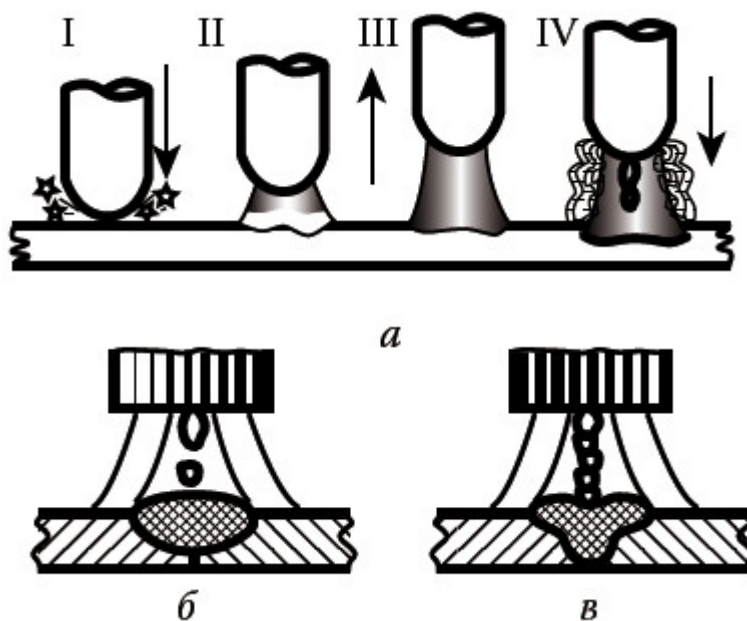


Рис. 6. Расплав и перенос электродного материала:

а – метод короткого замыкания (I – короткое замыкание; II – образование прослойки из жидкого металла; III – образование шейки; IV – возникновение дуги и образование газового облака вокруг столба дуги); б – капельный метод; в – струйный метод

Основной металл плавится под воздействием сконцентрированного в активном пятне тепла, возникающего под воздействием дуги. Электромагнитные силы, вызывающие осевое давление плазменного потока на сварочную ванну, будут пропорциональны квадрату тока, создающего дугу. Поэтому, меняя силу тока электрической дуги, меняют и размеры сварочной ванны в зависимости от толщины свариваемых деталей.

### ***Магнитное дутье***

При прохождении электрического тока по элементам сварочной цепи, в том числе по свариваемому изделию, создается магнитное поле, напряженность которого зависит от силы сварочного тока. Газовый столб электрической дуги можно рассматривать как гибкий проводник электрического тока, подверженный воздействию результирующего магнитного поля, которое образуется в сварочном контуре.

Нормальная дуга бывает при симметричном относительно нее подводе тока (рис. 7, а). В этом случае собственное круговое магнитное поле тока оказывает равномерное воздействие на столб дуги.

При несимметричном относительно дуги подводе тока к изделию вследствие сгущения силовых линий кругового магнитного поля со стороны токопровода происходит отклонение дуги от оси электрода в поперечном или продольном направлении.

По внешним признакам это подобно смещению факела открытого пламени при сильных воздушных потоках. При этом затрудняется и сам процесс сварки, нарушается стабильность горения дуги. Такое явление называют магнитным дутьем (рис. 7, б – в).

Массивные сварные изделия (ферромагнитные массы) имеют большую магнитную проницаемость, чем воздух. Поскольку магнитные силовые линии всегда стремятся пройти по среде с меньшим сопротивлением, дуговой разряд, расположенный ближе к ферромагнитной массе, всегда отклоняется в ее сторону (рис. 7, г).

Влияние магнитных полей и ферромагнитных масс можно устранить путем изменения места токоподвода, угла наклона электрода, размещением у места сварки компенсирующих ферромагнитных масс, заменой постоянного сварочного тока переменным или использованием инверторных источников питания.



В качестве компенсирующих ферромагнитных масс на практике часто используют стальную плиту с присоединенным к ней токопроводом, которую укладывают на расстоянии 200–250 мм от места сварки.

На столб сварочной дуги действует также несимметричное магнитное поле, которое образует ток, протекающий в изделии; столб дуги при этом будет отклоняться в сторону, противоположную токоподводу.

Отклонение дуги могут вызвать несимметричность обмазки электрода (рис. 7, д) и химическая неоднородность свариваемой стали (рис. 7, е).

На величину отклонения дуги влияет также угол наклона электрода, поэтому для его уменьшения электрод наклоняют в сторону отклонения дуги, а также уменьшают длину дуги.

Нередко при сварке наблюдается блуждание дуги – беспорядочное перемещение сварочной дуги по изделию, обусловливаемое влиянием загрязнения металла, потоков воздуха

и магнитных полей. Особенно часто это наблюдается при сварке угольным электродом. Блуждание дуги ухудшает процесс формирования шва, поэтому для его устранения иногда используют постоянное продольное магнитное поле, создаваемое соленоидом, расположенным вокруг электрода.

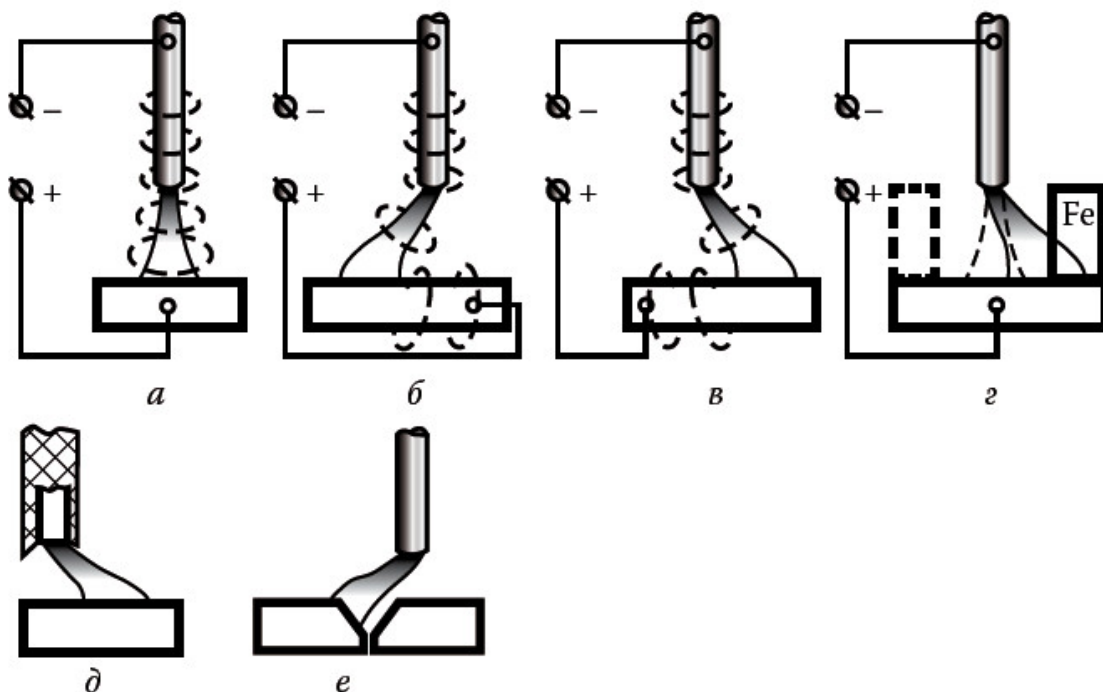


Рис. 7. Магнитное дутье:

а – нормальное положение; б – отклонение влево; в – отклонение вправо; г – действие ферромагнитной массы (пунктиром показана компенсирующая масса); д – несимметричность обмазки («козыряние» электрода); е – химическая неоднородность свариваемой стали

### **Образование сварочной ванны**

Процесс формирования сварочной ванны, происходящий под действием силы тяжести расплавленного металла  $P_m$ , давления сварочной дуги  $P_d$  и сил поверхностного натяжения  $P_n$  представлен на рис. 8.

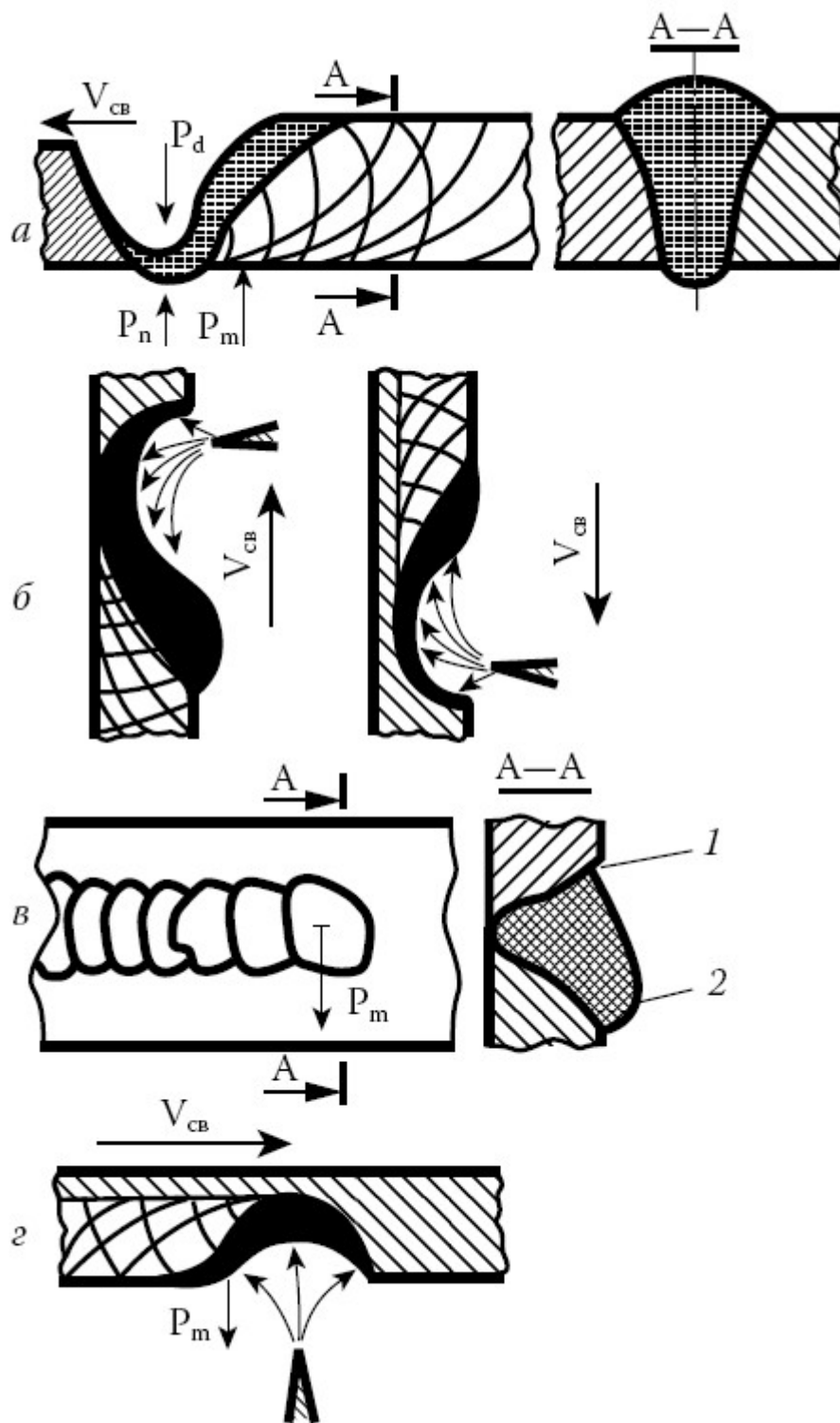


Рис. 8. Силы, действующие в сварочной ванне и формирование шва:  
 а – нижнее положение; б – вертикальное; в – горизонтальное; г – потолочное;  $V_{CB}$  – направление сварки; 1 – подрез; 2 – наплыв

Распределение этих сил во многом зависит от расположения сварочного шва в пространстве. При нижнем расположении шва и при сквозном проплавлении жидкий металл удерживается в ванне силами поверхностного натяжения, которые уравнивают силу тяжести  $P_m$  и давление, оказываемое на ванну источником теплоты  $P_d$ , т. е.  $P_n = P_m + P_d$ . Если



это равновесие сил нарушается, то может произойти разрыв поверхностного слоя и металл вытечет из ванны, образуя прожог.

В реальных условиях, когда сварочная ванна перемещается вдоль шва, могут возникать дополнительные силы гидродинамического характера, перемещающие расплавленный металл в хвостовую часть ванны. Для того чтобы уравновесить все эти силы, удерживающие жидкий металл в объеме ванны, приходится принимать дополнительные меры: сварку на подкладках или других удерживающих приспособлениях. Особенно велико значение таких мер при вертикальном и потолочном расположении шва.

Формирование вертикального шва может происходить по двум направлениям – снизу вверх и сверху вниз. Когда шов формируют снизу вверх, т. е. сварка выполняется на подъем, жидкий металл удерживается в ванне только силами поверхностного натяжения, а при сварке сверху вниз к этим силам добавляется давление дуги.

Горизонтальный шов на вертикальной плоскости имеет свои особенности. При неправильно выбранных режимах сварки жидкий металл может концентрироваться на нижней плоскости шва, нарушая симметрию (с образованием подрезов и наплывов), что в конечном итоге снижает прочность сварки.

При потолочной сварке силы, действующие на жидкую фазу металла, должны не только удерживать ее от стекания вниз, но и перемещать электродный металл в направлении, противоположном силам тяжести. Во всех указанных случаях следует ограничить размеры сварочной ванны и тепловую мощность дуги.

### ***Источники питания сварочной дуги***

Источники тока для электросварки разделяются на две большие группы по виду получаемого от них тока: источники переменного тока и источники постоянного тока.

К первым относятся сварочные трансформаторы и резонансные источники сварочного тока. Ко вторым – сварочные выпрямители и сварочные генераторы.

Важнейшие свойства как сварочной дуги, так и источников сварочного тока описывают их вольтамперные характеристики (далее – ВАХ), которые показывают зависимость между установившимися значениями тока и напряжения дуги и могут быть падающими, жесткими и возрастающими (рис. 9, а). ВАХ имеет три области.



Устойчивое горение сварочной дуги возможно только в том случае, когда ее источник питания поддерживает постоянным необходимое напряжение при протекании тока по сварочной цепи.

**Первая область (I)** характеризуется резким падением напряжения  $U_d$  на дуге с увеличением тока сварки  $I_{св}$ . Такая характеристика называется падающей и вызвана тем, что при увеличении тока сварки происходит увеличение площади, а следовательно, и электропроводности столба дуги.

**Во второй области (II)** характеристики увеличения тока сварки не вызывают изменения напряжения дуги. Характеристика дуги на этом участке называется жесткой. Ее положение на этом участке происходит за счет увеличения сечения столба дуги, анодного и катодного пятен пропорционально величине сварочного тока. При этом плотность тока и падение напряжения на протяжении всего участка не зависят от изменения тока и остаются почти постоянными.

**В третьей области (III)** с увеличением сварочного тока возрастает напряжение на дуге. Такая характеристика называется возрастающей. При работе на этой характеристике плотность тока на электроде увеличивается без увеличения катодного пятна, при этом возрастает сопротивление столба дуги и напряжение на дуге увеличивается.

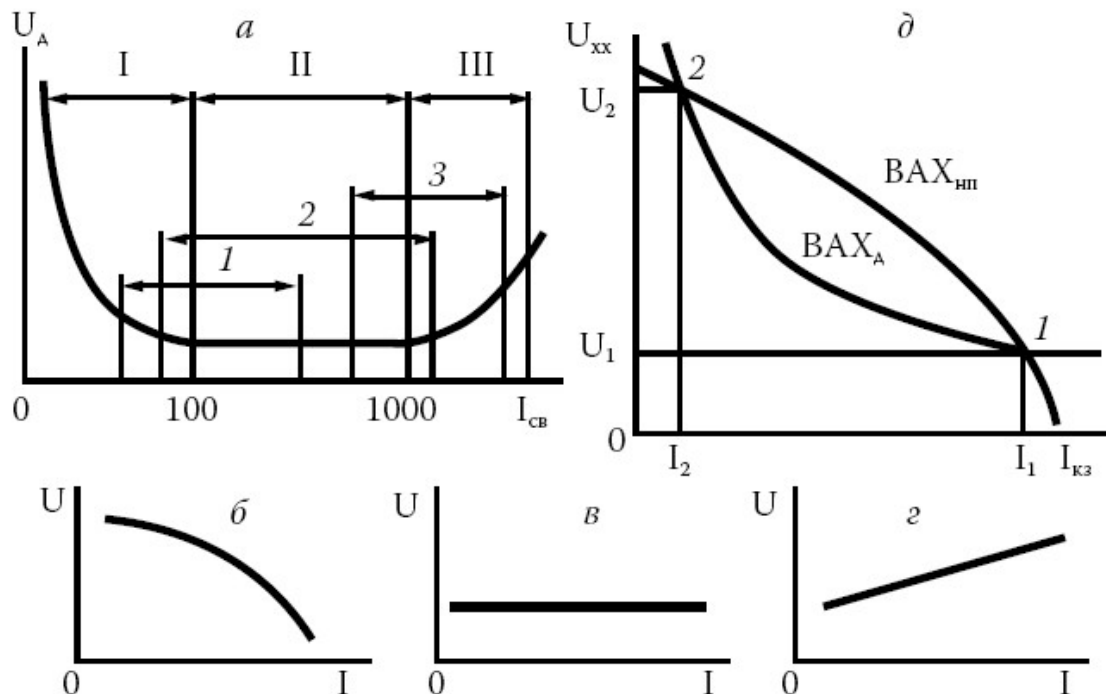


Рис. 9. Вольтамперные характеристики процесса дуговой сварки:

а – статическая характеристика сварочной дуги (I – участок падающей характеристики; II – участок жесткой характеристики; III – участок возрастающей характеристики; 1, 2, 3 – участки характеристики при различных способах сварки); б – падающая; в – жесткая; г – возрастающая ВАХ источников питания сварочной дуги; д – совмещенные ВАХ источника питания и сварочной дуги ( $BAХ_{ипп}$  – ВАХ источника питания;  $BAХ_д$  – ВАХ дуги;  $U_{xx}$  – напряжение холостого хода;  $I_{кз}$  – ток короткого замыкания)

Источники питания сварочной дуги имеют также свои вольтамперные характеристики, которые могут быть падающими, жесткими и возрастающими.

Для стабильного горения дуги необходимо равенство между напряжениями и токами дуги ( $U_d, I_d$ ) и источника питания ( $U_{ипп}, I_{ипп}$ ). Участки 1, 2, 3 характеристики на рис. 9, а соответствуют статическим характеристикам источников питания (рис. 9, б – г), применяемых при различных способах сварки:

- 1 (падающая) – ручная дуговая сварка штучными электродами;
- 2 (жесткая) – автоматическая, полуавтоматическая сварка под флюсом, электрошлаковая сварка толстой электродной проволокой диаметром более 2,5 мм на малых и средних плотностях тока;
- 3 (возрастающая) – сварка под флюсом и в среде защитных газов тонкой электродной проволокой на больших плотностях тока.

Работу сварочной цепи и дуги нужно рассматривать при наложении статической ВАХ сварочной дуги на статическую ВАХ источника питания (называемую также внешней характеристикой источника питания). При этом напряжение и ток источника питания и дуги сов-

падают в двух точках 1 и 2 (рис. 9, д). Устойчивому горению сварочной дуги соответствует только точка 1.

При уменьшении тока дуги напряжение источника станет больше напряжения на дуге, так как на характеристике источника питания рабочая точка сместится влево, избыток напряжения источника питания приведет к увеличению тока дуги, т. е. к возврату процесса в точку 1.

Если ток дуги увеличится, то напряжение источника снизится согласно внешней характеристике источника питания и станет меньше напряжения дуги, ток дуги уменьшится, режим дуги восстановится.

Точка 2 соответствует неустойчивому горению дуги, так как случайное изменение тока дуги происходит вплоть до обрыва дуги или до тех пор, пока ток не достигнет значения, соответствующего значению тока в точке 1 устойчивого горения дуги. Поэтому устойчивое горение дуги поддерживается только в той точке пересечения характеристик источника и дуги, где внешняя характеристика источника питания является более крутопадающей, чем статическая характеристика дуги.

Ручная электросварка обычно сопровождается значительными колебаниями длины дуги. При этом дуга должна гореть устойчиво, а ток дуги не должен сильно изменяться. Часто требуется увеличить длину дуги, поэтому дуга должна иметь достаточный запас эластичности при удлинении, т. е. не обрываться.

Статическая характеристика сварочной дуги при ручной сварке обычно является жесткой, и отклонение тока при изменении длины дуги зависит только от типа внешней характеристики источника питания.

При прочих равных условиях эластичность дуги тем выше, а отклонение тока дуги тем меньше, чем больше наклон внешней характеристики источника питания. Поэтому для ручной электросварки применяют источники питания с падающими внешними характеристиками. Это дает сварщику возможность удлинять дугу, не опасаясь ее обрыва, или уменьшать длину дуги без чрезмерного увеличения тока.

Высокую устойчивость горения дуги и ее эластичность, стабильный режим сварки, надежное первоначальное и повторное зажигание дуги обеспечивают также повышенное напряжение холостого хода, ограниченный ток короткого замыкания. Ограничение этого тока очень важно, так как при переходе капли расплавленного металла электрода на изделие возможно короткое замыкание. При больших значениях тока короткого замыкания происходят прожоги металла, прилипание электрода, осыпание покрытия электрода и разбрызгивание расплавленного металла. Обычно значение тока короткого замыкания больше тока дуги в 1,2–1,5 раза.

Основными данными технических характеристик источников питания сварочной дуги являются напряжение холостого хода, номинальный сварочный ток<sup>10</sup>, пределы регулирования сварочного тока.

В процессе сварки непрерывно меняются значения тока и напряжения на дуге в зависимости от способа первоначального возбуждения дуги и при горении дуги – характера переноса электродного металла в сварочную ванну.

При сварке капли расплавленного металла замыкают дуговой промежуток, периодически изменяя силу тока и длину дуги. Происходит переход от холостого хода к короткому замыканию, затем к горению дуги с образованием капли расплавленного металла, которая вновь замыкает дуговой промежуток. При этом ток возрастает до величины тока короткого

---

<sup>10</sup> Номинальный сварочный ток – допустимый по условиям нагрева источника питания ток при номинальном напряжении на дуге.

замыкания, что приводит к сжатию и перегоранию мостика между каплей и электродом. Напряжение возрастает, дуга вновь возбуждается, и процесс периодически повторяется.

Изменения тока и напряжения на дуге происходят в доли секунды, поэтому источник питания сварочной дуги должен обладать высокими динамическими свойствами, т. е. быстро реагировать на все изменения в дуге.

## Особенности физических процессов при газовой сварке

Основным инструментом газосварщика является сварочное пламя. Оно образуется при сгорании горючего газа в кислороде. От соотношения объемов кислорода и горючего газа в их смеси зависят внешний вид, температура и характер влияния сварочного пламени на расплавленный металл.

Рассмотрим строение пламени (рис. 10). Сварочное пламя имеет три четко различимые области: ядро, восстановительную зону и факел.

*Ядро пламени* представляет собой ярко светящуюся зону, в наружном слое которой сгорают раскаленные частицы углерода, образующиеся при разложении ацетилена.

*Восстановительная зона*, более темная, состоит из оксида углерода и водорода, которые раскисляют расплавленный металл, отбирая кислород от его оксидов.

*Факел* – периферийная часть пламени – представляет собой зону полного сгорания углеводородов в кислороде окружающей среды.

В зависимости от соотношения объемов кислорода и ацетилена получают три основных вида сварочного пламени: нормальное, окислительное и науглероживающее.

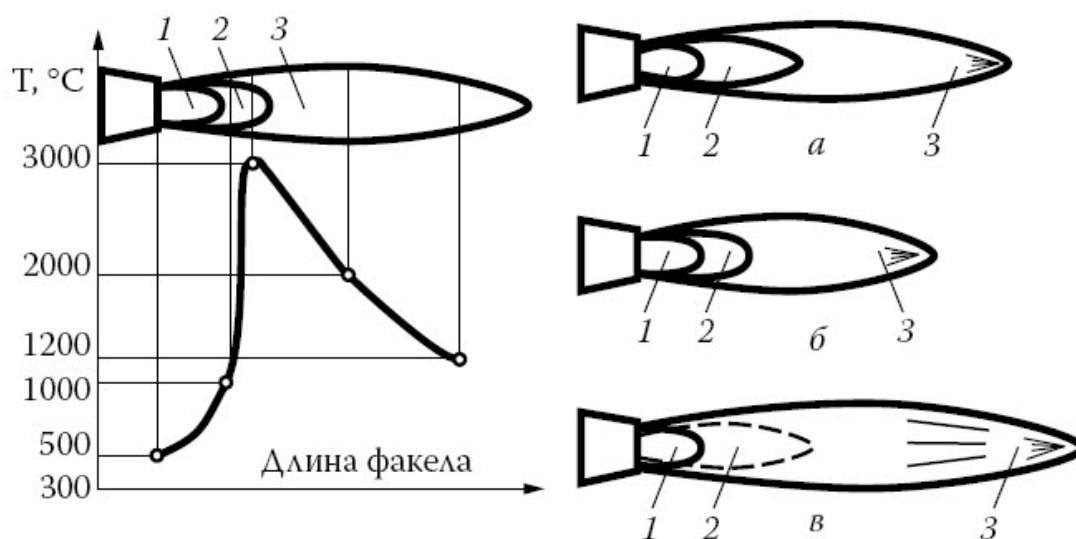


Рис. 10. Строение и виды ацетиленового сварочного пламени, распределение температуры по длине факела:

а – нормальное; б – окислительное; в – науглероживающее; 1 – ядро; 2 – восстановительная зона; 3 – факел

**Нормальное сварочное пламя** образуется тогда, когда в горелке на один объем кислорода приходится один объем ацетилена. В нормальном пламени ярко выражены все три зоны. Ядро имеет резко очерченную форму, близкую к цилиндру, с ярко светящейся оболочкой. Температура ядра достигает 1000 °С.

В восстановительной зоне, содержащей продукты неполного сгорания ацетилена, проводят сварку. Температура этой зоны в точке, отстоящей на 36 мм от ядра, составляет 3150 °С. Факел имеет температуру 1200–2500 °С.

Нормальным сварочным пламенем осуществляют сварку сталей всех марок, меди, бронзы и алюминия.

**Окислительное сварочное пламя** получают при избытке кислорода, когда в горелку подают на один объем ацетилена более 1,3 объема кислорода. Ядро такого пламени имеет укороченную, конусообразную форму. Оно приобретает менее резкие очертания и более бледную окраску, чем у нормального пламени. Протяженность восстановительной зоны уменьшается по сравнению с нормальным пламенем. Факел имеет синевато-фиолетовую окраску. Горение сопровождается шумом, уровень которого зависит от давления кислорода. Температура окислительного пламени выше, чем у нормального, однако при сварке таким пламенем из-за избытка кислорода образуются пористые и хрупкие швы.

Окислительное пламя применяют при сварке латуни и пайке твердыми припоями.

**Науглероживающее сварочное пламя** получают при избытке ацетилена, когда в горелке на один объем ацетилена приходится не более 0,95 объема кислорода. Ядро такого пламени теряет резкость очертаний, на его конце появляется зеленый венчик, по наличию которого судят об избытке ацетилена. Восстановительная зона существенно светлее, чем у нормального пламени, и почти сливается с ядром. Факел приобретает желтую окраску. При значительном избытке ацетилена пламя коптит. Температура науглероживающего пламени ниже, чем у нормального и окислительного.

Слегка науглероживающим пламенем сваривают чугун и осуществляют наплавку твердых сплавов.

Регулируют и устанавливают вид сварочного пламени «на глаз».

При выполнении сварочных работ необходимо, чтобы сварочное пламя обладало тепловой мощностью, достаточной для расплавления свариваемого металла. Ее выбирают в соответствии с толщиной свариваемого металла и его теплофизическими свойствами. Эта мощность зависит от расхода ацетилена – объема газа, проходящего за один час через горелку, поэтому ее регулируют ацетиленовым вентилем и подбором наконечника горелки.

Расход ацетилена (его измеряют в  $\text{дм}^3/\text{ч}$ ), необходимый для расплавления слоя свариваемого металла толщиной 1 мм, устанавливают на практике. Так, слой низкоуглеродистой стали толщиной 1 мм расплавляется при расходе ацетилена 100–130  $\text{дм}^3/\text{ч}$ . Чтобы определить расход ацетилена при сварке конкретной детали, нужно умножить расход, соответствующий единичной толщине, на действительную толщину свариваемого металла (мм).



При сварке низкоуглеродистой стали толщиной 3 мм минимальный расход ацетилена составит  $100 \cdot 3 = 300$ , а максимальный –  $130 \cdot 3 = 390 \text{ дм}^3/\text{ч}$ .

Решающую роль в процессе горения играет кислород. Для полного сгорания одного объема ацетилена требуется два с половиной объема кислорода. Однако при газовой сварке недопустимо смешивать ацетилен с кислородом в такой пропорции, чтобы обеспечить полное сгорание ацетилена. Как правило, на один объем ацетилена подают 1,1–1,2 объема кислорода.

Для предотвращения окислительных процессов при газовой сварке в присадочные материалы и флюсы вводят вещества, которые раскисляют металл<sup>11</sup>, например кремний и марганец, которые имеют большее сродство к кислороду, чем металл шва. При сварке стали раскисляющее действие оказывают углерод, его оксид и водород, образующиеся при горении газовой смеси. Поэтому углеродистые стали можно сваривать и без флюса. Соответствующие присадочные материалы и флюсы применяют и для легирования металла шва.

При газовой сварке основной металл, примыкающий к сварному шву, подвергается нагреву до температуры 1500 °С. Область, нагретую до 450—1500 °С, принято называть зоной термического влияния. Общая протяженность околошовной зоны при газовой сварке, зависящая от толщины и марки стали, составляет 6—30 мм. Эта область склонна к образованию холодных и горячих трещин.

Для предупреждения образования холодных трещин рекомендуется применять сварочные материалы с минимальным содержанием фосфора и проводить сварку на оптимальных режимах.

Для предотвращения образования горячих трещин необходимо применять сварочные материалы с повышенным содержанием марганца и минимальным количеством серы и углерода, вводить в металл шва легирующие элементы (титан, алюминий, медь), выполнять сварку с предварительным подогревом и последующей термообработкой.

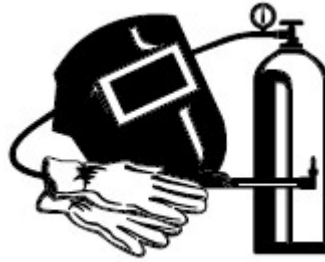
Кроме того, для улучшения структуры и свойств зоны термического влияния и металла шва, выполненного газовой сваркой, осуществляют горячую проковку<sup>12</sup> шва, его термообработку (нагрев сварочной горелкой) и общую термообработку сварного изделия (нагрев в печах с последующим медленным охлаждением).

---

<sup>11</sup> Раскисление – процесс удаления кислорода из сварочной ванны, одна из основных операций рафинирования металлов (рафинирование – процесс очистки металлов от примесей).

<sup>12</sup> Проковка – механическое воздействие молотком или кувалдой на металл шва как в горячем, так и в холодном состояниях. Проковка улучшает механические свойства наплавленного металла и в значительной степени уменьшает усадку.

## Технология сварочных работ



Под техникой сварки понимают приемы манипулирования электродом или горелкой, выбор режимов сварки, приспособлений и способы их применения для получения качественного шва. Однако качество швов зависит не только от техники сварки, но и от других факторов, таких как состав и качество применяемых сварочных материалов, состояние свариваемой поверхности, качество подготовки и сборки кромок под сварку.

## Подготовительные слесарные операции

Благодаря доступности электроинструментов в наше время работы по раскрою и подготовке металла к сварке значительно упростились. Фактически с помощью одной только углошлифовальной машинки в большинстве случаев можно быстро раскроить материал, опилить фаски, а затем и зачистить сварные швы. Но болгарка выручает не всегда. Для работы в узких местах, при сложной конфигурации исходного материала, его малых размерах и т. п. она неудобна. Например, прорезать болгаркой небольшое окно в металлическом листе, не захватывая лишнего материала, не получится. Тонкий металл из-за высокой скорости вращения отрезного или шлифовального диска очень легко пережечь. К тому же ограничиться раскромом и зачисткой удается не всегда. И тут на помощь приходят старые добрые ручные инструменты.

### Рубка металла

Операция по разделению на части или по удалению излишних слоев металла называется рубкой. При помощи рубки удаляют наплывы, снимают кромки, заусенцы, твердую корку, делят заготовки на части, делают отверстия, пазы, канавки, углубления, разделяют трещины под сварку и т. п. Точность обработки при рубке составляет 0,5–0,7 мм.

Линии разметки под рубку лучше наносить керном в виде пунктира. При разметке кромок под сварку удобно наносить две риски в виде параллельных линий: внутренняя показывает верхнее ребро фаски, а внешняя – нижнее ребро фаски.

Режущим инструментом при ручной рубке являются зубило и крейцмейсель<sup>13</sup>, ударным – слесарный молоток. Угол заострения лезвия зубила или крейцмейселя в зависимости от твердости обрабатываемого материала должен составлять: для чугуна, бронзы и твердой стали – 70°, стали средней твердости – 60°, меди, латуни, алюминиевых и драгоценных сплавов – 45° и менее.

Слесарные молотки бывают с круглым и квадратным бойком. Сила удара молотка по зубилу зависит от веса молотка, величины размаха и скорости движения руки. Тяжелый молоток увеличивает силу удара, но в то же время делает работу более утомительной. Рекомендуемая масса молотка – от 600 до 800 г.

При рубке заготовки кладут на толстую стальную плиту или наковальню или зажимают в тиски. Для рубки лучше применять ступовые тиски, они более устойчивы. При использовании параллельных тисков необходимо, чтобы они были тяжелыми и прочными, с шириной губок 125–150 мм. Рубить следует по направлению к неподвижной губке, предварительно подложив под деталь деревянную или металлическую подкладку, чтобы не испортить тиски.

Зубило следует держать легко в кулаке левой руки за среднюю часть стержня, удерживая главным образом безымянным пальцем и мизинцем и слегка придерживая средним и указательным пальцами. Стоять надо прямо, не нагибаясь, вполоборота по отношению к тискам так, чтобы левая нога была выдвинута вперед, а правая отнесена назад<sup>14</sup>. Во время рубки надо смотреть на лезвие зубила, а не на головку, иначе при ударе легко промахнуться.

Рубку пруткового, полосового и толстого листового металла производят на плите или наковальне. Зубило ставят вертикально, материал надрубают с обеих сторон и затем отла-

---

<sup>13</sup> Крейцмейселем называют зубило, имеющее зауженную режущую кромку. Этот инструмент предназначен для про- рубки шпоночных пазов, узких канавок и углублений.

<sup>14</sup> Описания методик работы здесь и далее ориентированы на правшей. Для левшей позиции правых и левых конечностей соответственно меняются местами.



мывают, перегибая то в ту, то в другую сторону. Круглые прутки предварительно надрубают по окружности, а затем, поворачивая пруток, наносят сильные удары до полного разделения.

При вырубании заготовки из листового металла или получении в нем отверстия лист кладут на плиту, зубило держат вертикально и ведут его вдоль разметочной линии, оставляя припуск на последующую обработку (рис. 11, а). Сначала легкими ударами делают надрубы вдоль всей линии разметки, а затем сильными ударами прорубают материал насквозь. Лист толщиной до 2 мм прорубают с одного удара, предварительно подложив прокладку из мягкой стали, чтобы не повредить зубило. Толстые листы рубят до тех пор, пока с противоположной стороны не появится след от зубила, и, перевернув лист, окончательно вырубают заготовку.

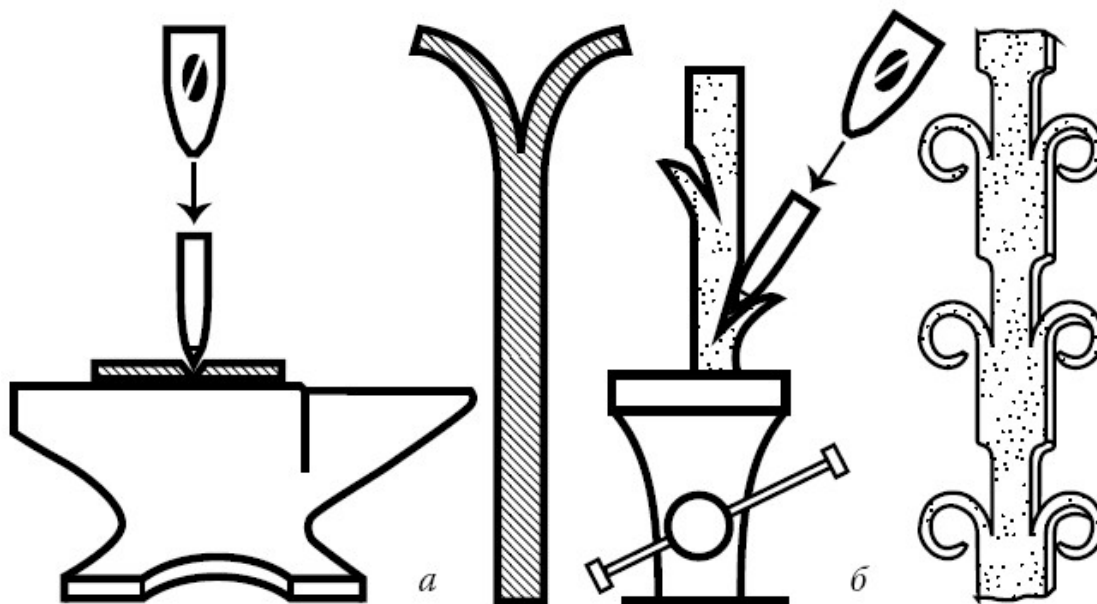


Рис. 11. Рубка:  
а — на наковальне; б — в тисках

При рубке в тисках листовой материал устанавливают так, чтобы разметочная линия совпала с уровнем губок. Толстые заготовки при рубке по разметке устанавливают так, чтобы риски были выше губок на 3–4 мм.

В ряде случаев, например при изготовлении художественно-декоративных элементов (для заборов, лестничных ограждений и т. п.), металл не разрубают полностью, а надрубают, формируя таким образом заусенцы, завитки, вилки и т. п. Если необходимо от стержня квадратного сечения или полосы отсечь ветвь значительно меньшей толщины, чем остающаяся часть стержня, это делают, как правило, вертикально в тисках (рис. 11, б). Заготовку зажимают в тисках и зубилом под соответствующим углом отсекают нужную ветвь. В этом случае заготовку как бы обтесывают. Эта операция требует значительного опыта для того, чтобы рассечение было ровным, а отсекаемые ветви были одной и той же толщины. Чтобы облегчить рубку, заготовку следует нагреть.

При черновой рубке срубают стружку от 1,5 до 2 мм. При чистовой рубке снимают слой металла толщиной 0,5–1 мм. Угол наклона зубила должен быть 35–40°. При меньших углах зубило легко соскальзывает, при больших — врезается.

В процессе рубки холодного металла в нем возникает структурное напряжение, в результате чего в заготовке могут появиться трещины. Чтобы избежать этого, заготовку можно предварительно отжечь.

Для получения при рубке равных фасок требуется внимательность в работе и равномерный нажим на инструмент. При рубке фаски на кромках листов следует убедиться в надежности закрепления края листа для предупреждения сдвига их при ударах.



При чистовой рубке стали и меди полезно обтирать лезвие зубила тряпкой, смоченной в машинном масле или мыльной воде, при рубке алюминия – скипидаром. Чугун следует рубить сухим зубилом.

Пользоваться надо только острозаточенным зубилом. При заточке зубил и крейцмейселей на наждачных станках не следует сильно прижимать их к абразивному кругу, что может привести к перегреву и отпуску режущей кромки. Грани лезвия должны иметь одинаковую ширину и угол наклона к осевой линии.

## Разрезание

Разделение заготовки на части, удаление излишков металла, вырезание отверстий называется разрезанием. Тонкий листовой металл разрезают ножницами, профильный материал, трубы и толстые листы – ножовкой. Допустимая толщина листового металла, разрезаемого ручными ножницами, различается: для стали это 0,7 мм, для меди – 1,0 мм, для алюминия – 2,5 мм.

Более толстый листовой, а также полосовой и прутковый металл разрезают рычажными или машинными ножницами. Различают прямые правые и прямые левые ножницы. У правых ножниц верхнее лезвие (по отношению к нижнему) находится справа, у левых – слева. В большинстве случаев применяют правые ножницы, так как линии разметки при работе ими хорошо видны; левыми ножницами пользуются при вырезании криволинейных деталей, при этом резать нужно по часовой стрелке, располагая ножницы так, чтобы они не закрывали лезвием линии разметки. Если ту же операцию проводят правыми ножницами, то процедуру выполняют против часовой стрелки (рис. 12). Применяют также ножницы с кривыми лезвиями специально для разрезания по кривым линиям.



Круглое отверстие можно вырезать следующим образом. После разметки лист кладут на деревянную подкладку и зубилом прорубают его крестообразно в центре. Потом лист переворачивают, края проруба отгибают и обрезают. Вставив лезвие ножниц в получившееся отверстие, режут, отгибая лишний металл вниз, по спирали до линии разметки, а затем короткими шагами вырезают круг. Если нужно получить диск, после разметки сначала обрезают углы листа. Когда отгибаемая (лишняя) часть станет слишком длинной и начнет мешать, ее отрезают.



Рис. 12. Работа ножницами по металлу:  
а – прямолинейное разрезание; б, в – криволинейный рез

Разрезание листового металла производят по заранее нанесенной разметке, а ножницы располагают так, чтобы верхнее лезвие всегда находилось над разметочной линией. При разрезании листа отрезаемую часть отгибают левой рукой вверх, что облегчает процесс и предохраняет правую руку от пореза.

При разрезании листа на узкие полосы его нужно положить на стол и следить за тем, чтобы нижнее лезвие опиралось на стол, а отрезаемые полосы отгибались вперед.

Ножницы раскрывают несильно – примерно на  $2/3$  длины лезвия, тогда они хорошо захватывают и режут металл; сильно раскрытые ножницы выталкивают металл. Лезвия ножниц должны быть перпендикулярны плоскости листа, при перекосе они мнут металл, образуются заусенцы, а ножницы заедает. Ножницы нужно все время плотно прижимать к краю прореза, иначе неизбежно появятся заусенцы.

Стуловые (или кровельные) ножницы применяют для разрезания более толстых листов (до 2–3 мм). Они отличаются тем, что верхняя рукоятка удлинена до 400–800 мм, а нижняя изогнута и крепится к верстаку. На этих ножницах работают всей рукой, а не кистью, как в ручных, что значительно увеличивает силу разрезания.

У рычажных ножниц нижнее лезвие неподвижное, закреплено на столе, а верхнее сочленено с ним посредством шарнира. Ножницы снабжены прижимным устройством, которое гасит опрокидывающий момент, возникающий в процессе резания. Они позволяют разрезать стальные листы толщиной до 2 мм.

Существует также целый ряд машинных или механических ножниц: дисковые, вибрационные и др.

Профильный металл и трубы разрезают ручными или механическими ножовками. Полотно в ручной ножовке устанавливают зубьями вперед. Степень натяжения полотна не должна быть слабой, иначе разрез получится косым, а полотно легко сломается. При чрезмерном натяжении полотно также легко ломается при малейшем перекосе. Натяжение полотна проверяют поворотом его на  $1/8$  часть окружности, взяв двумя пальцами посередине его длины.

При работе ножовку держат за ручку правой рукой, а левой поддерживают передний ее конец в горизонтальном положении.левой рукой, которая находится впереди, производят нажим, а правая рука только поступательно перемещает ножовку. Во время движения назад (к себе) нажим не производится, так как при холостом ходу он ведет к быстрому затуплению зубьев. Завершая разрезание, усилие уменьшают.

При разрезании толстых заготовок полотно смазывают машинным маслом. Если распил получается косой (идет не по риску), не следует пытаться исправить направление поворотом ножовки – полотно сломается. Нужно начать новый разрез с противоположной стороны, повернув заготовку. Если полотно сломалось, нужно иметь в виду, что старое, изношенное полотно дает более узкий пропил. Поэтому новым полотном надо пройти сделанный разрез без нажима и по возможности начать резать с другой стороны.

При разрезании массивных заготовок длина пропила большая и резать трудно, поэтому, чтобы облегчить работу, ножовку наклоняют последовательно то к себе, то от себя. В этом случае резание идет не по всей ширине и процесс резания облегчается.

Граненые изделия начинают резать с грани, а не с угла. Полосовой металл разрезают по узкой грани – это производительней. Очень тонкий материал режут по широкой грани, так как при врезании зубья цепляются и полотно может легко сломаться. Обычно для облегчения врезания делают небольшой пропил трехгранным напильником или направляют полотно сбоку большим пальцем левой руки. Полезно сделать по линии разметки небольшую борозду зубилом или краем напильника. Это углубление поможет выдержать правильное направление распилы.

Очень тонкий материал зажимают между деревянными брусками толщиной 15–30 мм и режут вместе с брусками.

Для отрезания полосы от листа полотно поворачивают относительно станка на 90° и режут осторожно, так как от собственного веса ножовки полотно легко ломается.



Новое ножовочное полотно сначала хорошо использовать для разрезания мягких металлов (меди, латуни, алюминия и др.), а когда оно немного притупится – для стали и чугуна.

При вырезании отверстий в листовом металле сначала сверлят отверстие, в которое можно ввести полотно, затем собирают ножовку и приступают к резанию.

При разрезании труб ножовку сначала держат горизонтально; когда стенка трубы окажется пропиленной, ее наклоняют на себя. Затем трубу поворачивают на 45–90° от себя и продолжают резать.

Разрезаемое изделие следует надежно зажимать в тисках, иначе в процессе разрезания оно может сместиться и хрупкое полотно сломается.

## Опиливание

Операцию по обработке металла напильником называют опиливанием. При этом с детали снимают слой металла, чтобы придать ей необходимую форму, размеры и обеспечить чистоту поверхности.

Обязательное условие успешной работы напильником – прочное закрепление опиливаемого предмета. Лучше всего заготовки зажимать в тиски. Обрабатываемая поверхность не должна слишком выступать над поверхностью губок. Изделия с тонкими стенками или выступами зажимают в тисках, пользуясь медными, свинцовыми или деревянными прокладками.

Работать напильником удобнее стоя. Опиливаемый предмет должен находиться на уровне локтя опущенной руки. Напильник держат правой рукой так, чтобы его ручка упиралась в мякоть ладони, большой палец располагался сверху вдоль ручки, а остальные

пальцы прихватывали ручку снизу. При выполнении большинства опиловочных работ, особенно грубых, инструмент прижимают к обрабатываемой детали левой рукой, положенной на конец напильника. При чистовой обработке поверхностей напильником малого размера на него не нужно сильно нажимать, поэтому его передний конец удерживают щепотью – большим пальцем сверху, а средним и указательным – снизу. Мелкими напильниками и надфилями работают, как правило, одной рукой.

Нажимать на напильник нужно только при его движении вперед, так как зубья насечки режут именно в этом направлении. При обратном движении нажимать на напильник не надо, но и отрывать его от поверхности ни в коем случае не следует, так как при этом теряется правильное направление инструмента.



В насечке напильника не будут застревать частицы обрабатываемого металла, если напильник предварительно натереть мелом или древесным углем.

Неумелый работник обычно давит на напильник левой рукой сильнее, чем надо, отчего инструмент совершает качающие движения. Это приводит к скруглению обрабатываемой поверхности.

Научиться правильно владеть напильником и уверенно опиливать плоские поверхности можно только в результате систематической тренировки. Есть, однако, некоторые правила, выполнение которых поможет любителю сократить срок учебы.

В начале движения вперед нажим производят левой рукой, а правая рука просто направляет напильник. По мере продвижения напильника вперед нажим левой рукой постепенно уменьшают, одновременно увеличивая нажим правой рукой, так что в конце движения основное давление сообщает правая рука.

Детали из твердых металлов лучше обрабатывать напильниками с перекрестной насечкой, из мягких металлов – с простой (одинарной) насечкой.

При работе всегда используйте полную длину напильника.

При опиливании углов деталь в тисках нужно зажимать так, чтобы обрабатываемая грань располагалась горизонтально.

При продольном опиливании криволинейных поверхностей напильнику придают качательное движение в вертикальной плоскости.

Короткие заготовки зажимают в тиски вертикально и обрабатывают колебательными движениями напильника в горизонтальной плоскости.

Вогнутые криволинейные поверхности, а также круглые и криволинейные отверстия в деталях опиливают полукруглыми или круглыми напильниками или надфилями. Напильник движется горизонтально и одновременно поворачивается вокруг своей оси, причем радиус кривизны напильника или надфиля должен быть всегда меньше радиуса кривизны поверхности.

## Правка листового металла

На изготовленных из металла заготовках и деталях после отжига, сварки, вырезки и других операций появляются изгибы, местные неровности, выпучины и вмятины различной формы, волнистость и прочие дефекты. Операция по устранению этих дефектов называется **правкой**.

**Ручную правку листового металла** производят на плите или наковальне при помощи деревянных киянок или молотков, сделанных из меди, свинца, алюминия или резины.

Заготовки из прутковой и профильной стали правят стальными молотками с круглым выпуклым бойком. Крупные заготовки правят ударами кувалды или на механических молотах и прессах. Так как при ударах стальным молотком на металле неизбежно остаются следы, при правке изделий с уже обработанной поверхностью применяют подкладки из мягких материалов (дерево, латунь и др.).

Наиболее трудоемкой является операция правки листового металла. Различают три случая: правка волнистости полосы или на краях, правка изогнутых (серповидных) заготовок под линейку и правка выпучин.

**При правке волнистости полосы или края заготовки**, что чаще всего получается при вырезании ее из листа, наносят удары молотком, начиная от наиболее выпуклых мест к краям. Наиболее сильные удары наносят в середине выпуклости и уменьшают силу удара по мере приближения к краям. Таким образом, выпуклые участки полосы осаживаются и волнистость выравнивается. Чем тоньше листовая заготовка, тем аккуратнее и внимательнее надо ее править, так как при неправильном ударе молотком его боковые грани легко могут испортить заготовку или даже пробить ее.

**Правку длинных, узких, серповидно изогнутых заготовок** производят на плите под линейку с помощью деревянной киянки или молотка со стальным выпуклым бойком. Заготовку кладут плашмя на плиту, прижимают одной рукой и наносят удары, начиная с более короткой вогнутой кромки изогнутой заготовки, т. е. той, где металл сжат и его необходимо растянуть. В начале правки удары по вогнутой кромке должны быть более сильные и по мере приближения к противоположной кромке – всё слабее и слабее. Этим достигают того, что вогнутая, более короткая, кромка постепенно вытягивается и заготовка выпрямляется. Процесс выпрямления периодически контролируют линейкой.

**Правку выпучин** производят на плите, которая по своим размерам должна быть больше заготовки настолько, чтобы края последней не свешивались с плиты. Перед началом правки выпучины обводят мелом или простым карандашом, затем заготовку кладут на плиту выпуклым местом вверх и начинают наносить удары молотком рядами, от края заготовки в направлении выпучины. Под ударами молотка металл вокруг выпуклого места вытягивается, постепенно выравнивается, и выпучина исчезает. Нельзя сразу наносить удары по выпуклому месту – от этого оно еще больше увеличивается. Удары наносят частые, но не сильные. По мере приближения к центру выпуклости удары должны становиться слабее.

Полосы из мягких алюминиевых и медных сплавов лучше править через прокладку из гетинакса или текстолита толщиной 1,5–3 мм. В этом случае ровная неповрежденная поверхность получается даже при работе обычным стальным молотком.

Тонкий (до 0,5 мм) листовой металл правят на стальной плите, притирая металлическим или деревянным бруском с закругленными кромками.

## Гибка

Путем гибки из прямолинейной заготовки получают криволинейное изделие. Сгибают заготовки вокруг какой-либо оправки, форму которой она принимает, в тисках или на плите на нужный угол. На рис. 13 изображены оправка и последовательные операции гибки квадратного прутка для изготовления фигурного элемента решетки.

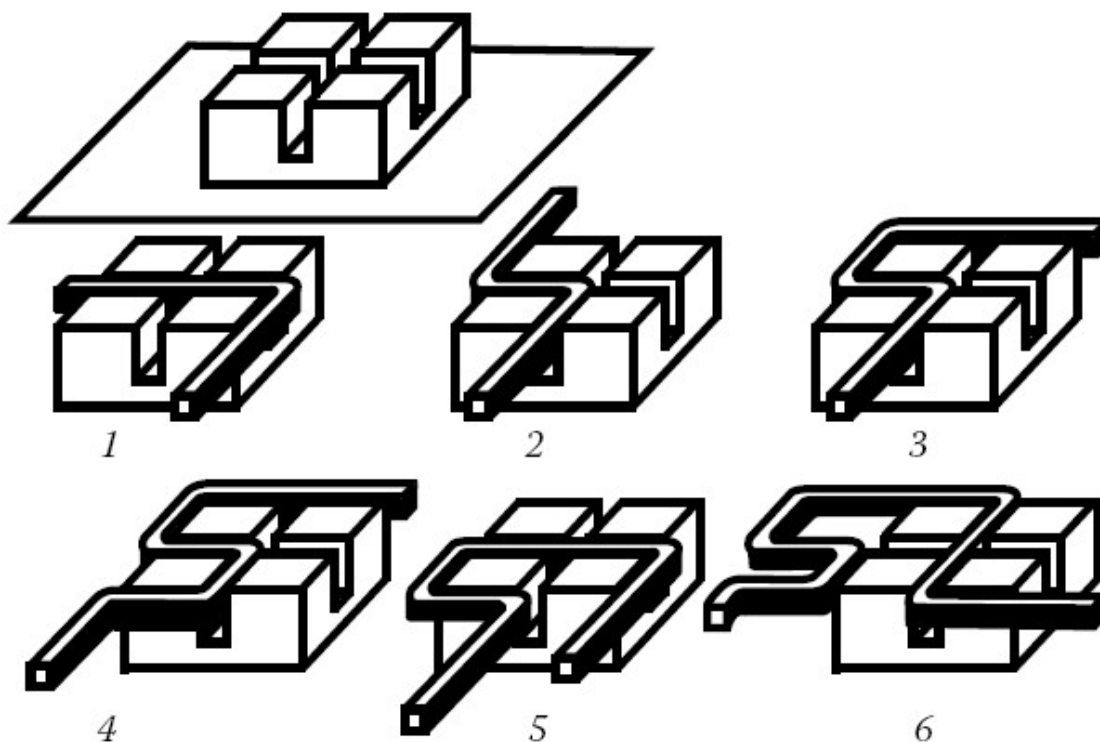


Рис. 13. Последовательные операции гибки элемента решетки из квадратного прутка на специальной оправке

При толстых заготовках гибку осуществляют ударами молотка, лучше всего деревянного, не оставляющего на металле следов от удара. Проволоку гнут плоскогубцами или круглогубцами.

В процессе гибки наружные слои металла растягиваются и удлиняются, а внутренние, сжимаясь, укорачиваются. Неизменным по длине остается так называемый нейтральный слой, который у симметричных по сечению заготовок (квадратных, прямоугольных, круглых, овальных, шестигранных и др.) лежит на равном расстоянии от сторон, посередине, а у несимметричных профилей (треугольного, полукруглого) нейтральный слой проходит через центр тяжести сечения. Если радиус гибки очень мал, в металле могут образоваться трещины. Чтобы этого избежать, не следует гнуть по радиусам меньшим, чем двойная толщина заготовки.

Листовой металл после прокатки имеет волокнистую структуру. Чтобы не получалось трещин, его следует гнуть поперек волокон или так, чтобы линия сгиба составляла с направлением прокатки угол, равный  $45^\circ$ .

При гибке деталей из листового металла, проволоки круглого и квадратного сечения, полос и т. п. часто возникает распружинение, т. е. угол изгиба несколько увеличивается, а деталь выпрямляется после снятия напряжения. Величина угла, на который распрямляется деталь, вследствие упругой отдачи зависит от степени упругости металла, его толщины и радиуса изгиба. Заранее точно определить угол пружинения очень трудно, поэтому приходится заготовки загибать сильнее, т. е. с заведомо меньшими радиусами и углами изгиба, а оснастку (оправки) для получения точных изгибов деталей необходимо подбирать и доводить опытным путем.

Гибку деталей из тонких заготовок производят не ударами, а сглаживанием. Гибку заготовок из листового и полосового металла толщиной более 0,5 мм и из круглого материала диаметром более 4 мм производят на оправках ударами молотка. Форма оправки должна

соответствовать форме изгибаемого профиля с учетом деформации металла. Наименьшие радиусы гибки листового материала в холодном виде приведены в табл. 2 Приложения. При меньших радиусах гибку следует производить в нагретом состоянии.

При гибке деталей под углом  $90^\circ$  заготовку детали зажимают в тиски так, чтобы линия гибки находилась на уровне верхней кромки губок или нагубников тисков. Гибку производят обычно за два приема: сначала ударом по верхней части заготовки, а затем внизу у губок под углом  $90^\circ$ . Первый прием лучше выполнять деревянным молотком, так как он не портит поверхности детали. Угол в месте перегиба обычно формируют металлическим молотком. Ударять им нужно равномерно всей поверхностью бойка.

Гибка деталей, имеющих несколько прямых углов, производится вышеописанным способом на оправках, зажимаемых в тисках.

При гибке полос под острым углом на заготовке чертилкой размечается место изгиба, затем заготовку закрепляют вместе с оправкой так, чтобы риска была обращена в сторону загиба и выступала над ребром оправки на 0,5 мм. Ударами молотка полосу изгибают до полного прилегания ее к грани оправки.

Кроме тисков и молотков, для гибки металла используют различные оправки и приспособления, чаще всего – простейшие (рис. 14).

Детали с несколькими изгибами подвергают гибке на специальных оправках, размеры и форма которых соответствуют размерам и форме детали. С помощью такой оснастки из полосовой стали и прутков получают самые замысловатые формы гнутых элементов, которые сваркой объединяют в прочное и изящное изделие.

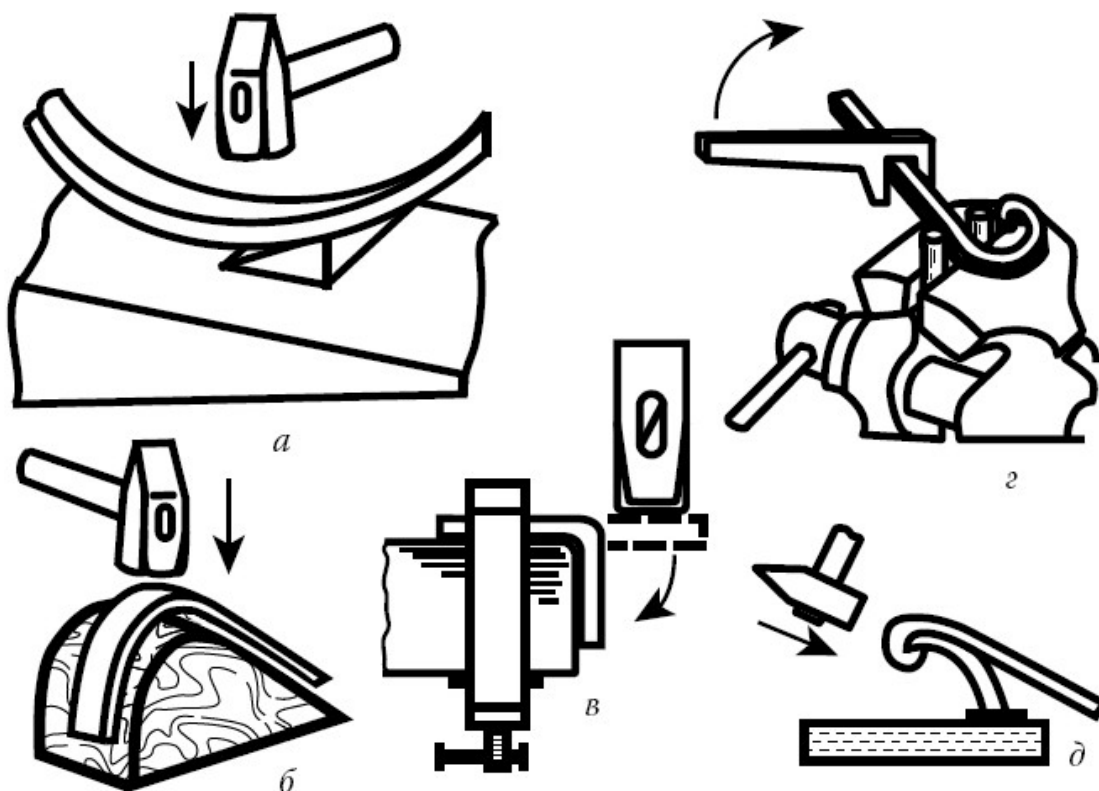


Рис. 14. Простейшие приспособления для гнутья полосовой стали:

а – выгибание дуги с помощью клиновых подкладок; б – выгибание дуги по шаблону; в – гибка под прямым углом с помощью струбины; г – гибка завитка в тисках; д – гибка завитка по шаблону

### *Гибка декоративных элементов*



Линейная гибка хотя и позволяет получить замечательные узоры, но возможности металла гораздо шире. В былые годы (хотя и сегодня этот элемент не забывают) очень популярным украшением решеток был **торсированный стержень** – четырехгранный стальной прут, скрученный спиралью (рис. 15, а). Четырехгранные стержни толщиной до 20 мм скручивают, как правило, в холодном состоянии. Очень толстые стержни в холодном состоянии скрутить невозможно, поэтому приходится применять нагрев, но это не так просто. Неравномерно нагретый стержень приводит к неравномерному скручиванию, т. е. браку. Равномерно нагреть толстые стержни можно только в печи. В кузнечном горне, тем более газовой горелкой такой нагрев практически невозможен.

Чтобы скрутить стержень толщиной до 20 мм, нужно точно отметить участок, который должен быть скручен, и зажать стержень по нижней риске в тисках. Затем нужна трубка, которая свободно надевается на этот стержень. Ее обрезают на длину участка скручивания, надевают на стержень, а сверху надевают ворот с четырехгранным отверстием. Скручивание выполняют двухплечим воротом, а если стержень большой толщины – то и четырехплечим. Ворот крутят до тех пор, пока не получают требуемую закрутку.

Очень красиво выглядят торсированные стержни, у которых перед скручиванием вдоль всех четырех граней выдавлены глубокие бороздки. И даже плоские стержни и полосы можно скручивать таким же методом – правильно закрученные, они будут выглядеть очень эффектно.



На рубеже XIX и XX столетий был разработан так называемый торсировочный станок, на котором можно было скручивать без особых усилий и помощи трубки стержни толщиной до 50 мм. В наши дни этих станков уже почти нет, ими иногда пользуются только в некоторых старых деревенских кузницах.

Распространенным кованным элементом украшения с незапамятных времен являются различной формы шишки. Их делают свертыванием проволоки в спираль из одной нитки либо из двух – шести ниток, связанных в пучок. Шишки первого типа используют в качестве концевых элементов выступов у решеток, а второго – в качестве украшения срединных участков стержней решеток или как рукоятки.

Шишки из одной нитки делают довольно просто. От проволоки #5–8 мм отрезают кусок нужной длины. Конец проволоки (примерно 3 см) отгибают под прямым углом, а оставшуюся ее часть нагревают. Отогнутый конец проволоки зажимают в тисках так, чтобы над губками тисков выступал участок длиной не более толщины проволоки, а длинная часть проволоки размещалась параллельно губкам. После этого проволоку туго закручивают вокруг образовавшегося таким образом центра на половину ее длины (рис. 15, б). То же самое делают с другой половиной проволоки. Когда проволока скручена в одной плоскости, ей нужно придать форму шишки. Центры спиралей вытягивают клещами. Далее спираль опускают в обрезок трубы соответствующего ее основанию диаметра и наставкой с одного удара молотка получают конус шишки (рис. 15, в). Такую же операцию производят со второй спиралью и совмещают половинки шишки основаниями в одно целое.

Чем больше проволок берется для скручивания, тем изделие больше походит на настоящую шишку. Несколько проволок с одного конца сваривают, проковывают в квадрат и фиксируют в тисках в горячем состоянии, а с другого – закручивают воротком (рис. 15, г). В зависимости от того, насколько сложную хотят получить шишку, связку скручивают на 1,5–

3 оборота. Чтобы проволоки образовали перед закруткой цилиндр, их располагают вокруг осевого прутка, загнув концы длиной 2 см на  $180^\circ$  вовнутрь проволочного пучка, сваривают их внахлест, образуя цилиндр, и так же проковывают в квадрат.

После скручивания заготовку оставляют в тисках для остывания. Остывшую поковку раскручивают в обратном направлении. В результате связка начинает распускаться до тех пор, пока не получится требуемая форма шишки. Если шишку надо сделать шире, то в процессе раскручивания связку осаживают в продольном направлении.



Шишки такого типа кузнецы в далеком прошлом делали не из связки прутков, а из цельного прутка квадратного сечения, рассекая его в продольном направлении на несколько ветвей также четырехгранного сечения, после чего его скручивали. Полученная таким способом шишка выглядит привлекательнее.

Наиболее распространенными декоративными коваными элементами являются волюты – украшения в форме спиралевидного завитка (рис. 15, е). Конечно, кованный металл обладает особой привлекательностью, но и слесарная техника позволяет изготовить очень красивые детали.

По количеству завитков волюта бывает односторонняя и двусторонняя (симметричная и асимметричная), по типу скручивания – с обратной закруткой и с разветвлением от металлического прута.

Вначале следует определить необходимую длину заготовки. Проще всего это сделать с помощью тонкой проволоки, которую сначала скручивают по форме волюты, потом распрямляют и измеряют. Затем отрубают заготовку этой длины и выгибают основной наиболее крутой завиток. После этого молотком на оправке выгибают спираль (рис. 15, д).

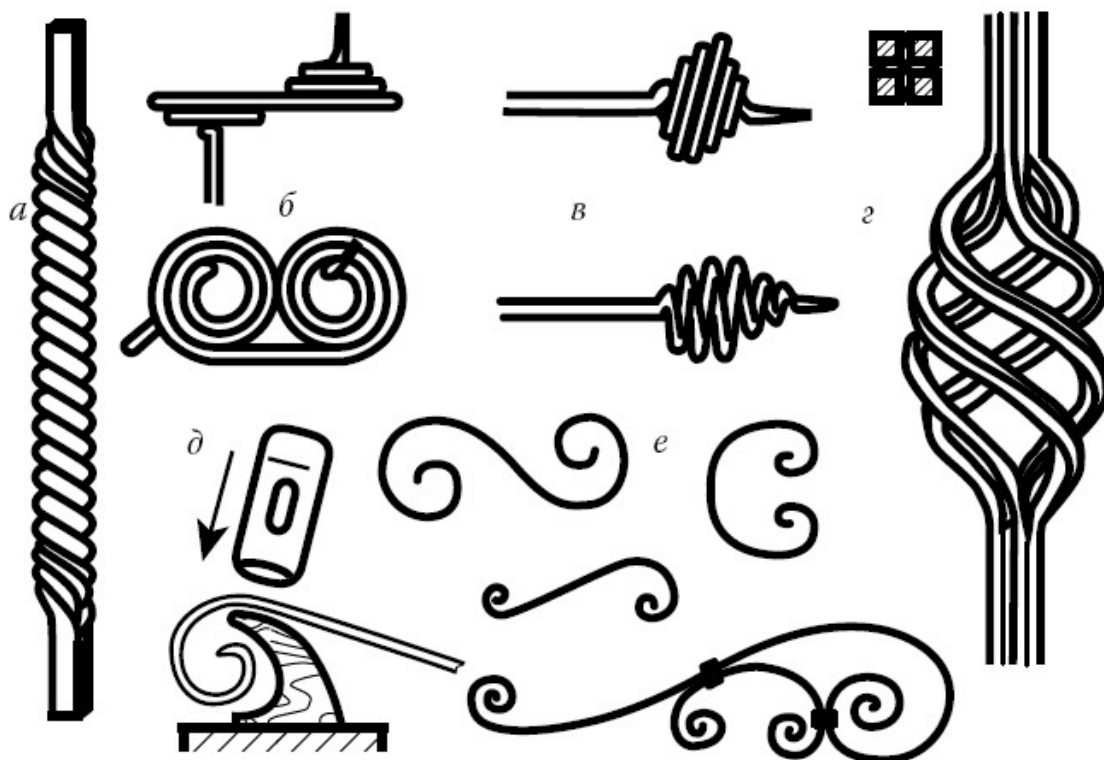


Рис. 15. Гнутые кузнечные изделия:  
а – торсированный стержень; б, в – скручивание шишки из одного прутка; г – шишка из связки прутков; д – формование завитка волюты; е – виды волют

Заготовки, предназначенные для изготовления волют, можно украсить продольными желобками или орнаментами, выполненными с помощью чеканов или рельефных пуансонов. Чтобы упростить работу, украсить желобками или другим орнаментом можно только концы волют.

При изготовлении однотипных мелких спиралей, требующихся в решетках и других изделиях в больших количествах, пользуются шаблонами, которые облегчают работу, ускоряют процесс изготовления и повышают точность размеров полученных деталей.

## Сварные соединения и швы

Сварные соединения могут быть стыковыми, угловыми, тавровыми и нахлесточными (рис. 16).

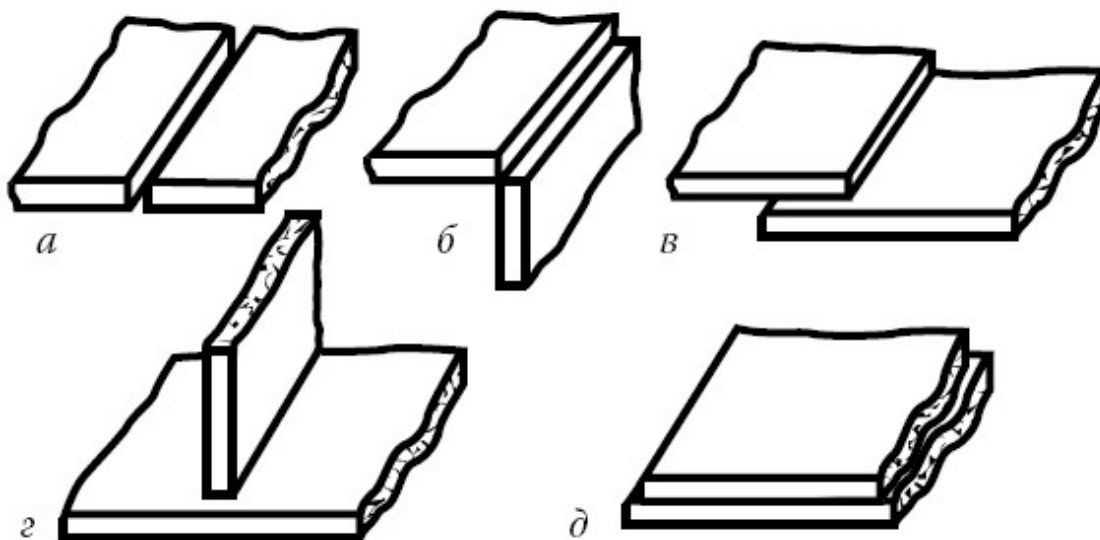


Рис. 16. Сварные соединения:  
а – стыковое; б – угловое; в – нахлесточное; г – тавровое; д – торцовое

**Стыковым** называется сварное соединение двух элементов, расположенных в одной плоскости или на одной поверхности.

**Угловым** называется соединение двух элементов, расположенных под прямым углом и сваренных в месте примыкания их краев.

**Нахлесточным** называется сварное соединение, в котором свариваемые элементы расположены параллельно и перекрывают друг друга.

Разновидностью нахлесточного соединения является торцовое, в котором боковые поверхности свариваемых элементов примыкают друг к другу.

**Тавровым** называется сварное соединение, в котором к боковой поверхности одного элемента примыкает под углом и приварен торцом другой элемент.

Часть конструкции, в которой сварены примыкающие друг к другу элементы, называется **сварным узлом**.

**Сварные швы** могут быть стыковыми и угловыми (рис. 17, а – г). **Стыковой шов** – сварной шов стыкового соединения. **Угловой шов** – сварной шов углового, таврового и нахлесточного соединений. Разновидностью этих типов являются швы пробочные и прорезные, выполняемые в нахлесточных соединениях.

**По форме в продольном направлении** сварные швы могут быть *непрерывными, прерывистыми, одно- и многослойными, одно- и двусторонними* (рис. 17, д – к). С помощью стыковых швов образуют в основном стыковые соединения, с помощью угловых швов – тавровые, крестовые, угловые и нахлесточные соединения, с помощью пробочных и прорезных швов могут быть образованы нахлесточные и иногда тавровые соединения.

В зависимости от формы и размеров изделия швы могут отличаться **пространственным положением**. Швы разделяют на *нижние, вертикальные, горизонтальные и потолочные* (рис. 17, л).

Горизонтальные швы выполняют на вертикальной плоскости в горизонтальном направлении. Согласно ГОСТ 11969-79, швы по положению в пространстве подразделяются на: нижние – Н и нижние в лодочку – Л; полугоризонтальные – Пг; горизонтальные – Г; полувертикальные – Пв; вертикальные – В; полупотолочные – Пп; потолочные – П.

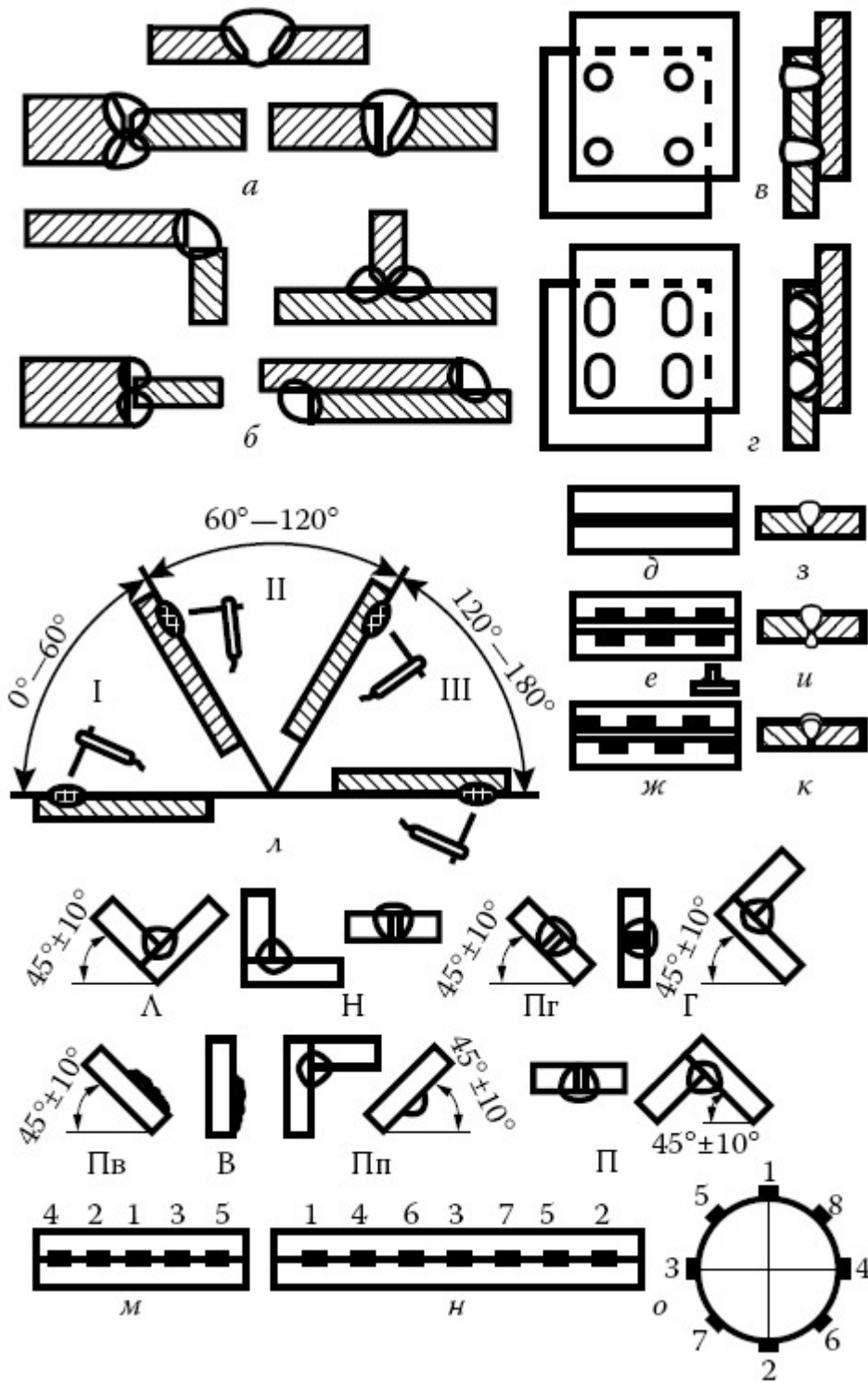


Рис. 17. Сварные швы:

а – стыковые; б – угловые; в – пробочные; г – прорезные; д – непрерывные; е – прерывистые цепные; ж – прерывистые шахматные; з – односторонние; и – двусторонние; к –

многослойные (показано 2 слоя); л – основные и промежуточные пространственные положения сварочных швов (I – нижнее; II – вертикальное или горизонтальное; III – потолочное); м—о – прихватки

Сварные швы, применяемые для фиксации взаимного расположения, размеров и формы собираемых под сварку элементов, называются прихватками. Длина каждой прихватки составляет от 3 до 6 толщин свариваемого металла, расстояние между ними выдерживается от 20 до 40 толщин. Ставят прихватки с лицевой стороны соединения, очищают от шлака, а при сварке полностью удаляют или полностью переплавляют. На коротких и средних швах прихватки расставляют от центра к краям, поочередно в каждую сторону (рис. 17, м). На длинных швах поступают наоборот: прихватывают вначале края, затем центр и поочередно с каждой стороны двигаются от краев к центру (рис. 17, н). При кольцевых швах (рис. 17, о) прихватки ставят попеременно по главным координатным осям (под 90°), а при необходимости – и по дополнительным диагоналям (под 45°).

Стыковые швы, как правило, выполняют непрерывными; отличительным признаком для них обычно служит форма разделки кромок<sup>15</sup> соединяемых деталей в поперечном сечении (рис. 18, а – е).

По этому признаку различают следующие основные типы стыковых швов: с отбортовкой кромок (применяются при газовой сварке тонкого металла); без разделки кромок – односторонние (при толщине свариваемых деталей 1–6 мм) и двусторонние (при толщине деталей 3–8 мм); с разделкой одной кромки – односторонней, двусторонней (до 60 мм); с прямолинейной или криволинейной формой разделки; с односторонней разделкой двух кромок; с V-образной разделкой; с двусторонней разделкой двух кромок; X-образной разделкой (с толщиной деталей до 120 мм). Разделка может быть образована прямыми линиями (скос кромок) либо иметь криволинейную форму (U-образная разделка).

Угловые швы различают по форме подготовки свариваемых кромок в поперечном сечении и сплошности шва по длине (рис. 18, ж – и).

**По форме поперечного сечения** швы могут быть без разделки кромок (при толщине свариваемых деталей от 2 до 30 мм), с односторонней разделкой кромки (3–60 мм), с двусторонней разделкой кромок (до 100 мм).

---

<sup>15</sup> Разделка кромок – придание кромкам, подлежащим сварке, необходимой формы.

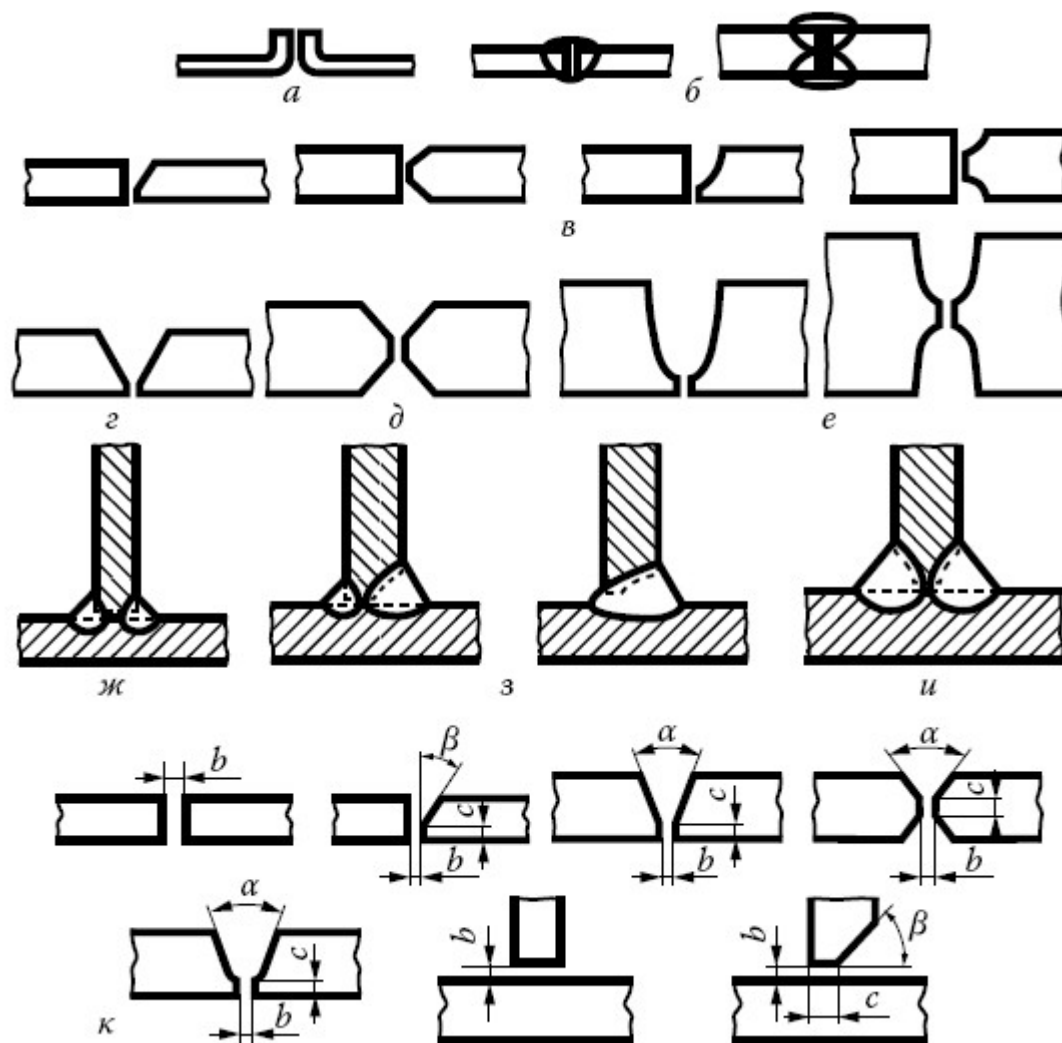


Рис. 18. Подготовка кромок стыковых (а – е) и угловых (ж – и) швов:

а – с отбортовкой кромок; б – без разделки кромок; в – с разделкой одной кромки; г – с односторонней разделкой двух кромок; д – с Х-образной разделкой двух кромок; е – с U-образной разделкой; ж – без разделки; з – с односторонней разделкой; и – с двусторонней разделкой; к – конструктивные элементы разделки

**По протяженности** угловые швы могут быть *непрерывными и прерывистыми, с шахматным и цепным расположением отрезков шва* (рис. 17, д—ж). Тавровые, нахлесточные и угловые соединения могут быть выполнены отрезками швов небольшой протяженности – точечными швами.

Пробочные швы по своей форме в плане (вид сверху) обычно имеют круглую форму и получаются в результате полного проплавления верхнего и частичного проплавления нижнего листов (их часто называют электрозаклепками) либо путем проплавления верхнего листа через предварительно проделанное отверстие.

Прорезные швы, обычно удлиненной формы, получают путем приварки верхнего (накрывающего) листа к нижнему угловым швом по периметру прорези. В отдельных случаях прорезь может заполняться полностью.

Подготовку кромок при ручной сварке регламентирует ГОСТ 5264-80. Чаще всего приходится разделять кромки при сварке металла большой толщины. Форму разделки кромок и их сборку под сварку характеризуют четыре основных конструктивных элемента: зазор  $b$ , притупление  $c$ , угол скоса кромки  $\beta$  и угол разделки кромок  $\alpha$ , равный  $\beta$  или  $2\beta$  (рис. 18,

к). Стандартный угол разделки кромок в зависимости от способа сварки и типа соединения изменяется в пределах от  $45 \pm 2^\circ$  до  $12 \pm 2^\circ$ . Тип разделки и величина угла разделки кромок определяют количество необходимого дополнительного металла для заполнения разделки, а значит, производительность сварки. Так, например, X-образная разделка кромок по сравнению с V-образной позволяет уменьшить объем наплавленного металла в 1,6–1,7 раза. Уменьшается время на обработку кромок. Правда, в этом случае возникает необходимость вести сварку с одной стороны шва в неудобном потолочном положении или кантовать свариваемые изделия.

Притупление кромки, т. е. нескошенная часть торца кромки, с обычно составляет  $2 \pm 1$  мм и выбирается в зависимости от толщины свариваемого металла. Его назначение – обеспечить правильное формирование шва и предотвратить прожоги в корне шва. Зазор  $b$  обычно равен 1–2 мм (допускается до 5 мм), так как при принятых углах разделки кромок наличие зазора необходимо для провара корня шва. Чем больше зазор, тем глубже проплавление металла.

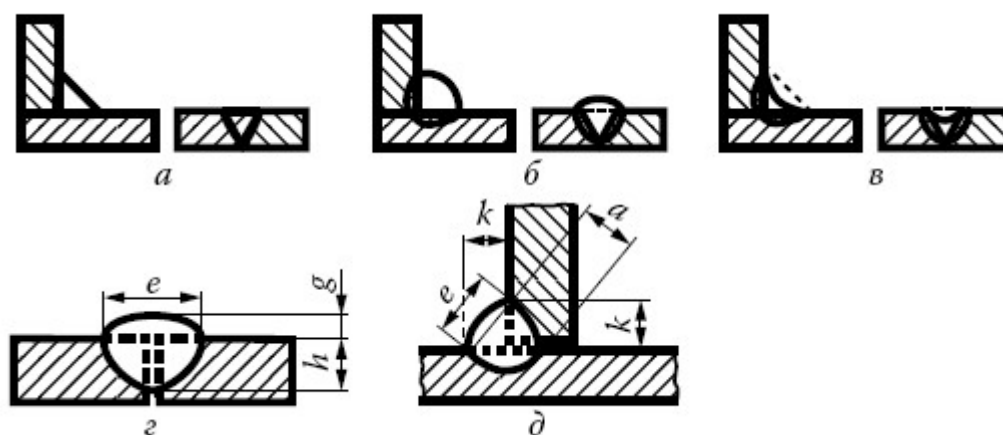


Рис. 19. Виды сварных швов:

а – плоский; б – выпуклый; в – вогнутый; г – стыковой; д – угловой; е – ширина шва; h – глубина проплавления; g – выпуклость (усиление) шва; а – толщина шва; k – катет шва

Основными геометрическими параметрами сварных швов являются: при стыковых соединениях – ширина, выпуклость и глубина проплавления шва; при угловых, тавровых и нахлесточных соединениях – ширина, толщина и катет шва (рис. 19, г – д).

**Глубина проплавления стыкового шва (h)** – наибольшая глубина расплавления основного металла в сечении шва.

**Толщина углового шва (a)** – наибольшее расстояние от поверхности углового шва до точки максимального проплавления основного металла.

**Катет углового шва (k)** – кратчайшее расстояние от поверхности одной из свариваемых частей до границы углового шва на поверхности второй свариваемой части. При симметричном угловом шве за расчетный катет принимается любой из равных катетов, при несимметричном шве – меньший.

**Выпуклость сварного шва (g)** – выпуклость шва, определяемая расстоянием между плоскостью, проходящей через видимые линии границы сварного шва с основным металлом, и поверхностью сварного шва, измеренного в месте наибольшей выпуклости.

Основным показателем формы швов является **коэффициент формы сварного шва ( $\psi$ )**. Для стыкового шва этот коэффициент равен отношению ширины шва к глубине про-



плавления  $\psi = \frac{e}{h}$ ; для углового шва – отношению ширины к толщине шва  $\psi = \frac{e}{a}$ . Форма и размеры сварного шва существенно влияют на качество сварного соединения. При ручной сварке покрытыми электродами коэффициент формы провара колеблется в пределах  $\psi = 1,0-2,5$ .

Таким образом, **по форме наружной поверхности** стыковые швы могут быть нормальными (плоскими), выпуклыми (с усилением) или вогнутыми (рис. 19, а – в). Причем вогнутость стыковых швов недопустима, это является серьезным браком сварки.

Угловые швы выполняют выпуклыми, плоскими, вогнутыми. Вогнутость угловых швов при сварке во всех пространственных положениях допускается не более 3 мм. Выпуклость (усиление) сварных швов допускается не более 2 мм при сварке в нижнем положении и не более 3 мм при сварке в остальных положениях. Допускается увеличение усиления сварных швов, выполненных в вертикальном, горизонтальном и потолочном положениях, на 1 мм при толщине основного металла до 26 мм и на 2 мм при толщине основного металла свыше 26 мм.

Сварные соединения с выпуклыми (стыковыми и угловыми) швами лучше работают на статическую нагрузку. Но швы с чрезмерным усилением нежелательны по двум причинам: из-за повышенного расхода электродов и электрической энергии, а также вследствие концентрации напряжений в точках пересечения поверхности шва с основным металлом.

Сварные соединения с плоскими (стыковыми и угловыми) и вогнутыми (угловыми) швами лучше работают на переменную и динамическую нагрузку, так как нет резкого перехода от основного металла к сварному шву. В противном случае создается концентрация напряжений, от которых может начаться разрушение сварного соединения.

Для всех типов швов важны полный провар кромок соединяемых элементов и внешняя форма шва как с лицевой, так и с обратной стороны. В стыковых, особенно односторонних, швах трудно проваривать кромки притупления на всю их толщину без специальных приемов, предупреждающих прожог и обеспечивающих хорошее формирование обратного валика.

Важное значение также имеет образование плавного перехода металла лицевого и обратного валиков к основному металлу, так как это обеспечивает высокую прочность соединения при динамических нагрузках. В угловых швах бывает трудно проварить корень шва на всю его толщину, и тогда рекомендуется вогнутая форма поперечного сечения шва с плавным переходом к основному металлу. Это снижает концентрацию напряжений в месте перехода и повышает прочность соединения при динамических нагрузках.

## **Ручная электродуговая сварка**

Дуговая сварка металлическими электродами с покрытием благодаря простоте и мобильности применяемого оборудования остается одним из самых распространенных методов, используемых при изготовлении сварных конструкций.

## Оборудование и одежда для ручной электросварки

### ***Выбор сварочного аппарата***

В зависимости от рабочей силы тока сварочные аппараты делят на бытовые (до 200 А), полупрофессиональные (200–300 А) и профессиональные (от 300 А). При выборе аппарата обязательно нужно учитывать и такие показатели, как его производительность, вес, время работы без перерыва и то, какой материал вы будете сваривать. Для бытовых нужд выбирают компактные переносные модели: ими можно пользоваться и в квартире, и на даче, и в гараже.

Сварочное оборудование бывает нескольких видов: генераторы (агрегаты), трансформаторы, полуавтоматы, сварочные выпрямители, инверторы. Каждый из этих аппаратов обладает плюсами и минусами.

***Сварочными генераторами*** называют сложные электромеханические устройства, которые сами вырабатывают электричество, поэтому их можно использовать на неэлектрифицированных объектах: в строящемся доме, гараже, на только что купленном дачном участке. Главный их недостаток – большие размеры, огромный вес и трудоемкость обслуживания. К тому же они весьма недешевы.

***Сварочные трансформаторы переменного тока***, пожалуй, наиболее простые, недорогие и распространенные из всех видов сварочных аппаратов. Как и большинство остальных бытовых сварочных аппаратов, они используют плавящиеся электроды. Применяются, как правило, для сварки низколегированных сталей. Качественно изготовленный трансформатор исключительно надежен и не требует специального обслуживания. Но сварка на переменном токе отличается невысоким качеством и требует определенных навыков от сварщика. Кроме того, сварочные трансформаторы обладают немалыми габаритами и весом.

***Сварочные выпрямители*** представляют собой те же трансформаторы переменного тока, оснащенные выпрямительным блоком и иногда регулирующим устройством. Более сложное устройство потребляет больше электроэнергии и намного тяжелее. Зато постоянный ток обеспечивает более качественную и комфортную работу. Достоинствами сварочных выпрямителей является также возможность сваривать не только черные, но и цветные металлы и сплавы, а также меньшая стоимость по сравнению с более сложными аппаратами.

***Сварочные полуавтоматы*** тоже выполнены на базе трансформаторов. Их особенностью является то, что сварка осуществляется не электродами, а специальной проволокой в газовой среде (обычно применяется аргон или углекислый газ). Есть модели, которые позволяют работать даже без газа (в этом случае необходимо использовать специальную флюсовую проволоку). Такие аппараты позволяют варить сталь, в том числе нержавейку, а также алюминий. Свариваемый металл определяет материал проволоки и используемый газ: для железа лучше всего подойдет углекислый газ, для алюминия – аргон.

Сварочная проволока по шлангу автоматически подается в сварочную горелку, обеспечивая ровный хорошо защищенный от коррозии шов. Такая сварка получила широкое распространение в ремонте автомобилей. Недостатком по сравнению со сварочными выпрямителями можно считать большой вес и габариты, высокую цену и сложную конструкцию, включающую роликовый механизм подачи проволоки. Кроме того, требуется наличие газового баллона. Номинальный срок службы сварочных полуавтоматов – 5 лет со сменой сварочной горелки через каждые полгода.

***Сварочные инверторы***, пожалуй, наиболее популярная сегодня категория сварочных аппаратов. Принцип их работы таков: переменный ток от потребительской сети частотой 50 Гц выпрямляется и сглаживается фильтром, затем полученный постоянный ток преобразуется инвертором снова в переменный, но уже высокой частоты (20–50 кГц). Затем высокое переменное напряжение высокой частоты понижается до 70–90 В, а сила тока соответ-

ственно повышается до необходимых для сварки 100–200 А. Высокая частота сварочного тока позволяет добиться значительных преимуществ сварочного инвертора перед другими источниками питания сварочной дуги – малых габаритов и веса, высокого КПД источника питания (порядка 90 %). Дуга в данном случае получается очень устойчивой, сварной шов выходит гораздо ровнее, чем у моделей трансформаторного типа.

Но у инверторов есть и недостатки: прежде всего высокая стоимость по сравнению с другими типами сварочных аппаратов, а также требовательность к качеству питания – при скачках или просадках напряжения, что в нашей действительности является распространенным явлением, инвертор может быстро выйти из строя. Инверторы боятся пыли, поэтому производители рекомендуют хотя бы дважды в год чистить аппарат изнутри. Инверторы не любят мороза, и при температуре ниже  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  их эксплуатация не всегда возможна. Ремонтопригодность этого оборудования весьма низкая – сложная электронная схема не поддастся неспециалисту, настройка ее требует специального измерительного оборудования, а стоимость ремонта в мастерской составит минимум треть цены всего аппарата. Особенно страдают подобным поведением недорогие инверторы родом из азиатских стран. Более надежные аппараты солидных торговых марок стоят существенно дороже. И еще одна особенность: длина каждого из сварочных кабелей инвертора не должна превышать 2,5 м.



В частном секторе соседи, у которых подвод электричества чаще всего осуществляется разными фазами, могут скооперироваться и приобрести трехфазный сварочный источник. Плата за электроэнергию и нагрузка на сеть в этом случае будут распределяться поровну, качество сварки возрастет, а специально подключать трехфазное электроснабжение, что весьма хлопотно и недешево, при этом не нужно.

При выборе того или иного аппарата следует учитывать также следующие соображения.

Все сварочные аппараты обладают такой характеристикой, как продолжительность включения (ПВ), или процент времени непрерывной работы при определенном токе (ПН). Это показатель времени непрерывного горения дуги, которое может обеспечить конкретная модель сварочного оборудования в течение условного 10-минутного цикла. Например, в паспорте указано, что для тока 160 А  $\text{ПВ} = 30\%$ . Это значит, что аппарат будет работать 3 мин ( $10\text{ мин} \times 30\%$ ), а на 7 мин придется сделать перерыв. Поэтому не следует покупать аппарат с номинальным током 120 А и ПВ, равной 20 %, который перегреется через один-два электрода. К тому же многие производители занижают условия измерений, например понижают температуру окружающей среды или берут 5-минутный интервал. В результате аппарат либо не обеспечивает нужный ток, либо работает с перегрузкой, перегревается и выходит из строя. Всегда необходимо иметь запас по току (мощности), поэтому оптимальные параметры аппарата для большинства бытовых работ – 160 А и ПВ не менее 40 %. Если необходимо работать длительное время, нужно приобретать сварочный аппарат с еще более высоким ПВ.

Большинство моделей сварочных аппаратов работают при напряжении в пределах  $220\text{ В} \pm 10\%$ , т. е. до 198 В. Некоторые модели устойчиво работают при падении напряжения до 20 % (176 В). Это имеет большое значение для районов с пониженным напряжением в сети. Кроме того, следует уточнить электропитание на территории, где предстоит работать: однофазное (220 В) или трехфазное (380 В).

В зависимости от вида и толщины металла, с которым придется работать, определяется вид и мощность сварочного аппарата (и, соответственно, его стоимость).

Если работать предстоит на высоте, постоянно перемещать сварочный аппарат, лучше всего приобретать легкие и небольшие аппараты.

Если всё это не важно, лучше выбрать аппарат с большим количеством возможностей.

### **Сварочные электроды**

Сварочный электрод – это металлический или неметаллический стержень, предназначенный для подвода тока к свариваемому изделию. Электроды бывают двух типов:

– плавящиеся, выполненные обычно из того же или сходного со свариваемым изделием металла;

– неплавящиеся, которые, в свою очередь, могут быть металлическими (обычно вольфрам) или неметаллическими (уголь или графит).

Ввиду широкого распространения сварки по технологии ММА, наибольшее распространение получили плавящиеся металлические электроды. Электроды для ручной дуговой сварки представляют собой металлический стержень, на поверхность которого методом окунания или опрессовкой под давлением наносится покрытие (обмазка) определенного состава и толщины (рис. 20).

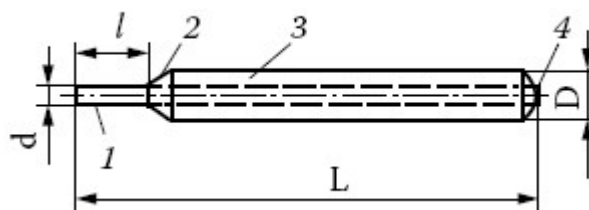


Рис. 20. Сварочный плавящийся электрод с покрытием:

1 – стержень; 2 – участок перехода; 3 – покрытие; 4 – контактный торец без покрытия;  $d$  – номинальный диаметр сварочной проволоки;  $D$  – внешний диаметр покрытия;  $l$  – длина зачищенного от покрытия конца;  $L$  – номинальная длина электрода

Металлический стержень электрода выполняется из проволоки #1,6—12 мм. Электродная проволока по химическому составу делится на три группы:

1 – с содержанием углерода не более 0,12 %, предназначена для сварки низкоуглеродистых, среднеуглеродистых, а также некоторых низколегированных сталей. Малое содержание углерода в сварочной проволоке снижает склонность металла шва к пористости и образованию твердых закалочных структур;

2 – легированная, предназначенная для сварки низколегированных, конструкционных и теплостойких сталей;

3 – высоколегированная, предназначенная для сварки хромистых, хромоникелевых, нержавеющей и других легированных сталей.

В зависимости от отношения диаметров покрытия и электродной проволоки ( $D/d$ ) электроды по толщине покрытия подразделяются на 4 типа:

М – электроды с тонким покрытием  $D/d \leq 1,2$ ;

С – электроды со средним покрытием  $1,2 \leq D/d < 1,45$ ;

Д – электроды с толстым покрытием  $1,45 \leq D/d < 1,8$ ;

Г – электроды с особо толстым покрытием  $D/d > 1,8$ .



Наиболее простое тонкое покрытие изготавливают из мелко просеянного мела, разведенного на жидком стекле. На 100 весовых частей мела берется 25–30 весовых частей жидкого стекла. Полученная смесь размешивается в воде до получения сметанообразного состояния. Покрытие наносится на электродную проволоку окунанием, с последующей сушкой при температуре 30–40 °С.

Тонкое покрытие предназначено только для стабилизации горения дуги и не создает защиты для расплавленного металла шва, что приводит к окислению и азотированию наплавленного металла. Такие электроды не используют при выполнении ответственных работ, так как сварочный шов получается хрупким, пористым, с различными неметаллическими включениями.

Сварные соединения высокого качества выполняют электродами со средним, толстым и особо толстым покрытием. Кроме стабилизации горения дуги эти покрытия способны выполнять еще ряд функций: защищать расплавленный металл шва от воздействия кислорода и азота воздуха; раскислять окислы, образующиеся в процессе сварки; изменять состав наплавленного металла, вводя в него легирующие примеси; удалять серу и фосфор из расплавленного металла шва. Такие покрытия образуют шлаковую корку поверх металла шва.

Для выполнения перечисленных функций покрытие электрода содержит следующие компоненты:

- ионизирующие вещества, облегчающие возбуждение сварочной дуги и поддерживающие ее стабильное горение (мел, мрамор, поташ, полевой шпат и т. п.);
- вещества, защищающие сварочную ванну от воздействия кислорода и азота воздуха (крахмал, древесная мука, целлюлоза и т. п.). При сварке они разлагаются и сгорают, выделяя большое количество защитных газов;
- раскислители, которые обладают большим сродством к кислороду и поэтому восстанавливают металл шва, улучшая его качество (ферросплавы, алюминий, графит и т. п.);
- легирующие вещества (ферромарганец, ферросилиций, феррохром, ферротитан), позволяющие улучшить свойства сварочного шва;
- шлакообразующие вещества образуют шлак, который, затвердевая на поверхности шва, препятствует его быстрому охлаждению, а также защищает от воздействия атмосферы (полевой шпат, кварц, мрамор, рутил, марганцевая руда и т. п.);
- связующие вещества, предназначенные для замешивания всех компонентов покрытия, а также для удержания покрытия на электроде и придания ему достаточной механической прочности после сушки. Обычно в качестве связующего вещества используют жидкое стекло, реже применяют декстрин.

Для увеличения количества наплавленного металла в единицу времени в электродные покрытия иногда вводят железный порошок. Это улучшает технологические свойства электродов: облегчает повторное зажигание дуги, уменьшает скорость охлаждения наплавленного металла, что благоприятно сказывается при сварке в условиях низких температур.



Более качественные сварные швы дают электроды с покрытием, основой которого является титановый концентрат.

**Качественные покрытия** разделяют на четыре основные группы:

**А – кислые покрытия**, содержащие руды в виде окиси железа, марганца, кремния, иногда титана;

**Б – основные покрытия**, имеющие в качестве основы фтористый кальций и карбонат кальция. Сварку электродами с основным покрытием осуществляют на постоянном токе и обратной полярности. Вследствие малой склонности металла к образованию кристаллизационных и холодных трещин электроды с этим покрытием используют для сварки больших сечений;

**Ц – целлюлозные покрытия**, имеющие в качестве основы целлюлозу, муку или другие органические составы, создающие газовую защиту дуги и образующие при плавлении тонкий шлак. Электроды с целлюлозным покрытием применяют, как правило, для сварки стали малой толщины;

**Р – рутиловые покрытия**, основным компонентом которых является рутил. Для шлаковой и газовой защиты в покрытия этого типа вводят соответствующие минеральные и органические компоненты. При сварке на постоянном и переменном токе разбрызгивание металла незначительно. Устойчивость горения дуги, формирование швов во всех пространственных положениях хорошее.

В обозначениях электродов встречаются также:

**П** – прочие виды покрытия;

**Ж** – с содержанием в покрытии > 20 % железного порошка.

Смешанные покрытия обозначают двумя буквами.

Согласно ГОСТ 9466-75, **условное обозначение электродов** для дуговой сварки и наплавки сталей представляет собой длинную дробь, например:

$$\frac{\text{Э46А} - \text{УОНИ} - 13/45 - 3,0 - \text{УДЗ}}{\text{Е} - 412(5) - \text{Б20}}$$

В числителе записан тип электрода Э46А, его марка УОНИ-13/45, диаметр 3,0 мм и группа из двух букв и цифры УДЗ. Типы электродов для ручной дуговой сварки углеродистых, низколегированных, конструкционных и других сталей обозначают буквой Э, затем следуют цифры, указывающие прочностную характеристику наплавленного металла. Так, обозначение Э46 означает, что электроды этого типа обеспечивают минимальное временное сопротивление 460 МПа.

Если в обозначении после цифр стоит буква А, значит, этот тип электрода обеспечивает более высокие пластические свойства наплавленного металла.

Для сварки вышеуказанных сталей предусмотрены 14 типов электродов (табл. 3), в которых определены основные механические свойства и содержание вредных примесей (серы и фосфора).

Первая буква последней группы числителя (У) указывает назначение электрода, вторая (Д) – толщину покрытия (см. выше), цифра (3) – группу электродов по качеству изготовления.

Шифр буквы назначения электродов:

У – для конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву  $\sigma_B < 600$  МПа ( $60 \text{ кгс/мм}^2$ );

Л – для легированных конструкционных сталей с  $\sigma_B > 600$  МПа ( $60 \text{ кгс/мм}^2$ );

Т – для теплоустойчивых легированных сталей;

В – для высоколегированных сталей;

Н – для наплавки.

По качеству электроды делят на три группы 1, 2 и 3, где требования возрастают от группы 1 к группе 3.

В знаменателе приведены буква Е (электрод), группа индексов 412(5), указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва (по ГОСТ 9467-75, ГОСТ 10051-75 или ГОСТ 10052-75), и группа из одной буквы и двух цифр Б20. Буква Б обозначает вид покрытия, первая цифра 2 – допустимые пространственные положения при сварке, вторая цифра 0 – требование к электропитанию дуги.

Допустимые пространственные положения при сварке или наплавке обозначают следующим образом:

1 – для всех положений;

2 – для всех положений, кроме вертикального сверху вниз;

3 – для нижнего, горизонтального на вертикальной плоскости и вертикального снизу вверх;

4 – только нижнее и нижнее «в лодочку».

По роду и полярности применяемого при сварке или наплавке тока, а также по номинальному напряжению холостого хода источника переменного тока частотой 50 Гц электроды подразделяются в соответствии с табл. 4.

Одному и тому же типу электродов могут соответствовать несколько марок, например: электродам типа Э46 соответствуют марки АНО-4, МР-3 и др.; электродам типа Э42А соответствуют марки УОНИ-13/45 и СМ-11 (табл. 5).

### ***Электрододержатели и сварочные кабели***

**Электрододержатель** – приспособление для закрепления электрода и подвода к нему тока – является главным орудием сварщика. Существует немало количество держателей разных конструкций: пружинные, вилочные, цанговые, винтовые, пластинчатые, их автоматизированные модификации и другие разновидности. Среди всего многообразия применяемых электрододержателей наиболее безопасным является пружинный («прищепка»), известный у нас как электрододержатель серии ЭП (рис. 21). К его основным преимуществам можно отнести удобство эксплуатации, крепкое удержание электрода, полное отсутствие неизолированных зон токосъёмника. Держатель-«прищепка» очень популярен, поэтому его используют многие профессиональные сварщики по всему миру. Эти электрододержатели выдерживают без ремонта 8000—10 000 зажимов. Время замены электрода не превышает 3–4 с. «Прищепки» изготавливают в соответствии с существующими стандартами: I типа – для тока до 125 А; II типа – для тока 125–315 А; III типа – для тока 315–500 А.



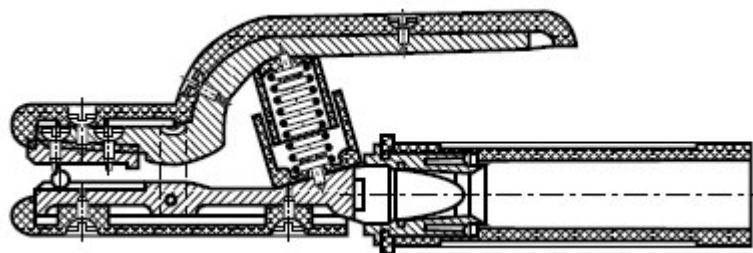


Рис. 21. Электрододержатель серии ЭП

Если вы купили новый сварочный аппарат, то в комплекте с ним обязательно должен быть заводской электрододержатель. Пользоваться, безусловно, нужно им. Широко известные у нас «вилки-трезубцы» использовать не стоит – они давно запрещены во всем мире<sup>16</sup>.

Электрододержатели присоединяют к гибкому (многожильному) медному проводу – сварочному кабелю марки ПРГД или ПРГДО. Кабель сплетен из большого числа отожженных медных проволочек #0,18—0,20 мм. Применять провод длиной более 30 м не рекомендуется, так как это вызывает значительное падение напряжения в сварочной цепи. Сечения сварочных проводов для подвода тока от источника питания к электрододержателю и свариваемому изделию выбирают из расчета плотности тока до 5 А/мм<sup>2</sup> при токах до 300 А. При силе тока 125 А рекомендуется провод сечением 25 мм<sup>2</sup>, при силе тока 315 А – одинарный провод сечением 50 мм<sup>2</sup> или двойной сечением по 16 мм<sup>2</sup>.

Токоподводящий «земляной» провод соединяется с изделием специальными зажимами, чаще всего винтовыми струбцинками или зажимами типа «крокодил». Допустимо укладывать свариваемую деталь на металлический стол, надежно подсоединенный к сварочному источнику. Самодельные удлинители токоподводящего провода в виде кусков или обрезков металла не допускаются.

### **Экипировка сварщика**

При работе со сваркой пораженными могут оказаться все части тела рабочего, органы дыхания, зрения. Поэтому средствами индивидуальной защиты пренебрегать никак нельзя. Полный комплект экипировки сварщика включает в себя маску, специальный костюм, обувь и перчатки.

Спецодежда для сварщика должна удовлетворять двум основным требованиям: ее наружная поверхность должна быть огнестойкой и термостойкой, а внутренняя (изнаночная) – влагопоглощающей. Исходя из этих требований, куртку и брюки шьют из брезента, парусины, замши и их комбинаций. Их обрабатывают специальной пропиткой, которая придает им жаростойкость. Для одежды и обуви, защищающей от искр и расплавленного металла и выдерживающей прожигание не менее 50 с, ГОСТ предусматривает специальную пометку «Тр».

**Экипировка сварщика** обязательно включает в себя рукавицы или перчатки для защиты рук от контакта с нагретыми поверхностями и брызгами расплавленного металла.

**Традиционная обувь для сварщиков** – сапоги с укороченными голенищами или кожаные ботинки. Категорически запрещается работать в обуви с открытой шнуровкой или металлическими гвоздями в подошве.

Современные маски для сварки предохраняют своих владельцев от искр, брызг металла, механического давления, ожогов, удара электрическим током, ультрафиолетовых и

<sup>16</sup> Подробнее об этом пойдет речь в следующем разделе в главе «Конструкции самодельных электрододержателей».

инфракрасных лучей. Для защиты от последних в смотровое отверстие маски кроме обычного стекла вставляется светофильтр.

Существуют несколько разновидностей масок: традиционного типа с фиксированным светофильтром, с подъемным светофильтром, а также маски типа «хамелеон». В первых двух случаях речь идет о так называемых «пассивных» шлемах. В качестве смотрового окна в них используют затемненное стекло, которое либо неподвижно (но тогда сложно разглядеть объект сварки до начала работ), либо его откидывают вверх после окончания процесса сварки (материал при этом еще догорает, и смотреть на него без защиты тоже опасно).

«Активные» шлемы типа «хамелеон» автоматически реагируют на импульс света от сварки и изменяют степень своего затемнения, блокируя части светового спектра. Это позволяет нормально контролировать начало сварочного процесса. Источником питания световых фильтров в масках для сварки типа «хамелеон» служат солнечные батареи, а также заменяемые или встроенные литиевые элементы. Некоторые маски-«хамелеоны» оборудованы также респиратором. Это немаловажно, так как дым и газы, возникающие при сварочных работах, содержат вещества, представляющие большую опасность для легких. Правда, стоит такая защита довольно дорого, а в работе не очень удобна из-за солидного веса и приличных габаритов. Кроме того, время срабатывания светофильтра в шлеме должно составлять менее 1 мс. Однако при температуре окружающего воздуха ниже  $-5^{\circ}\text{C}$  светофильтр может начать реагировать медленнее. По этим причинам «хамелеоны» у нас пока не слишком популярны.

Для разных типов сварки нужны отдельные светофильтры. Но если фильтр предназначен для аргонно-дуговой сварки, то он подойдет и для работы со штучными электродами, и для полуавтоматической или автоматической сварки.

Дорогие шлемы оснащены регуляторами, изменяющими отношение степени затемнения к величине сварочного тока. Чаще всего встречаются параметры 4–9 DIN, предназначенные для тока до 40 А, 5–11 DIN выдерживают от 80 до 175 А, 6–12 DIN – от 175 до 300 А, а 7–13 DIN – от 300 до 500 А.

При выборе маски многие обращают внимание на размер видимой через светофильтр области. Понятно, что, чем он больше, тем удобнее работать. Однако надо помнить о том, что, чем больше «окно», тем оно уязвимее.



Для чистки и сушки светофильтра необходимо снять внутреннюю и внешнюю защитные пластины, затем протереть его чистой мягкой тканью, смоченной метиловым спиртом.

Покупая маску, обратите внимание и на крепления на корпусе маски. Они должны быть регулируемыми как по горизонтали, так и по вертикали. Сам корпус должен быть эргономичным и прочным. Его вес должен составлять от 350 до 450 г. Более легкие модели не защитят сварщика должным образом, а тяжелые будут чересчур давить на голову.

## Технология ручной дуговой сварки

### Выбор режимов сварки

Под режимом сварки понимают совокупность контролируемых параметров, определяющих условия сваривания металла. Такими параметрами являются сила сварочного тока, напряжение дуги, скорость сварки, род и полярность тока. Дополнительные параметры: положение шва в пространстве; число проходов; температура окружающей среды.

Силу сварочного тока устанавливают в зависимости от диаметра электрода, который, в свою очередь, выбирают в зависимости от толщины свариваемого изделия. На диаметр электрода влияют также тип сварного соединения, положение шва в пространстве, размеры детали, состав свариваемого металла. При сварке встык металла толщиной до 4 мм применяют электроды диаметром, равным толщине свариваемого металла. При сварке металла большой толщины применяют электроды #4–8 мм при условии обеспечения провара основного металла. В многослойных стыковых швах первый слой выполняют электродом #3–4 мм, последующие слои выполняют электродами большего диаметра.

Сварку в вертикальном положении проводят с применением электродов диаметром не более 5 мм. Потолочные швы выполняют электродами диаметром до 4 мм.

Ориентировочный расчет силы сварочного тока делают по следующим формулам:

- для электрода #3–6 мм сварочный ток  $I = (20 + 6d_3) \times d_3k$ ;
- для электрода #< 3 мм сварочный ток  $I = 30d_3k$ .

Коэффициент  $k$  при выполнении швов в нижнем положении принимают равным 1, вертикальных швов – 0,9, потолочных швов – 0,8. Сварку швов в вертикальном и потолочном положениях выполняют, как правило, электродами диаметром не более 4 мм. Ориентировочные данные режимов ручной дуговой сварки приведены в табл. 6 и 7.

При увеличении диаметра электрода и неизменном сварочном токе плотность тока уменьшается, что приводит к блужданию дуги, увеличению ширины шва и уменьшению глубины провара. Чем больше диаметр электрода, тем меньше допустимая плотность тока, так как ухудшаются условия охлаждения.

Напряжение дуги изменяется в сравнительно узких пределах (30–60 В) и зависит от ее длины. Оптимальная длина дуги  $l_d$  выбирается между минимальной и максимальной. Длинную дугу применять не рекомендуется. Минимальная длина дуги составляет  $l_d = 0,5d_3$ , максимальная  $l_d = 0,5d_3 + 1$ .

Скорость сварки подбирают так, чтобы сварочная ванна заполнялась электродным металлом и возвышалась над поверхностью кромок с плавным переходом к основному металлу без подрезов и наплывов.

Род и полярность тока выбирают в зависимости от способа сварки и свариваемых материалов. Прямую полярность («—» на электроде) используют при сварке с глубоким проплавлением основного металла; низко- и среднеуглеродистых и низколегированных сталей толщиной 5 мм и более электродами с фтористо-кальциевым покрытием (марок УОНИ-13/45, УОНИ-13/55 и др.); чугуна.

Обратную полярность («+» на электроде) используют при сварке с повышенной скоростью плавления электродов; низколегированных низкоуглеродистых сталей (типа 16Г2АФ); средне- и высоколегированных сталей и сплавов; тонкостенных листовых конструкций.

Переменный ток используют при сварке низкоуглеродистых и низколегированных сталей (типа 09ГС) в строительном-монтажных условиях электродами с рутиловым покрытием;

в случаях возникновения магнитного дутья; толстолистовых конструкций из низкоуглеродистых сталей.

При этом следует учитывать влияние силы сварочного тока, напряжения дуги и скорости сварки на форму и размеры шва. С увеличением сварочного тока глубина провара увеличивается, а ширина шва почти не изменяется.

С повышением напряжения ширина шва резко увеличивается, а глубина провара уменьшается. Это важно учитывать при сварке тонкого металла. Несколько уменьшается и выпуклость шва.

При одном и том же напряжении ширина шва при сварке на постоянном токе (особенно обратной полярности) значительно больше, чем ширина шва при сварке на переменном токе.

С увеличением скорости сварки сначала глубина провара возрастает (до 40–60 м/ч), а затем уменьшается. При этом ширина шва уменьшается постоянно. При скорости более 70–80 м/ч основной металл не успевает прогреться, и по обеим сторонам шва возможны подрезы.

## Техника выполнения сварных швов

Зажигать дугу можно двумя способами. Применение того или иного способа зажигания дуги (как, впрочем, и качество сварного шва) зависит от условий сварки и практических навыков сварщика.

При одном способе электрод приближают перпендикулярно к поверхности изделия до касания металла и быстро отводят вверх на необходимую длину дуги. Прикосновение электрода к изделию должно быть кратковременным, иначе он приварится к изделию («прилипнет»). Отрывать «прилипший» электрод следует резким поворачиванием его вправо и влево.

При другом способе электродом вскользь «чиркают», как спичкой, по поверхности металла. Чиркать надо в направлении сварки, чтобы не оставлять лишних следов. Если электрод «прилип», скорее всего, его обмазка повреждена. В этом случае надо сжечь выступающий из-под обмазки край электрода.

После возбуждения дуги электрод должен выдерживаться некоторое время в точке начала наплавки, пока не сформируется сварной шов и не произойдет расплавление основного металла. Сварочная ванна сначала будет маленькой, потом становится больше. В таком состоянии ее и надо удерживать. При этом не надо прямо смотреть на слепящую дугу. Сфокусируйтесь на зоне дальше дымящихся искр, на расплавленной ванне за электродом.

Очень важно научиться удерживать постоянную длину дуги, т. е. зазор между концом электрода и основным металлом во время продвижения по шву. Длина дуги значительно влияет на качество сварки и зависит от марки и диаметра электрода, пространственного положения сварки, разделки свариваемых кромок и т. п. Нормальной длиной дуги считается в пределах 0,5–1,1 диаметра электрода. Показателями оптимальной длины дуги является резкий потрескивающий звук, ровный перенос капель металла через дуговой промежуток, малое разбрызгивание.

**Короткая дуга** горит устойчиво и спокойно. Она обеспечивает получение высококачественного шва, так как расплавленный металл электрода быстро проходит дуговой промежуток и меньше подвергается окислению и азотированию. При использовании тонкообмазанных электродов короткая дуга обеспечивает наилучшее качество сварки. Но слишком короткая дуга может вызывать «прилипание» электрода, дуга прерывается, нарушается процесс сварки.

**Длинная дуга** горит неустойчиво с характерным шипением. Глубина проплавления недостаточная, расплавленный металл электрода разбрызгивается и больше окисляется и

азотируется. Шов получается бесформенным, а металл шва содержит большое количество оксидов.



Чем лучше вы управляете длиной дуги, тем лучше будете варить. Помните, что интенсивная дуга отталкивает ванну и глубоко прогревает металл. При сварке надо следить, чтобы шов был на уровне свариваемой поверхности.

Выбор длины дуги зависит от типа электрода и положения в пространстве изделия при сварке. При использовании тонкообмазанных электродов длина дуги должна быть минимально короткой, не более диаметра электрода. При шлакообразующих или газообразующих электродах длина дуги может быть от 3 до 5 мм.

В зависимости от длины дуги меняется и напряжение в дуге. При длине дуги до 1,5 мм оно составляет 15–18 В, при длине дуги от 3 до 5 мм – до 22 В и даже 40 В.

Выбирая ту или иную длину дуги, приходится учитывать положение свариваемого изделия. Вертикальная и потолочная сварки требуют более короткой дуги, чем при положении изделия, требующем нижней сварки.

В процессе сварки электрод постоянно находится в движении. Сварщик сообщает ему следующие движения (рис. 22, а):

1 – поступательное по оси электрода в сторону сварочной ванны (вследствие расплавления электрода), при этом для сохранения постоянства длины дуги скорость движения должна соответствовать скорости плавления электрода;

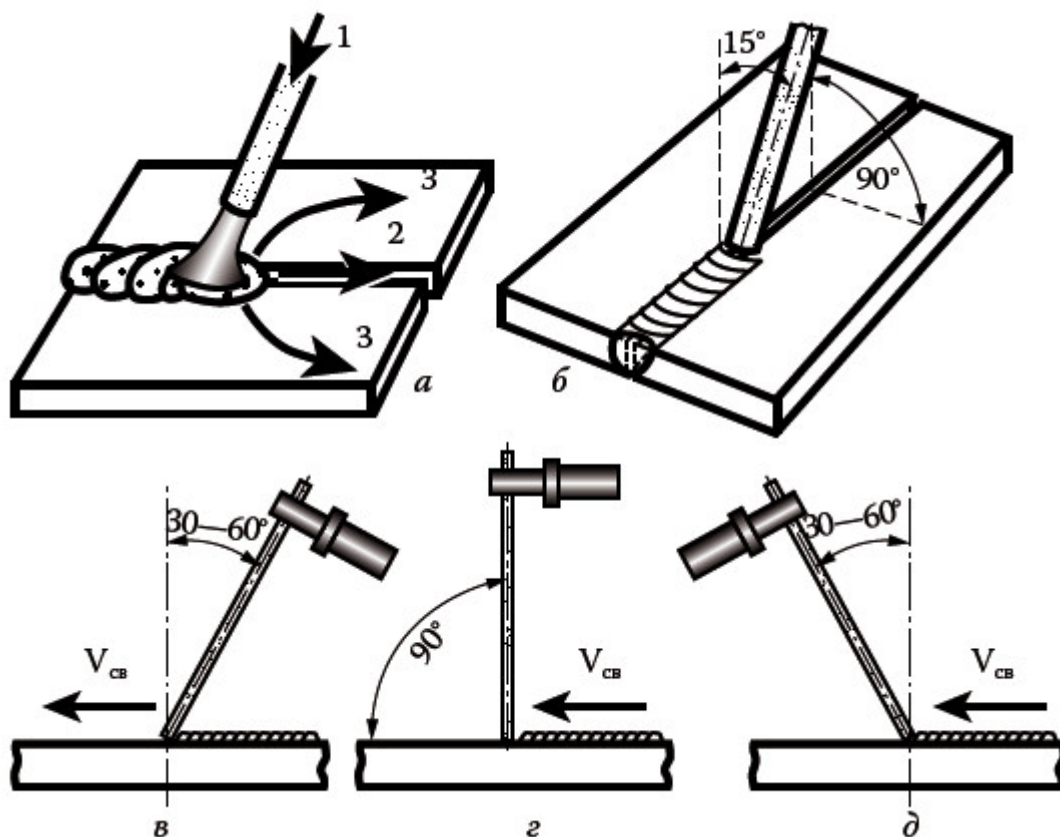


Рис. 22. Перемещения электрода при сварке:  
а — направления движения; б — угол наклона в горизонтальной и вертикальной плоскости; в — сварка «углом вперед»; г — сварка под прямым углом; д — сварка «углом назад»

2 — перемещение вдоль линии свариваемого шва, которое называют скоростью сварки; скорость этого движения устанавливается в зависимости от тока, диаметра электрода, скорости его плавления, вида шва и других факторов;

3 — перемещение электрода поперек шва для получения так называемого уширенного валика — шва шире, чем ниточный сварной валик, получаемый при прямолинейном движении. Этими движениями за один проход получают шов шириной до четырех диаметров электрода.



Сварной шов, образованный в результате двух движений торца электрода — поступательного и вдоль линии шва, называют «ниточным». Его ширина при оптимальной скорости сварки составляет  $(0,8-1,5)d_э$ . Ниточным швом заполняют корень шва при многослойной сварке, сваривают тонкие заготовки, выполняют наплавочные работы и производят подварку подрезов.

Задача сварочного процесса — прогреть основной металл до расплавления, формируя сварочную ванну. Если ток мал, то металл не прогреется должным образом и сварочная ванна будет «бегать» за электродом. Если тока много, то основной металл будет слишком горячим, дуга будет прожигать металл, отталкивая его назад. Когда ток нормальный, ванна растека-

ется по поверхности, ее внешние края тонкие. Движением электрода можно расширять и передвигать ванну.

В зависимости от ситуации установки тока могут меняться. Толстый металл рассеивает тепло, поэтому нужен больший ток. Тонкий металл расплавится быстро, поэтому тока надо меньше. Точные установки тока зависят от поведения ванны, а начинать надо с рекомендованных установок.

Но не бойтесь увеличивать или уменьшать ток. Огромное значение для качества шва имеет скорость перемещения дуги. Сварка зависит от температуры основного металла, поэтому нельзя говорить о токе без учета скорости сварки. Двигаем электрод быстрее – меньше тепла поступает в основной металл. Если двигать электрод слишком быстро, металл не будет прогрет, шов будет непроплавленным, узким, с малой выпуклостью, с крупными чешуйками наверху. Если двигаемся слишком медленно, тепла поступает больше, металл слишком сильно прогревается, ванна расплывается и становится трудно управляемой. Сварной валик становится слишком выпуклым, шов – неровным по форме, с наплывами по краям. Вследствие чрезмерно большого ввода теплоты дуги в основной металл часто образуется прожог, и расплавленный металл вытекает из сварочной ванны. В некоторых случаях, например при сварке на спуск, образование под дугой жидкой прослойки из расплавленного электродного металла повышенной толщины, наоборот, может привести к образованию непроваров.

На тонком металле глубокий провар тем более не нужен. Чем тоньше металл, тем быстрее надо двигаться. Можно применить такую технику: расплавить основной металл, затем длинной дугой охладить его и плавить снова. Этот метод можно использовать и для заполнения зазоров в плохо подогнанных соединениях. Двигайте электрод в глубь зазора, потом отводите, чтобы остудить ванну, и так постепенно заполняйте шов. Это же движение используется и при заполнении многослойного шва.

Когда скорость перемещения соответствует току, ванна растекается, но остается управляемой, ее края тонкие и шов одинаковой толщины. Когда вы научитесь хорошо управлять электродом, то сможете поставить чуть больший ток и увеличить скорость сварки. Большой ток обеспечит лучшее проплавление и более гладкий шов в итоге, но контролировать ванну при этом труднее.

Сварка осуществляется в направлении как слева направо, так и справа налево, от себя и на себя. При этом положение электрода может быть «углом вперед», «углом назад» и «под прямым углом» (рис. 22, в – д). Конечно, у каждого сварщика есть излюбленная манера держать электрод, к которой он привык и использует в большинстве случаев. Но как правило, положение «углом вперед» используется чаще всего для сварки горизонтальных, вертикальных, потолочных швов, сварки неповоротных стыков труб и т. д. При сварке таким методом уменьшается глубина провара и высота выпуклости шва, но заметно возрастает его ширина, что позволяет сваривать металл небольшой толщины. Лучше проплавляются кромки, поэтому возможна сварка на повышенных скоростях.

Под прямым углом электрод держат обычно при необходимости варить в труднодоступных местах, а также при потолочной сварке.

Сварка «углом назад» предпочтительна при работе с угловыми и стыковыми соединениями. Она позволяет увеличить глубину провара и высоту выпуклости, но при том уменьшается ширина шва. Прогрев кромок недостаточен, поэтому возможны несплавления и образование пор.

Кроме движений вдоль и в глубь шва перемещать электрод приходится чаще всего и поперек шва. Глубина проплавления основного металла и формирование шва главным образом зависят от вида этих поперечных колебаний, которые обычно совершают с постоянными частотой и амплитудой относительно оси шва (рис. 23). Траектория движения конца элект-

трода зависит от пространственного положения сварки, разделки кромок и навыков сварщика. При сварке с поперечными колебаниями получают уширенный валик, а форма проплавления зависит от траектории поперечных колебаний конца электрода, т. е. от условий ввода теплоты дуги в основной металл.

Зигзагообразные прямые движения по ломаной линии (рис. 23, а, к) применяют для получения наплавочных валиков при сварке встык без скоса кромок в нижнем положении и если нет вероятности прожечь деталь. Чтобы не произошло прогара, смотрите на верхний край сварочной ванны каждый раз, когда меняете направление.

Движения полумесяцем вперед (рис. 23, б) применяют для стыковых швов со скосом кромок и для угловых швов с катетом менее 6 мм, выполняемых в любом положении электродами диаметром до 4 мм.

Такие же движения полумесяцем назад используют для сварки в нижнем положении, а также для вертикальных и потолочных швов с выпуклой наружной поверхностью. При необходимости усилить прогрев свариваемых кромок на краях зигзагов электрод слегка придерживают (рис. 23, в).

Движения треугольником (рис. 23, д) применяют для угловых швов с катетом более 6 мм и стыковых швов со скосом кромок в любом пространственном положении. Дает хороший провар корня шва. Для сварки толстостенных конструкций с гарантированным проплавлением корневого участка в корне шва электрод задерживают.

Петлеобразные и круговые движения (рис. 23, е – и, л) используют для усиленного прогревания кромок шва, особенно при сварке высоколегированных сталей. Электрод задерживают на краях, чтобы не было прожога в центре шва или вытекания металла при сварке вертикальных швов. Во время круговых движений при поперечном перемещении электрода смотрите вверх «мостика» – границы ванны и шлака, потом на другую сторону и распределяйте ванну по кругу.

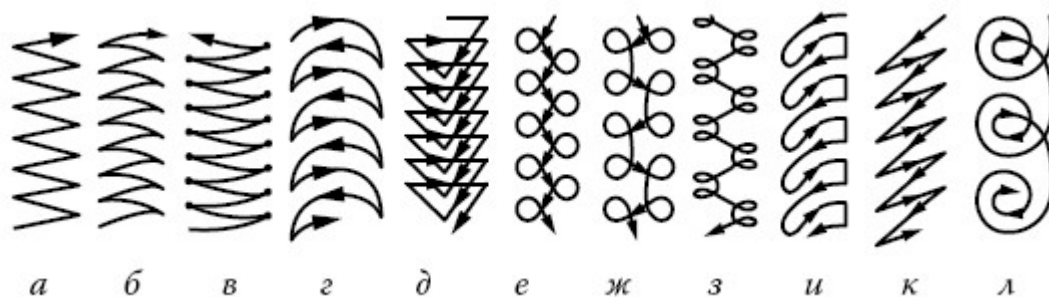


Рис. 23. Основные виды траекторий поперечных движений рабочего конца электрода при слабом (а – б), усиленном (в – з) прогреве свариваемых кромок; усиленном прогреве одной кромки (и – к); прогреве корня шва (л)

Нужно понимать, что расплавленная ванна следует за теплом. Когда вы передвигаете электрод вдоль линии сварки, присадочный металл электрода движется позади. Если металла вокруг недостаточно, вы оставляете подрезы. Подрез – это пустое место – канавка на краю шва ниже уровня металла (см. рис. 8, в). Чтобы избежать этого, надо контролировать границы ванны, утоньшая ее на поверхности.

Манипулировать ванной позволяет сила сварочной дуги. Когда электрод стоит вертикально, дуга давит на ванну вниз. Это приводит к глубокому проплавлению основного металла и равномерно распространяет ванну вокруг кратера. Чем ближе к перпендикулярю по отношению к поверхности металла расположен электрод, тем менее выпуклым будет шов



(рис. 24, а). Наклоняя электрод, мы отталкиваем ванну, а шов начнет подниматься – всплывать. Чем больше мы наклоняем электрод, тем шов выпуклее (рис. 24, б).

Но здесь следует быть осторожным: если наклон слишком велик, дуга будет давить в направлении шва, делая ванну трудно управляемой. Поэтому используются разные углы наклона электрода.

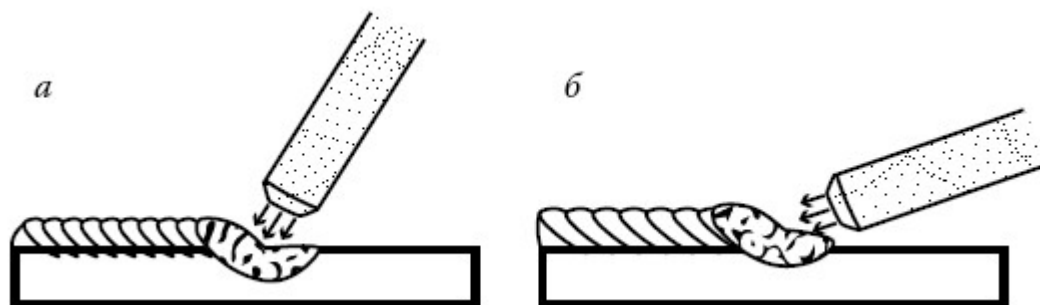


Рис. 24. Манипулирование сварочной ванной с помощью силы дуги:  
а – глубокое проплавление металла; б – «всплывание» шва



Начинать сварку лучше всего при наклоне электрода от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ . С таким углом работать удобнее, хорошо видна сварочная ванна.

Завершая шов, следует правильно заваривать кратер. Кратер является зоной с наибольшим количеством вредных примесей ввиду повышенной скорости кристаллизации металла, поэтому в нем наиболее вероятно образование трещин. Поэтому по окончании сварки не следует обрывать дугу, резко отводя электрод от изделия. Необходимо прекратить все перемещения электрода и медленно удлинять дугу до обрыва; расплавляющийся при этом электродный металл заполнит кратер. Другой метод: в конце шва прекратить перемещение электрода, задержав его на 1–2 с, чтобы заполнить кратер, затем сместиться по шву назад примерно на 5 мм и быстрым движением вверх и назад оборвать дугу.

При случайных обрывах дуги или при смене электродов применяют специальную технику повторного зажигания дуги, обеспечивающую начало сварки с хорошим сплавлением и внешним видом. В таких случаях дуга должна возбуждаться на передней кромке кратера, затем через весь кратер ее переводят на противоположную кромку, на только что наплавленный металл, и после этого снова вперед, в направлении проводившейся сварки. Если электрод при повторном зажигании дуги не будет достаточно далеко отведен назад, между участками начала и конца сварки останется углубление. Если же при повторном зажигании электрод отвести слишком далеко назад, то на поверхности сварного валика образуется высокий наплыв.

Не рекомендуется заваривать кратер, несколько раз обрывая и возбуждая дугу, ввиду образования оксидных и шлаковых загрязнений металла.

## Сварка металла малой толщины

Сварка листовой стали малой толщины (0,5–2,0 мм) связана с определенными трудностями. Тонкий металл легко прожигают дугой, а прожоги трудно поддаются заправке. Опа-

саясь этого, сварщик иногда недостаточно проплавляет кромки листов, накладывая валик на нерасплавленные кромки. В этом случае возникают непровары и неплотности.

При сварке тонколистовой стали рекомендуется:

- специально подготавливать кромки;
- применять временные или остающиеся подкладки;
- уменьшать величину сварочного тока;
- использовать специальные электроды;
- применять специальные источники питания.

Стыковые соединения выполняют с закладкой между кромками прутка или полосы.

Сварку ведут так, чтобы дуга горела только на прутке или полоске, при этом кромки основного металла оплавляют косвенным теплом дуги.

При сварке на подкладках листы собирают встык без зазора и сварку ведут без колебательных движений электрода. Сварку стыковых соединений тонколистовой стали лучше выполнять не в нижнем, а в вертикальном положении – сверху вниз. Для очень тонких листов (0,5 мм) применяют нахлесточные соединения, сварку ведут на подкладке с проплавлением верхнего листа.

В качестве остающихся подкладок используют стальные полосы, в качестве временных – медные полосы.

Величина тока принимается в пределах 40–80 А, в зависимости от диаметра электрода. При выполнении нахлесточных соединений со сквозным проплавлением верхнего листа величина тока устанавливается на 10–15 % больше, чем при выполнении стыковых соединений.

Для сварки тонколистовой стали применяют электроды #1,6–2,5 мм с тонким или средним по толщине слоем покрытия.

Источники питания, используемые для сварки тонколистовой стали, должны иметь повышенную величину напряжения холостого хода (80–90 В) и плавную регулировку сварочного тока с малым нижним пределом порядка 40 А.

## Техника сварки в нижнем положении

Это положение позволяет получать сварные швы наиболее высокого качества, так как облегчает условия выделения неметаллических включений, газов из расплавленного металла сварочной ванны. Наиболее благоприятны и условия формирования металла шва, так как расплавленный металл сварочной ванны удерживают от вытекания нерасплавившиеся кромки.

Стыковые швы сваривают без разделки кромок или с V-, X- и U-образным скосом. Стыковые швы без разделки кромок в зависимости от толщины сваривают с одной или двух сторон. Необходимо тщательно следить за равномерным расплавлением обеих свариваемых кромок по всей их толщине, и особенно стыка между ними в нижней части (корне шва).

**Однопроходную сварку с V-образной разделкой кромок** обычно выполняют с поперечными колебаниями электрода на всю ширину, чтобы дуга выходила со скоса кромок на необработанную поверхность металла. Однако в этом случае очень трудно обеспечить равномерный провар корня шва по всей его длине, особенно при изменении величины притупления кромок и зазора между ними.

При сварке такого шва за несколько проходов обеспечить хороший провар первого слоя в корне разделки гораздо легче. Для этого обычно применяют электроды диаметром 3–4 мм и сварку ведут без поперечных колебаний. Последующие слои выполняют в зависимости от толщины металла электродом большего диаметра с поперечными колебаниями. Для обеспе-

чения хорошего провара между слоями предыдущие швы и кромки следует тщательно очищать от шлака и брызг металла.



Для зачистки шва от шлака удобно применять специальный инструмент – металлическую щетку, оснащенную маленьким молоточком для сбивания шлаковых наслоений.

Заполнять разделку кромок можно швами с шириной на всю разделку или отдельными валиками (рис. 25). Однослойный однопроходный шов выполняется за один проход («напроход»). При сварке металла большой толщины шов выполняют слоями, каждый из которых накладывают за один проход (многослойный) или за несколько проходов (многослойный многопроходный). В многопроходных швах последний валик (поз. 11 на рис. 25, д) для улучшения внешнего вида иногда можно выполнять на всю ширину разделки (декоративный слой).

Сварка за один проход предпочтительнее при ширине шва не более 14–16 мм, так как дает меньше остаточных деформаций. При толщине металла более 15 мм сварка каждого слоя напроход нежелательна. Первый слой успевает остыть, и в нем возникают трещины. Для равномерного прогрева металла по всей длине швы накладывают двойным слоем («горкой»), каскадом или блоками.

**При каскадном способе заполнения шва двойным слоем** второй слой накладывают по неостывшему первому после удаления сварочного шлака в противоположном направлении на длине 200–400 мм.

Сварка «горкой» – разновидность каскадного метода. Ее ведут два сварщика одновременно от середины к краям. Оба метода – это обратноступенчатая сварка не только по длине, но и по сечению шва, причем зона сварки всегда остается горячей.

**При сварке блоками** шов заполняют отдельными ступенями по всей высоте сечения шва. Этот метод применяют при соединении деталей из сталей, закаливающихся при сварке.

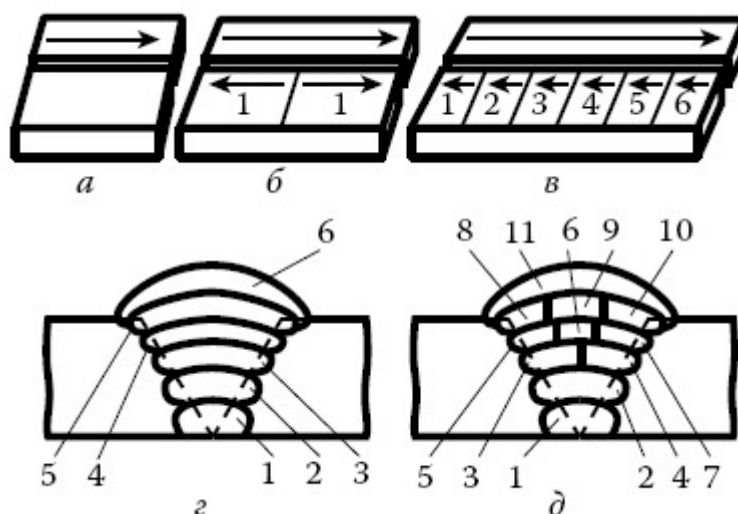


Рис. 25. Способы выполнения швов различной длины:

а – «напроход»; б – от середины к краям; в – обратноступенчатый; поперечные сечения многослойных (г) и многопроходных (д) стыковых швов

Нумерация соответствует порядку выполнения швов.

Швы с X- или U-образным скосом кромок по сравнению с V-образным имеют преимущества: в 1,6–1,7 раза уменьшаются объем наплавленного металла и угловые деформации, улучшается провар корня шва. Сварку этих швов выполняют так же, как и с V-образной разделкой, но для уменьшения остаточных деформаций и напряжений желательно накладывать каждый валик или слой попеременно с каждой стороны.

**При сварке на весу** наиболее трудно обеспечить провар корня шва и формирование хорошего обратного валика по всей длине стыка. В этом отношении более благоприятна сварка на плотно прижатой съемной медной или остающейся стальной подкладке. Последние увеличивают расход металла и не всегда технологичны. В медной подкладке для формирования обратного валика делают формирующую канавку, но могут возникнуть трудности точной установки кромок вдоль формирующей канавки.

Если с обратной стороны возможен подход к корню шва и допустима выпуклость обратной стороны шва, целесообразна подварка корня швом небольшого сечения с последующей укладкой основного шва. В некоторых случаях при образовании непроваров в корне шва после сварки основного шва дефект в корне разделяют газовой, воздушно-дуговой строжкой или механическими методами (рис. 26, д) с последующим выполнением подварочного шва.

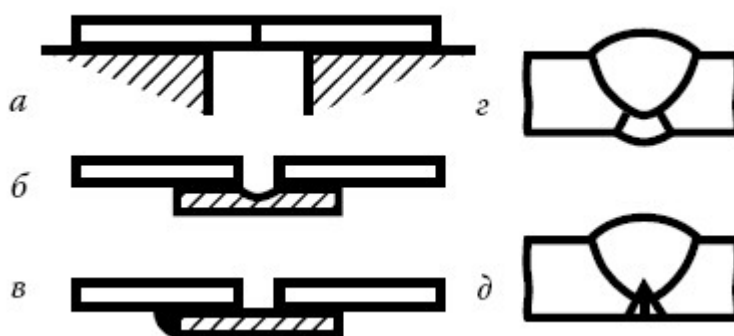


Рис. 26. Схема сварки стыковых швов:

а – на весу; б – на медной съемной подкладке; в – на остающейся стальной подкладке; г – с предварительным подварочным швом; д – удаление непровара в корне шва для последующей подварки

Сварку угловых швов в нижнем положении можно выполнять двумя приемами. Сварка вертикальным электродом «в лодочку» (рис. 27, а) обеспечивает наиболее благоприятные условия для провара корня шва и его формирования. По существу, этот прием напоминает сварку стыковых швов с V-образной разделкой кромок, так как шов формируется между свариваемыми поверхностями. Однако при этом способе требуется тщательная сборка соединения под сварку с минимальным зазором в стыке для предупреждения вытекания в него расплавленного металла.



При наложении угловых швов наклонным электродом, в том числе «в лодочку», сварку лучше вести углом назад. Во избежание непровара и подрезов кромок сварку «в лодочку» лучше выполнять методом опирания электродного покрытия на кромки.

При сварке наклонным электродом (рис. 27, б – г) трудно обеспечить провар шва по нижней плоскости ввиду натекания на нее расплавленного металла и предупредить подрез на вертикальной плоскости из-за стекания расплавленного металла. Поэтому таким способом обычно сваривают швы с катетом до 6–8 мм. При сварке угловых швов наклонным электродом трудно также обеспечить глубокий провар в корне шва, поэтому в односторонних или двусторонних швах без разделки кромок может образоваться непровар, который под нагрузкой послужит началом развития трещин. Для предупреждения этого в ответственных соединениях при толщине металла 4 мм и более необходима односторонняя, а при толщине 12 мм и более – двусторонняя разделка кромок.

Тавровые и угловые швы без скоса кромок с катетами более 10 мм выполняют в один слой поперечными движениями электрода треугольником с задержкой в корне шва. Дугу при этом возбуждают на горизонтальной полке, а не на вертикальной, чтобы избежать натекания металла.

При сварке наклонным электродом многопроходных швов первым выполняют шов на горизонтальной плоскости. Формирование последующего валика происходит с частичным удержанием расплавленного металла сварочной ванны нижележащим валиком.

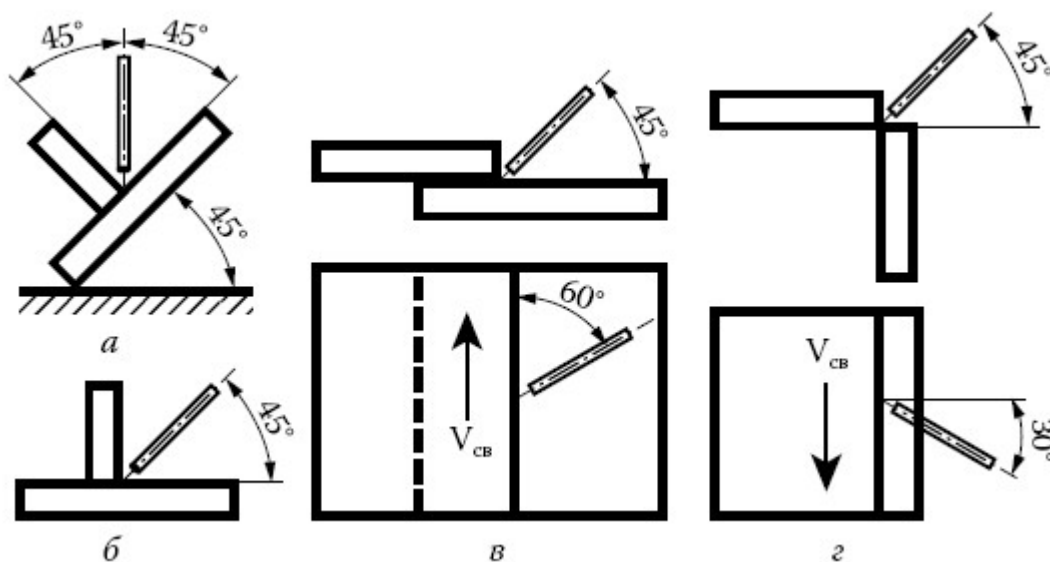


Рис. 27. Положение электрода и изделия при сварке:

а – в лодочку; б – таврового соединения; в – внахлестку; г – углового соединения

## Техника сварки на горизонтальной и потолочной плоскостях

Сварка швов в положениях, отличающихся от нижнего, требует повышенной квалификации сварщика в связи с возможным вытеканием расплавленного металла из сварочной ванны под действием сил тяжести или падением капель электродного металла мимо сварочной ванны. Здесь сварку следует вести по возможности наиболее короткой дугой, в большинстве случаев с поперечными колебаниями.

Расплавленный металл в сварочной ванне от вытекания удерживается в основном силой поверхностного натяжения. Поэтому необходимо уменьшать ее размер, для чего применяют пониженную на 10–20 % силу тока, а конец электрода периодически отводят в сторону от ванны, давая ей возможность частично закристаллизоваться. Ширину валиков также уменьшают до 2–3 диаметров электрода. Для вертикальных и горизонтальных швов диаметр электрода не более 5 мм, для потолочных – не более 4 мм.

Сварку вертикальных швов можно выполнять на подъем – снизу вверх или на спуск – сверху вниз.

**Сварка на подъем** (рис. 28, а) — наиболее удобный и производительный способ, поскольку нижележащий закристаллизовавшийся металл шва помогает удержать расплавленный металл сварочной ванны. Облегчается возможность провара корня шва и кромок, так как расплавленный металл стекает с них в сварочную ванну, улучшая условия теплопередачи от дуги к основному металлу.

Дугу возбуждают в нижней точке шва. Сваркой подготавливают горизонтальную площадку сечением, равным сечению шва. При этом электрод совершает поперечные колебания: зигзагом, полумесяцем, «елочкой». Наклоном электрода добивайтесь, чтобы давление дуги удерживало ванну. Надо двигаться довольно быстро. Как только ванна начинает течь с одного края, переходите на другую сторону и вверх. Если свариваемый металл будет слишком горячим, ванна может выпасть или вы рискуете его прожечь. Подбирайте ток и скорость движения такими, чтобы вы могли удерживать ванну. Не останавливайтесь и не перегревайте основной металл – это главная причина выпадения ванны. Смотрите при этом на шов под электродом.

Для сварки углового вертикального шва вначале наплавляют полочку на свариваемые кромки, а затем небольшими порциями наплавляют металл, манипулируя электродом все выше и оставляя внизу готовый сварной шов. При проходе «елочкой» электрод вначале поднимают вверх вправо, а затем опускают вниз. Капля жидкого металла застывает между кромками. Затем электрод поднимают влево и снова опускают вниз, оставляя новую порцию металла.

Наибольший провар достигается при положении электрода, перпендикулярном вертикальной оси. Стеkanie расплавленного металла предотвращают наклоном электрода вниз.

Минусом данного способа является внешний вид шва – грубочешуйчатый.

**Способ сверху вниз** (рис. 28, б) рекомендуется в основном для сварки тонких (до 5 мм) листов с разделкой кромок. Используются электроды с целлюлозным покрытием (ОЗС-9, АНО-9, ВСЦ-2, ВСЦ-3). Дугу возбуждают в верхней точке шва. После образования капли жидкого металла электрод наклоняют так, чтобы дуга была направлена на нее.

При сварке на спуск получить качественный провар трудно: шлак и расплавленный металл подтекают под дугу и от дальнейшего стекания удерживаются только силами давления дуги и поверхностного натяжения. В некоторых случаях их оказывается недостаточно, и расплавленный металл вытекает из сварочной ванны. Поэтому держите кончик электрода приподнятым, чтобы давление дуги толкало ванну вверх. Работайте круговыми движениями.

ями, удерживая зазор и расширяя ванну в стороны. Надо все время держаться впереди ванны. Если ванна будет падать, попытайтесь двигаться быстрее и ставьте немного больший ток сварки.

**Сварка горизонтальных стыковых швов** (рис. 28, в) еще более затруднена из-за стекания расплавленного металла из сварочной ванны на нижнюю кромку. В результате возможно образование подреза по верхней кромке. При сварке металла большой толщины обычно делают скос только одной верхней кромки, нижняя помогает удерживать расплавленный металл в сварочной ванне.

Обычно горизонтали варят слева направо, чтобы ванна была лучше видна. В перпендикулярной плоскости электрод следует держать немного назад на шов. Дугу возбуждают на нижней горизонтальной кромке, затем переводят электрод на верхнюю. Шов проваривают, совершая спиральные движения. Поддерживая постоянную длину дуги, постепенно продвигайте ванну. Но каждый раз, когда электрод опускается, расплавленный металл ванны следует за ним. Чтобы ванна не падала, толкайте ее вверх, приподнимая конец электрода. Но если держать его слишком наклоненным, давление дуги вытолкнет ванну и получится наплыв. Если ванна все равно уходит вниз, попробуйте двигаться быстрее, остужая металл.

Шлак будет опускаться к низу ванны, поэтому смотрите преимущественно на верхнюю часть ванны. Но и вниз поглядывать следует, чтобы избежать наплывов.

Когда учитеесь варить горизонтали, старайтесь не наплавлять слишком много металла, делайте шов небольшим. Если нужен более широкий шов, сделайте второй проход над первым.

Сварка горизонтальных угловых швов в нахлесточных соединениях несложна, так как по технике не отличается от сварки в нижнем положении.

**Сварка в потолочном положении** (рис. 28, г) наиболее сложна, и ее по возможности следует избегать. К тому же при сварке этих швов ухудшены условия выделения из расплавленного металла сварочной ванны шлаков и газов. Газы, выделяемые покрытием электрода, тоже поднимаются вверх и могут остаться в шве, поэтому используют только хорошо просушенные электроды.

Узкие валики накладывают в потолочную разделку тремя способами.

1. Сварку выполняют периодическими короткими замыканиями конца электрода на сварочную ванну, во время которых металл частично кристаллизуется, что уменьшает объем ванны. В то же время расплавленный электродный металл вносится в сварочную ванну. Для этого электрод располагают под углом  $90\text{—}130^\circ$  к плоскости, подводят к изделию и зажигают дугу. После образования маленькой порции расплавленного металла электрод отводят на 5—10 мм от потолочной плоскости и тут же возвращают, перекрывая закристаллизовавшуюся порцию металла расплавленным примерно на  $1/2\text{—}1/3$  ее длины.

2. Электрод располагают под тем же углом и, совершая поперечные движения электродом в виде полумесяца, непрерывно заходят электродом на закристаллизовавшуюся часть металла.

3. Концом электрода сварщик непрерывно возвращается назад, на кристаллизирующуюся часть металла, постоянно удлиняя валик шва.

При сварке потолочных и горизонтальных швов жидкий металл стремится вытечь из ванны. Поэтому сварку ведут короткой дугой, удерживая постоянную скорость движения. Сварочный ток уменьшают на 15–20 % по сравнению со сваркой в нижнем положении. Металл толщиной более 8 мм сваривают многопроходными швами.

Техника сварки пробочных и прорезных соединений практически не отличается от рассмотренной выше техники сварки стыковых или угловых швов.

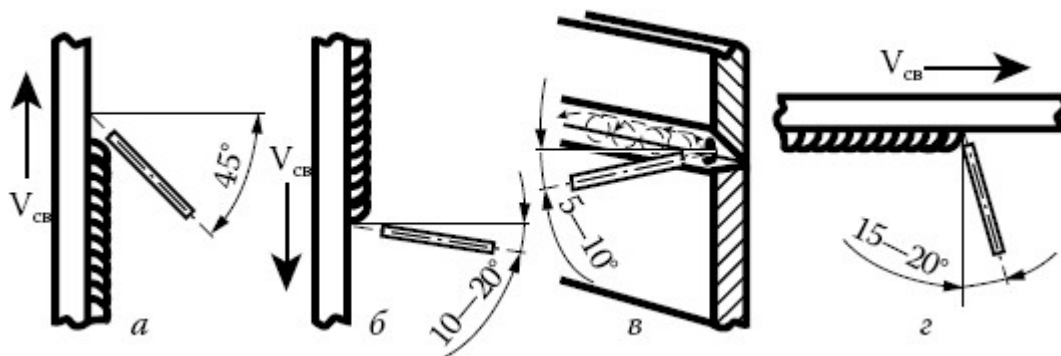


Рис. 28. Положение электрода при сварке швов:

а – вертикальных снизу вверх; б – вертикальных сверху вниз; в – горизонтальных; г – потолочных

В зависимости от протяженности шва, толщины и марки металла, жесткости конструкции применяют различные приемы последовательности сварки швов и заполнения разделки.

**Сварку напроход** – от начала до конца шва – обычно применяют при сварке коротких швов (до 500 мм). Швы длиной до 1000 мм лучше сваривать от середины к концам или обратноступенчатым способом. При последнем способе весь шов разбивают на участки до 150–200 мм, которые должны быть кратны длине участка, наплавляемого одним электродом. После того как участок закончен, переходят к следующему, причем направление сварки для всех участков одно и то же, т. е. начало завершенного участка будет для следующего точкой завершения.



Закончив проход, осмотрите каждый сделанный шов. Если что-то не получилось – делайте снова. Если совсем не получается, попробуйте варить что-нибудь другое. Красивый ровный шов придет с практикой. Тренируйтесь на разных электродах и поверхностях и помните: каждый раз надо стараться сделать качественный шов.

## Особенности сварки различных материалов

### *Сварка сталей*

**Сварка низкоуглеродистых и низколегированных сталей.** Низкоуглеродистые стали ( $C < 0,25\%$ ) хорошо свариваются, а сварные соединения легко обрабатываются режущим инструментом. Сварку ведут электродами типа Э42 и Э46. В большинстве случаев не требуются специальные меры, направленные на предотвращение образования закалочных структур. Однако при сварке угловых швов на толстом металле и первого слоя многослойного шва для повышения стойкости металла к кристаллизационным трещинам может потребоваться предварительный подогрев до температуры 120–150 °С.

Для сварки рядовых конструкций из низколегированных сталей обычно применяют электроды типа Э42А, а ответственных – типа Э50А, что обеспечивает получение металла с достаточной стойкостью к кристаллизационным трещинам и требуемыми прочностными и пластическими свойствами.



Распространенные стали типа 15ХСНД при сварке склонны к образованию закалочных структур. Для предупреждения перегрева и закалывания рекомендуется многослойная сварка с большим интервалом времени между наложениями слоев. Дуговую сварку металла толщиной 2 мм и более выполняют электродами УОНИ-13/45, УОНИ-13/65 на постоянном токе обратной полярности. Для изделий толщиной более 15 мм после сварки необходима термообработка – высокотемпературный отпуск (550–650 °С)<sup>17</sup>.

**Хромокремнемарганцовистые стали.** Среднелегированные конструкционные стали повышенной прочности 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГСА и 35ХГСА при сварке образуют закалочные структуры. В зависимости от толщины металла применяют однослойную и многослойную сварку с малыми интервалами времени между наложениями слоев. Для сварки применяют электроды со стержнями Св-18ХГС, Св-18ХМА или низкоуглеродистую проволоку Св-08А с покрытием типа НИАТ-3М, ЦЛ-18-63, ЦЛ-30-63, ЦЛ-14, УОНИ-13/85. Изделия, сваренные из стали 25ХГСА, нагревают до температуры 650–880 °С<sup>18</sup> с выдержкой в течение 1 ч на каждые 25 мм толщины и охлаждают на воздухе или в горячей воде.

Сварка углеродистых сталей. К углеродистым сталям относятся среднеуглеродистые стали с содержанием 0,3–0,5 % С и высокоуглеродистые с С = 0,5–1 %.

При сварке среднеуглеродистых сталей возможно образование трещин как в основном, так и в наплавленном металле. Для получения качественных соединений перед сваркой необходим подогрев изделия до 200–350 °С. После сварки изделие вновь помещают в печь, нагревают его до 675–700 °С, медленно охлаждают вместе с печью до 100–150 °С. Дальнейшее охлаждение изделия возможно на воздухе. Электроды применяют марок УОНИ-13/55, УОНИ-13/65, УП-1/45, ОЗС-2, УП-2/45, ВСП-1, МР-1, ОЗС-4 и др. Сварку электродами УОНИ-13/55, ОЗС-2, ВСП-3 можно выполнять только на постоянном токе обратной полярности. Применение электродов ВСП-1, МГ-1, ОЗС-4 позволяет использовать любой род тока. Перед сваркой электроды необходимо просушить при температуре 150–200 °С.

Технология сварки высокоуглеродистых сталей обязательно предусматривает предварительный подогрев до 350–400 °С, иногда сопутствующий подогрев и последующую термообработку. Сварку выполняют узкими валиками небольшими участками. Сварка при температуре окружающей среды ниже +5 °С и на сквозняках недопустима.

**Сварка высоколегированных сталей.** Высоколегированными называют стали на основе железа, легированные одним или несколькими элементами в количестве 5–55 %. Эти стали имеют высокие прочность, вязкость и пластичность. При сварке необходимо учитывать их пониженную электропроводимость и теплопроводность, что ведет к значительным короблениям, а также к межкристаллитной коррозии. Сварку выполняют электродами ЗИО-3, ОЗЛ-8, ЦЛ-11, ЦТ-1 и др. на постоянном токе обратной полярности с применением медных подкладок или ускоренного охлаждения швов водой или сжатым воздухом. Для снятия напряжений после сварки стали подвергают отпуску при 650 °С.

Хромистые стали 40Х9С2, 15Х5М, 10Х5МФ, 12Х13, 15Х28, 15Х18С10 хорошо сопротивляются окислению при высоких температурах и стойки к агрессивной среде, но склонны к закалке на воздухе и росту зерен в зоне термического влияния. Их сварку необходимо выполнять с предварительным подогревом до 200–400 °С. После сварки изделие охлаждают на воздухе до 150–200 °С, а затем подвергают высокому отпуску – нагреву в печи до 720–750 °С с выдержкой в течение 5 мин на 1 мм толщины металла, но не менее 1 ч, с последующим медленным охлаждением на спокойном воздухе. Закалку проверяют с помощью магнита (закаленная сталь немагнитна).

<sup>17</sup> Температуру разогрева стальной закаленной детали при отпуске можно определить по изменению цвета оксидной пленки (цвету побежалости). Данные приведены в табл. 8.

<sup>18</sup> Температуру раскаленной детали можно определить по свечению металла. Данные приведены в табл. 9.

Режимы сварки высоколегированных сталей и сплавов аустенитными электродами назначают с таким расчетом, чтобы отношение силы тока к диаметру электрода не превышало 25–30 А/мм. При сварке аустенитными электродами в вертикальном или потолочном положении силу тока уменьшают на 10–30 % по сравнению со сваркой в нижнем положении. Electroды перед сваркой во избежание образования пор в металле шва прокаливают при температуре 250–400 °С в течение 1–1,5 ч.

### **Сварка чугуна**

Чугун относится к группе материалов, обладающих плохой технологической свариваемостью в связи с высокой склонностью к отбеливанию, т. е. появлению участков с выделениями цементита той или иной формы, и образованию трещин в шве и околошовной зоне. Кроме того, интенсивное газовыделение из сварочной ванны, которое продолжается и на стадии кристаллизации, может приводить к образованию пор в металле шва, а повышенная текучесть затрудняет удержание расплавленного металла от вытекания и формирование шва. Вследствие окисления кремния на поверхности сварочной ванны возможно образование тугоплавких оксидов, что может приводить к непроварам.

Чугун можно сваривать дуговой сваркой металлическим или угольным электродом, газовой сваркой, термитной сваркой, заливкой жидким чугуном, порошковой проволокой и т. д. В зависимости от температуры предварительного подогрева различают сварку с подогревом до высокой температуры (горячая сварка), с небольшим подогревом (полугорячая сварка) и без подогрева (холодная сварка).

**Горячая сварка чугуна.** Изделие подогревают до температуры 600–800 °С. Сварку выполняют на очень больших сварочных токах без перерывов до конца шва при большой сварочной ванне. Для электрода #8 мм требуется сварочный ток 600–700 А, при #10 мм – 750–800 А. С использованием угольного электрода на постоянном токе прямой полярности варят электродами #8 мм и более при токе от 280 А. Для защиты и раскисления ванны применяют флюсы на борной основе, чаще всего техническую безводную (прокаленную при температуре ~400 °С) буру.

Основными недостатками горячей сварки чугуна являются значительная трудоемкость и тяжелые условия труда сварщиков. Правда, этим достигается высокое качество сварного шва.

**Полугорячая сварка.** Подогрев свариваемой детали до 300–400 °С способствует замедленному охлаждению металла шва и прилегающих к нему зон после сварки. Детали перед сваркой нагревают в термических печах, горнах или с помощью газовых горелок ацетиленокислородным пламенем. При подогреве газовой горелкой необходимо следить за равномерностью нагрева подогреваемой поверхности.

Полугорячую сварку чугуна можно осуществлять низкоуглеродистыми стальными электродами с покрытиями типа МР-3, УОНИ-13, стальными электродами со специальным покрытием, чугунными электродами и ацетиленокислородным пламенем с применением чугунных присадочных прутков. При сварке сквозных трещин или при заварке дефектов, находящихся на краю деталей, необходимо применять графитовые формы, предотвращающие вытекание жидкого металла из сварочной ванны. Во время сварки следует непрерывно поддерживать значительный объем расплавленного металла в сварочной ванне и тщательно его перемешивать концом электрода или присадочного стержня. Для замедленного охлаждения заваренные детали засыпают мелким древесным углем или сухим песком.

**Холодная сварка.** Этот тип сварки имеет несколько разновидностей: стальными электродами, стальными электродами со специальными покрытиями, чугунными, медными и прочими электродами.

Сварку стальными электродами применяют при ремонте ответственных чугунных изделий небольших размеров с малым объемом наплавки, не требующих после сварки механической обработки. Сварное соединение неоднородно по структуре, часто не обладает достаточной плотностью и имеет низкую прочность.

**Сварку электродами с защитно-легирующими покрытиями** выполняют с V- или X-образной разделкой кромок. Для устранения неравномерного разогрева детали сваривают отдельными участками вразбивку. Длина отдельных наплавленных участков сварного шва не должна превышать 100–120 мм. После наплавки отдельных участков им дают возможность остыть до температуры 60–80 °С.

Наилучшие результаты получают при сварке электродами с покрытием УОНИ-13/45 на постоянном токе обратной полярности. Также для сварки чугуна получили распространение медно-железные, медно-никелевые и железно-никелевые электроды.

### **Сварка алюминия и его сплавов**

Сварка алюминия и его сплавов затруднена тем, что на поверхности расплавленного металла постоянно образуется тугоплавкая пленка оксида алюминия  $Al_2O_3$ , препятствующая сплавлению между собой частиц металла. Высокая температура плавления оксида алюминия (2050 °С) и низкая температура плавления алюминия (658 °С) крайне затрудняют управление процессом сварки.

Высокая теплопроводность алюминия и его сплавов требует применения специальных технологических приемов, а при массивных деталях – предварительного подогрева.

Независимо от способа сварки алюминиевые изделия перед сваркой должны проходить специальную подготовку, заключающуюся в обезжиривании металла и удалении с его поверхности пленки оксида алюминия. Поверхность металла обезжиривают растворителями (авиационным бензином, техническим ацетоном), затем механической зачисткой или химическим травлением удаляют оксидную пленку.

Химический способ удаления состоит из следующих операций:

- травление в течение 0,5–1 мин раствором 45–55 г едкого натра и 40–50 г фтористого натрия на 1 л воды;
- промывка в проточной воде; нейтрализация в 25–30 % растворе азотной кислоты в течение 1–2 мин;
- промывка в проточной, а затем в горячей воде;
- сушка до полного удаления влаги.

Обезжиривание и травление рекомендуется делать не более чем за 2–4 ч до сварки.

**Ручную сварку угольным электродом** на постоянном токе прямой полярности используют только для ответственных изделий. Сварку металла толщиной до 2 мм ведут без присадки и без разделки кромок, металл толщиной свыше 2 мм сваривают с зазором 0,5–0,7 толщины свариваемых листов или с разделкой кромок. Оксидную пленку удаляют с помощью флюса АФ-4А.

**Ручную сварку покрытыми электродами** применяют в основном при изготовлении малонагруженных конструкций из технического алюминия, сплавов типа АМц и АМг, силумина.

Использование постоянного тока обратной полярности с предварительным подогревом (для средних толщин – 250–300 °С, для больших толщин – до 400 °С) обеспечивает требуемое проплавление при умеренных сварочных токах. В связи с тем, что алюминиевый электрод плавится в 2–3 раза быстрее стального, скорость сварки алюминия должна быть соответственно выше.

Сварку рекомендуется выполнять непрерывно в пределах одного электрода, так как пленка шлака на кратере и конце электрода препятствует повторному зажиганию дуги. Для

обеспечения устойчивого процесса при минимальных потерях на разбрызгивание рекомендуется принимать сварочный ток из расчета не более 60 А на 1 мм диаметра электрода. Перед сваркой электроды просушивают при температуре 150–200 °С в течение 2 ч.

Электроды ОЗА-1, ОЗА-2 с покрытием типа ЭА-1 позволяют получать сварные соединения с удовлетворительными механическими и другими эксплуатационными свойствами.

**Ручную аргонодуговую сварку** выполняют неплавящимся вольфрамовым электродом в осушенном от влаги аргоне высшего или 1-го сорта на переменном токе. Для металла толщиной до 5–6 мм используют электроды #1,5–5 мм.

Особые требования предъявляют к технике сварки. Угол между присадочной проволокой и электродом должен составлять ~90°. Присадку следует подавать короткими возвратно-поступательными движениями. Недопустимы поперечные колебания вольфрамового электрода. Обеспечение эффективной защиты для каждого режима сварки достигается оптимальным расходом газа (см. табл. 10). Для уменьшения опасности окисления размеры сварочной ванны должны быть минимальными. Сварку алюминия толщиной до 10 мм обычно ведут справа налево – левым способом, который позволяет снизить перегрев свариваемого металла.

### ***Сварка меди и ее сплавов***

Сварка меди затрудняется ее высокой теплопроводностью, высокой текучестью, способностью сильно окисляться в нагретом и особенно в расплавленном состоянии. На свариваемость меди оказывают большое влияние примеси, входящие в ее состав (кислород, висмут, свинец, сера, фосфор, сурьма, мышьяк); особенно отрицательно влияет висмут. При нагреве и расплавлении медь, окисляясь, образует монооксид меди  $\text{Cu}_2\text{O}$ , который, реагируя с водородом, растворенным в металле, вызывает склонность меди к поверхностным трещинам (водородной болезни). Для предупреждения этого следует снижать количество водорода в зоне сварки (прокалка электродов и флюсов, применение осушенных защитных газов; особенно хорошо использовать азот). Наилучшую свариваемость имеет электролитическая медь, содержащая не более 0,05 % примесей.

Для меди и сплавов на ее основе могут быть использованы все основные способы сварки плавлением.

**Ручная сварка угольным или графитовым электродом** получила ограниченное применение преимущественно для малоответственных изделий. Электрод затачивают на конус на 1/3 его длины, сварку ведут постоянным током прямой полярности. Плотность тока на электроде обычно составляет 200–400 А/см<sup>2</sup> (табл. 11).

Сварку ведут длинной дугой во избежание вредного влияния на сварочную ванну выделяющегося СО. С этой же целью, а также в связи с возможностью охлаждения ванны присадочный материал не погружают в ванну, а держат под углом примерно 30° к изделию на расстоянии 5–6 мм от поверхности ванны. Угольный электрод держат под углом 75–90° к свариваемому изделию. Для защиты расплавленного металла от окисления применяют присадочный материал с раскислителем – фосфором, а также флюс (94–96 % прокаленной буры, 4–6 % металлического магнезия). Флюс наносят на смоченную жидким стеклом поверхность прутка или на свариваемые кромки в виде пудры и просушивают на воздухе.

При толщине металла свыше 5 мм стыковое соединение сваривают с разделкой кромок под углом 70–90°. Сварку ведут на графитовой или асбестовой подкладке с зазором между свариваемыми кромками не более 0,5 мм, электрод наклоняют углом вперед на 10–20° к вертикали. После сварки рекомендуется проковка швов.

**Ручную сварку покрытыми электродами** выполняют на постоянном токе обратной полярности короткой дугой без поперечных колебаний (табл. 12). Лучшее формирование шва обеспечивает возвратно-поступательное движение электрода. Удлинение дуги ухудшает

формирование шва, увеличивает разбрызгивание, снижает механические свойства сварных соединений.

Медь толщиной до 4 мм сваривают без разделки кромок и подогрева. При толщине металла 5—10 мм необходимы предварительный подогрев до температуры 250—300 °С и односторонняя разделка кромок с углом 60—70° и притуплением кромок 1,5—3 мм. При значительных толщинах рекомендуется Х-образная разделка.

Медные электроды диаметром менее 3 мм применяют редко вследствие низкой механической прочности стержня. Электроды марок АНЦ-1 и АНЦ-2 обеспечивают выполнение сварки без подогрева меди толщиной до 15 мм или с невысоким (250—400 °С) подогревом для металла больших толщин.

**Ручную аргонодуговую сварку** выполняют вольфрамовым электродом постоянным током прямой полярности в аргоне высокой чистоты, а также в среде гелия, азота или их смеси и водорода. Металл толщиной более 4 мм сваривают с предварительным подогревом до температуры 800 °С. В качестве присадки используют прутки из раскаленной меди, медно-никелевого сплава (МНЖКТ-5-1-0,2-0,02), бронзы (БрКМц3-1, БрОЦ4-3), а также специальных сплавов, содержащих эффективные раскислители – редкоземельные металлы. Для металла толщиной свыше 5–6 мм применяют V– или Х-образную разделку кромок с углом раскрытия 60–70°. Сварку ведут обычно справа налево при наклоне электрода по отношению к изделию углом вперед на 80–90°. Угол наклона присадочной проволоки 10–15°, вылет электрода 5–7 мм.

#### ***Сварка титана и его сплавов***

Титан обладает высокой прочностью, вплоть до температур 450–500 °С, при низкой плотности и высокой коррозионной стойкостью. Технический титан содержит примеси, в том числе газы – кислород, азот и водород, которые в разной степени повышают прочность и снижают пластичность и вязкость металла. В сварных швах они вызывают образование холодных трещин.

Особенности сварки титана в том, что зона сварки и обратная сторона корня шва нуждаются в надежной защите от вредного воздействия атмосферного воздуха. Еще в процессе сварки необходимо стремиться, чтобы время нагрева свариваемых деталей было минимальным. Дополнительные затруднения при сварке создает высокая склонность титана к росту зерна при нагреве до температур выше 880 °С и парообразование.

Качество сварных соединений во многом определяется технологией подготовки кромок деталей и титановой проволоки под сварку. Оксидно-нитридную пленку, которая образуется после горячей обработки полуфабрикатов, удаляют механической обработкой и последующим травлением металла в течение 5—10 мин при 60 °С в смеси 350 мл соляной кислоты, 50 г фтористого натрия и 650 мл воды.

**Ручную сварку вольфрамовым электродом** выполняют постоянным током прямой полярности с использованием специальных приспособлений, позволяющих защитить зону сварки, остывающие участки шва и околошовную зону, а также корень шва. Защиту корня шва можно осуществить плотным поджатием кромок свариваемых деталей к медной или стальной подкладке, подачей инертного газа в подкладку с отверстиями или изготовленную из пористого материала.

Сварку ведут без колебательных движений горелки, на короткой дуге углом вперед. Угол между электродом и присадочным материалом поддерживают в пределах 90°, подачу присадочной проволоки осуществляют непрерывно. После окончания сварки или обрыва дуги аргон должен подаваться до тех пор, пока металл не остынет примерно до 400 °С.

Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки титана вольфрамовым электродом приведены в табл. 13.

Для титана и его сплавов толщиной 0,5–2 мм применяют ручную и механизированную импульсно-дуговую сварку неплавящимся электродом. Сварку выполняют импульсами постоянного тока прямой полярности.

### ***Сварка никеля и его сплавов***

Основная трудность при сварке никеля и его сплавов – высокая склонность к образованию пор и кристаллизационных трещин, связанная с резким изменением растворимости кислорода, азота и водорода при переходе металла из твердого в жидкое состояние. Поэтому технология сварки должна обеспечивать надежную защиту зоны сварки от атмосферного воздуха, хорошее раскисление сварочной ванны и дегазацию сварочной ванны.

Эффективная мера предотвращения пористости – сварка короткой дугой (до 1,5 мм), при которой резко уменьшается подсос газов из атмосферы.

Для преодоления высокой склонности металла к образованию кристаллизационных трещин ограничивают содержание вредных примесей и вводят элементы, связывающие серу в более тугоплавкие соединения (до 5 % Mn и до 0,1 % Mg).

Для ограничения роста зерна сварку ведут на ограниченной погонной энергии и вводят в небольшом количестве в металл шва модификаторы (титан, алюминий, молибден), измельчающие его структуру.

**Ручную дуговую сварку** применяют для листов толщиной свыше 1,5 мм и выполняют электродами с основным покрытием на постоянном токе обратной полярности. Для предупреждения перегрева электрода и снижения напряжений в сварном соединении при сварке используют ток, пониженный по сравнению с током для сварки стали (табл. 14).

Сварку по возможности необходимо вести в нижнем положении со скоростью примерно на 15 % меньше скорости сварки сталей. Поперечные колебания электрода не должны превышать трех его диаметров. При смене электрода или случайных обрывах дуги ее возбуждают, отступая на 5–6 мм от кратера назад на зачищенном от шлака шве. Рекомендуется вести сварку за один проход, зазор между кромками должен быть 2–3 мм. При больших толщинах, когда многопроходная сварка неизбежна, сваривать рекомендуется после остывания соединения и тщательной очистки предыдущего слоя от шлака и брызг.

Для сварки никеля используют электроды, изготовленные из никелевой проволоки НП1 (Н-10, Н-37, «Прогресс-50» и др.). Для сварки никеля и медно-никелевых сплавов используют электроды с покрытием УОНИ-13/45. Для сварки хромоникелевых (ХН78Т) сплавов используют электроды ЦТ-28, а для сплавов типа ХН80ТБЮ – электроды ИМЕТ-4, ИМЕТ-7, ИМЕТ-4П, ВЧ-2-6. Для снятия напряжений после сварки рекомендуется термообработка.

**Ручную аргонодуговую сварку** проводят постоянным током прямой полярности при надежной защите сварочной ванны от окисления струей аргона. Предупреждение пористости при этом способе достигается добавкой к аргону до 20 % водорода и использованием проволоки с добавками титана, алюминия, ниобия, которые связывают газы. Швы рекомендуется накладывать с минимальными поперечными колебаниями электрода, угол наклона горелки к оси шва должен быть 45–60°, вылет вольфрамового электрода – 12–15 мм, присадочный материал подают под углом 20–30° к оси шва. Многослойное соединение выполняют после полного охлаждения металла, зачистки и обезжиривания предыдущих швов. Защита аргоном рекомендуется также со стороны подкладки.

## **Дуговая резка металлов**

Интенсивный нагрев металла электрической дугой успешно используют в технике не только для сварки, но и для резки металла. Применяются следующие способы дуговой резки:

ручная дуговая резка неплавящимся и плавящимся электродами, используемыми при сварке; воздушно-дуговая резка; кислородно-дуговая резка; резка сжатой дугой.

При дуговой резке неплавящимся электродом применяют угольные и графитовые электроды на переменном или постоянном токе прямой полярности («—» на электроде) при силе тока 400–800 А (табл. 15).

Этот способ имеет ограниченное применение, используется в основном при разделке крупногабаритного металлического лома, разборке старых металлоконструкций, прожигании отверстий или выжигании заклепок. В то же время резка обеспечивается за счет выплавления металла из зоны реза, а не за счет его сгорания в струе кислорода, как при газовой резке. Поэтому благодаря высокой температуре нагрева можно разрезать материалы, не подвергающиеся кислородной резке (чугун, высоколегированные стали, цветные металлы). Для этого способа характерна очень малая точность и чистота реза: разрез получается широким с очень неровными кромками. Несколько лучшие результаты дают электроды прямоугольного сечения.

При дуговой сварке плавящимся электродом (рис. 29) рез получается более чистый и узкий, чем предыдущим способом. Суть метода заключается в том, что металл в месте реза проплавляют электрической дугой методом опирания. Силу тока при резке металлическим электродом принимают на 20–30 % больше, чем при сварке электродами такого же диаметра. Металлическим электродом можно резать чугун, коррозионно-стойкие стали и цветные металлы, которые не поддаются обычной кислородной резке.

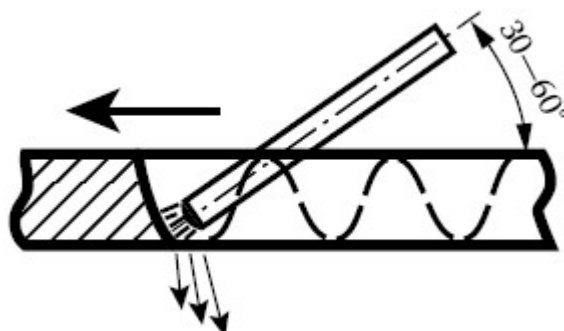


Рис. 29. Схема ручной дуговой резки металла плавящимся электродом

При дуговой резке в быту часто пользуются обычными сварочными электродами, однако лучше использовать специализированные электроды с покрытиями, способствующими улучшению процесса резки. Такие покрытия повышают устойчивость дуги, замедляют плавление стержня электрода, изолируют его от стенок реза и ускоряют резку благодаря окислению расплавленного металла компонентами покрытия. Металлические электроды для резки изготавливают из проволоки марок Св-08 или Св-08А по ГОСТ 2246-70 #3—12 мм и длиной не более 250–300 мм. Толщина слоя покрытия 1–1,5 мм на сторону. Сила тока выбирается примерно из расчета 55–65 А на 1 мм диаметра электрода (табл. 16).

Недостатки этого способа – низкая производительность и плохое качество реза, который характеризуется большими неровностями и натеками металла с обратной стороны.

**При воздушно-дуговой и кислородно-дуговой резке** металл расплавляется теплом электрической дуги, а затем выдувается из зоны реза сжатым воздухом или струей кислорода. При этом небольшая часть металла сгорает в кислороде. Этот способ применяют для удаления дефектных мест под заварку и разделительной резки листов из нержавеющей стали толщиной до 20 мм. Резку проводят на постоянном токе угольным (графитовым) электродом с помощью специальных резаков. Подача сжатого воздуха обычно боковая под давлением

0,4–0,5 МПа. Струя кислорода подается к месту реза параллельно угольному или графитовому электроду, иногда применяют специальные плавящиеся трубчатые электроды с подачей кислорода через внутреннее отверстие.

**Резка плазменной струей** основана на расплавлении металла в месте реза и его выдувании потоком плазмы. Плазменную струю используют для резки металла толщиной от долей до десятков миллиметров. Благодаря высокой температуре и большой кинетической энергии плазменной струи такой резке подвергаются практически все металлы.



## Технология газовой сварки

**Газовая сварка** – это сварка плавлением, при которой для нагрева используется теплота пламени смеси газов, сжигаемой с помощью горелки. Соединение образуется при плавлении кромок соединяемых металлов и присадочного материала за счет теплоты пламени сжигаемых газов. Для получения газосварочного пламени сжигают ацетилен и другие газы и вещества в технически чистом кислороде<sup>19</sup>.

Газовую сварку применяют при изготовлении и ремонте изделий из тонколистовой стали толщиной 1–3 мм, монтаже труб малого и среднего диаметров, сварке изделий из алюминия и его сплавов, меди, латуни и свинца, сварке чугуна с применением в качестве присадки чугунных, латунных и бронзовых прутков, наплавке твердых и других сплавов на стальные и чугунные детали. Она проста, универсальна, не требует дорогостоящего оборудования и мощного источника электрической энергии. К недостаткам относятся меньшая скорость и большая зона нагрева, чем при дуговой сварке. Кроме того, газовая сварка – источник повышенной пожаро- и взрывоопасности.



Качество сварных соединений, выполняемых газовой сваркой, выше, чем дуговой электродами с тонкой обмазкой, но несколько ниже, чем качественными электродами. Дело в том, что при газовой сварке не происходит легирования наплавленного металла, в то время как при дуговой сварке качественными электродами, в обмазке которых содержатся ферросплавы, производится довольно значительное легирование.

Производительность газовой сварки, высокая при малой толщине основного металла, быстро снижается с увеличением его толщины. При толщине металла 0,5–1,5 мм производительность газовой сварки может быть выше, чем дуговой. С увеличением толщины металла до 2–3 мм скорости газовой и дуговой сварки становятся одинаковыми, а затем разница быстро возрастает с увеличением толщины металла в пользу дуговой сварки. При малой толщине абсолютный расход газов на 1 м сварного шва невелик, но с увеличением толщины основного металла быстро растет расход газов и времени на сварку, и газовая сварка становится дороже дуговой; разница в стоимости быстро увеличивается с возрастанием толщины основного металла.

К особенностям газовой сварки следует также отнести почти исключительное выполнение сварных швов за один проход. Получение швов в несколько слоев, широко практикуемое в дуговой сварке, почти не применяется при газовой.

Газовое пламя менее яркое, чем сварочная дуга, оно не обжигает лицо, поэтому для защиты глаз сварщика достаточно очков с цветными стеклами.

## Материалы, применяемые при газовой сварке

При газовой сварке в качестве окислителя применяют кислород, а горючими газами служат ацетилен, водород, пропан и др.

---

<sup>19</sup> Для сварки большинства металлов пригодно пламя с температурой не ниже 2500–3000 °С.

**Газообразный кислород** ( $O_2$ ) бесцветен, не имеет запаха и вкуса, немного тяжелее воздуха. Плотность кислорода при атмосферном давлении и температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$  равна  $1,33\text{ кг/м}^3$ . Активно поддерживает горение и служит для повышения температуры газового пламени при сгорании горючего газа.

Согласно ГОСТ 5583-78 газообразный технический кислород выпускают трех сортов с разной степенью чистоты, %: I сорт – 99,7; II сорт – 99,5; III сорт – 99,2.



Кислород способен образовывать взрывоопасные смеси с горючими газами или парами жидких горючих веществ, а при его соприкосновении с органическими соединениями (масла, жиры и другие вещества) может произойти самовоспламенение.

Газообразный ацетилен ( $C_2H_2$ ) – бесцветный газ, имеющий специфический чесночный запах из-за присутствия примесей: фосфористого водорода, сероводорода и др. Ацетилен легче воздуха: при атмосферном давлении и температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$  его плотность равна  $1,09\text{ кг/м}^3$ . Хорошо растворяется в жидкостях, особенно в ацетоне, становясь более безопасным. Используется для формирования газового пламени при сгорании в струе кислорода. Преимущество ацетилена перед другими горючими газами – возможность получения наиболее высокой температуры пламени (до  $3200\text{ }^\circ\text{C}$ ).

На месте сварки ацетилен получают в газогенераторах путем разложения карбида кальция водой или используют пиролизный<sup>20</sup> ацетилен. Последний к месту сварки доставляют растворенным в ацетоне в виде пористой массы, заключенной в стальной баллон. Пиролизный ацетилен дешевле, чем получаемый из карбида кальция.



Ацетилен образует с кислородом, содержащимся в воздухе, взрывоопасные смеси при нормальном атмосферном давлении. Наиболее взрывоопасны смеси, содержащие 7—13 % ацетилена. Ацетилен может взрываться и без окислителя!

**Водород** ( $H_2$ ) при атмосферном давлении и температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$  – горючий газ без цвета и запаха. Плотность водорода равна  $0,084\text{ кг/м}^3$ , он в 14,5 раза легче воздуха. Водород предназначен для формирования газового пламени при сгорании в струе кислорода. Температура пламени составляет  $2600\text{ }^\circ\text{C}$ . Водородно-кислородное пламя бесцветное, не имеет четких очертаний, что затрудняет его регулирование.

Хранится и поставляется в газообразном состоянии в стальных баллонах объемом 5, 10, 20 и 40 л.

---

<sup>20</sup> Пиролизным называют ацетилен, вырабатываемый из природного газа.



Водород образует с кислородом (2 объема водорода и 1 объем кислорода) взрывоопасную гремучую смесь.

Технический пропан – это смесь пропана ( $C_3H_8$ ) и пропилена ( $C_3H_6$ ), представляющая собой при нормальных условиях бесцветный газ, не имеющий запаха. Для безопасного пользования в состав смеси добавляют сильнопахнущие вещества – одоранты. Газ тяжелее воздуха, при атмосферном давлении и температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  его плотность составляет  $1,88\text{ кг/м}^3$ . Применяется для формирования газового пламени с температурой  $2700\text{ }^{\circ}\text{C}$  в качестве заменителя ацетиленового.

Поставляют пропан к месту сварки в стальных цельносварных баллонах в сжиженном состоянии.



Пропан огнеопасен. Может скапливаться в приемках, подвалах и колодцах, образуя взрывоопасную смесь.

**МАФ-газ** – метилацетилен-алленовая газообразная фракция, образующаяся в процессе переработки природного газа и нефтепродуктов, обладающая хорошими теплофизическими свойствами. Газ тяжелее воздуха, плотность при нормальных условиях равна  $1,9\text{ кг/м}^3$ . Обладает резко выраженным запахом.

МАФ-газ применяют в качестве заменителя ацетиленового при газовой сварке. Он в два раза дешевле ацетиленового, а температура пламени при его сгорании достигает  $2930\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Газ поставляют к месту сварки в сжиженном состоянии в цельносварных баллонах (таких же, как и для пропана). В баллоне вместимостью 50 л и весом 22 кг содержится 21 кг газа.

Склонность к обратному удару газа МАФ незначительна. По сравнению с ацетиленовым МАФ имеет более мягкое пламя, что дает свои преимущества при работе с металлом малых толщин, с цветными металлами, а также при контурной резке изделий. В то же время ядро даже нейтрального пламени при использовании газа МАФ длиннее ацетиленового в 1,5–2 раза.

Технология газопламенной обработки при использовании газа МАФ в основном такая же, как и при использовании ацетиленового. В качестве аппаратуры могут применять горелки, резаки, редукторы и другие устройства, предназначенные для работы с ацетиленом и на сжиженных газах (пропанобутановых смесях). Присадочную проволоку лучше применять ту, которая больше подходит для сварки пропаном.

На баллоне с газом может использоваться редуктор, применяемый на пропановых баллонах. По сравнению с пропанобутановой смесью при сварке стали газом МАФ расход кислорода в 1,5 раза меньше.



Смесь МАФ-газа (3,4—10,8 % по объему) с воздухом взрывоопасна. Газ может скапливаться в подвалах, колодцах и приятках, образуя взрывоопасную смесь.

**Сварочный флюс** – материал, применяемый при сварке для химической очистки соединяемых поверхностей и улучшения качества шва.

Необходимость использования флюсов при сварке цветных металлов и сплавов, легированных сталей и чугуна продиктована тем, что при нагревании металлов до высокой температуры на их поверхности образуется пленка оксида, которая при расплавлении переходит в сварочную ванну и препятствует образованию высококачественного сварного шва. Флюсы обеспечивают раскисление расплавленного металла сварочной ванны, а также удаление из него образовавшихся оксидов и неметаллических включений. Шлаки, всплывающие на поверхность сварочной ванны, предохраняют металл шва от воздействия атмосферного воздуха.

При необходимости использования флюса его наносят на свариваемые кромки или вносят в сварочную ванну оплавленным концом присадочного прутка (налипающим на него при погружении во флюс). Флюсы можно использовать и в газообразном виде при подаче их в зону сварки с горючим газом.

Для сварки низкоуглеродистых сталей флюс не используют. При сварке сталей высокоуглеродистых марок (с содержанием углерода более 0,6 %) флюсом, как правило, служит бура (тетраборат натрия – натриевая соль борной кислоты).

Что касается легированных сталей, то лишь при сварке хромистых и хромоникелевых сталей марок 03X18H9T и 06X15T толщиной до 2 мм применяют флюсы таких составов:

- 80 % плавленого шпата и 20 % ферротитана;
- 80 % буры и 20 % оксида кремния.

Флюс разводят в воде и в виде пасты наносят на кромки и обратную сторону шва за 15–20 мин до сварки.

**Флюсы для сварки чугуна.** Горячая сварка чугуна предполагает обязательное использование флюсов. Обычно применяют порошковые кислые флюсы, в состав которых входят боросодержащие вещества (см. табл. 17).

При низкотемпературной сварке чугуна с помощью чугунных прутков и латунных припоев, а также при пайкосварке используют флюсы, характеристики которых приведены в табл. 18. Снижение температуры при низкотемпературной газовой сварке чугуна до 670–750 °С достигается применением специальных флюсов, в то время как процессы пайкосварки чугуна протекают при температуре 750–950 °С.

**Флюсы для сварки алюминия.** При газовой сварке алюминия и его сплавов важное значение имеет состав флюса, поскольку он должен перевести тугоплавкую оксидную пленку ( $Al_2O_3$ ) на поверхности алюминия в легкоплавкие шлаковые включения, которые образуют корку, защищающую шов. Марки и состав флюсов приведены в табл. 19.

**Флюсы для сварки меди.** Для растворения образующихся оксидов, в том числе оксида меди, при переводе их в легкоплавкие шлаки и предотвращении окисления расплавленного металла в газовой сварке меди необходимо использовать флюсы, рекомендуемые составы которых приведены в табл. 20.

**Присадочными материалами** являются проволока, прутки (стержни), полоски металла, близкие по свойствам свариваемому металлу. При проведении сварки они обеспе-

чивают дополнительный металл для заполнения зазора между свариваемыми кромками и образования сварного шва требуемой формы.

Основным присадочным материалом служит сварочная проволока.

**При сварке углеродистых и легированных сталей** применяют холоднотянутую сварочную проволоку. Согласно ГОСТ 2246-70, ее обозначение состоит из букв Св (сварочная) и написанного через дефис буквенно-цифрового обозначения марки стали. Перед буквами Св проставляют диаметр проволоки в диапазоне 0,3—12,0 мм. Буква А в конце условного обозначения марок низкоуглеродистой и легированной проволоки свидетельствует о повышенной чистоте металла с точки зрения содержания серы и фосфора. Двойная буква А указывает на пониженное содержание серы и фосфора по сравнению с предыдущей проволокой. После обозначения марки стали через дефис могут быть написаны следующие заглавные буквы: Э – проволока для изготовления электродов; О – омедненная проволока; БД – полученная вакуумно-дуговым переплавом, Ш – электрошлаковой выплавкой, ВИ – вакуумно-индукционным способом.

**Для газовой сварки серого чугуна** выпускают чугунные прутки #4, 6, 8, 10, 12 и 16 мм. Маркировку торца прутков выполняют краской черного (ПЧ-1), белого (ПЧ-2), красного (ПЧ-3), синего (ПЧН-1), коричневого (ПЧН-2), желтого (ПЧИ) или зеленого (ПЧВ) цвета.

Для газовой сварки меди, медно-никелевых сплавов, бронз и латуни применяют сварочную проволоку, отвечающую ГОСТ 16130-90. Ее диаметр составляет 0,8–8 мм.

Условное обозначение присадочной проволоки из меди или ее сплава соответствует классификации этих материалов по следующим признакам:

- способу изготовления (холоднодеформированная (тянутая) – Д; горячедеформированная (прессованная) – Г);
- форме сечения – КР (проволоку изготавливают исключительно круглого сечения);
- механическим свойствам (мягкая – М, твердая – Т);
- виду поставки (мотки или бухты – БТ, катушки – КТ, барабаны – БР, сердечники – СР, немерной длины – НД).

**При сварке алюминия и его сплавов** используют тянутую и прессованную проволоку из алюминия и алюминиевых сплавов, соответствующую ГОСТ 7871-75. Ее диаметр составляет 0,8—12,5 мм. Условные обозначения при маркировке характеризуют:

- способ изготовления (тянутая – В, прессованная – П);
- вид обработки (нагартованная – Н, отожженная – М);
- вид поставки (мотки (бухты) – БТ, катушки – КТ).

## Оборудование для газовой сварки

### *Ацетиленовые генераторы*

**Ацетиленовый генератор** – аппарат, предназначенный для получения газообразного ацетилена посредством разложения карбида кальция водой. Из 1 кг карбида кальция в зависимости от размеров его кусков и степени чистоты можно получить 235–285 дм<sup>3</sup> ацетилена. Однако применение газогенераторов в быту и в небольших мастерских нецелесообразно: они более взрывоопасны, нежели баллоны, и потому в сварочном комплекте возрастает количество предохранительных устройств; обслуживать их сложнее; подготовка к работе занимает гораздо больше времени, чем при работе с баллонами; отработанный ил сливают только в специальные ямы или бетонные хранилища. К тому же по завершении даже незначительных сварочных работ следует выработать весь загруженный объем карбида кальция – постепенно стравить ацетилен в атмосферу или дожечь его горелкой. Поэтому использование ацетиленовых генераторов оправданно только при промышленных объемах работ.

### Баллоны

**Баллон** – это металлическая емкость для хранения и транспортирования газов в сжатом, растворенном и сжиженном состояниях.

**Кислородный баллон** изготовлен из углеродистой (150У) и легированной (150Л) стали согласно ГОСТ 949-73 и имеет стальной цельнотянутый цилиндрический корпус с выпуклым днищем, на которое напрессован башмак (рис. 30, а). Вверху баллон заканчивается горловиной с резьбовым отверстием, в которое ввернут запорный вентиль. На наружную резьбу горловины баллона накручен предохранительный колпак.

Высота стандартного баллона 40-150У равна 1370 мм, диаметр – 219 мм, толщина стенки – 7 мм, вместимость – 40 дм<sup>3</sup>, масса без газа – 67 кг. Баллон рассчитан на рабочее давление 15,0 МПа (150 кгс/см<sup>2</sup>); испытательное давление составляет 22,5 МПа (225 кгс/см<sup>2</sup>). В полном баллоне объем кислорода, соответствующий атмосферному давлению и температуре 20 °С, равен 6 м<sup>3</sup>.

Цвет баллона голубой, надпись – черная.

Наряду с баллонами вместимостью 40 дм<sup>3</sup> выпускают и баллоны меньшей вместимости – 20, 10, 5 и 1 дм<sup>3</sup> (рис. 30, б).

Вентиль кислородного баллона изготавливают из латуни, так как сталь активно корродирует в среде сжатого кислорода, а маховики и заглушки – из стали, алюминиевых сплавов и пластмассы.

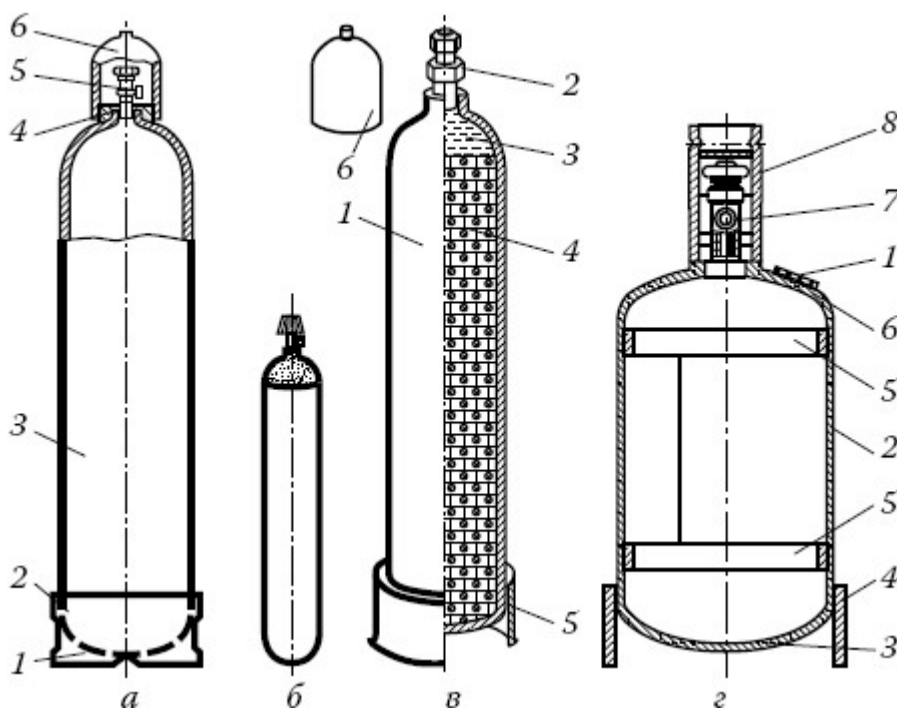


Рис. 30. Газовые баллоны для сварки:

а – кислородный баллон вместимостью 40 л (1 – днище; 2 – башмак; 3 – корпус; 4 – горловина; 5 – вентиль; 6 – предохранительный колпак); б – кислородный баллон вместимостью 10 л; в – ацетиленовый баллон (1 – корпус; 2 – вентиль; 3 – азотная подушка; 4 – пористая масса с ацетоном; 5 – башмак; 6 – предохранительный колпак); г – баллон для пропана вместимостью 55 л (1 – табличка с паспортными данными; 2 – корпус; 3 – днище; 4 – башмак; 5 – подкладные кольца; 6 – горловина; 7 – вентиль; 8 – предохранительный колпак)



Количество кислорода в баллоне приближенно определяют, решая следующую пропорцию: при атмосферном давлении (0,1 МПа) в баллоне находится 40 дм<sup>3</sup> газа; если давление в баллоне равно 15 МПа, то до объема 40 дм<sup>3</sup> можно сжать  $40 \cdot 15 / 0,1 = 6000$  дм<sup>3</sup>, или 6 м<sup>3</sup>, кислорода.

Ацетиленовый баллон большой емкости имеет такие же размеры, как и кислородный вместимостью 40 дм<sup>3</sup> (рис. 30, в). Масса баллона без газа 83 кг, рабочее давление ацетилена 1,9 МПа (19 кгс/см<sup>2</sup>), максимальное давление 3,0 МПа (30 кгс/см<sup>2</sup>).

Ацетиленовый баллон заполняют пористой массой из активированного древесного угля, которую пропитывают ацетоном из расчета 225–300 г на 1 дм<sup>3</sup> вместимости баллона. Ацетилен, хорошо растворяясь в ацетоне, становится менее взрывоопасным.

Более экономичны баллоны с литой пористой массой, способные вместить 7,4 кг растворенного ацетилена, тогда как баллоны с активированным углем – только 5 кг.

На баллоне с литой пористой массой ниже надписи «АЦЕТИЛЕН» красной краской нанесены буквы ЛМ. Такие баллоны поставляют с азотной подушкой.

При отборе ацетилена из баллона удаляется и часть ацетона в виде паров. Для уменьшения потерь ацетона во время работы необходимо располагать баллоны в вертикальном положении и отбирать ацетилен со скоростью, не превышающей 1,7 м<sup>3</sup>/ч.

В наполненном баллоне вместимостью 40 дм<sup>3</sup> при рабочем давлении и температуре воздуха 20 °С объем газообразного ацетилена, соответствующий нормальным условиям, равен 5,5 м<sup>3</sup>.

Цвет баллона белый, надпись – красная. Отпускают ацетилен также в баллонах емкостью 1, 5, 10, 15 и 20 л.

Отличительной особенностью вентиля ацетиленового баллона является отсутствие маховика и штуцера. В корпусе вентиля имеется боковая канавка, в которую устанавливают штуцер ацетиленового редуктора, прижимая его специальным хомутом через кожаную прокладку. Такая конструкция вентиля не допускает случайной установки другого редуктора во избежание образования взрывоопасной смеси.

Еще одна отличительная особенность вентиля ацетиленового баллона состоит в том, что его открывание, закрывание и присоединение с его помощью редуктора к баллону осуществляются специальным торцевым ключом.



Для определения объема ацетилена баллон взвешивают до и после наполнения газом и по разности показателей и плотности ацетилена находят объем газа, находящегося в баллоне. Например, масса баллона с ацетиленом 89 кг, пустого – 83 кг. Масса ацетилена в баллоне:  $89 - 83 = 6$  кг. Плотность ацетилена при атмосферном давлении и температуре 20 °С равна 1,09 кг/м<sup>3</sup>. Следовательно, объем ацетилена при этих условиях составляет  $6 / 1,09 = 5,5$  м<sup>3</sup>.



**Баллоны для технического пропана** изготавливают из листовой углеродистой стали толщиной 3 мм согласно ГОСТ 15860-84. К верхней части сварного цилиндрического корпуса пропанового баллона приварена горловина, а к нижней – днище и башмак (рис. 30, г). В горловине имеется резьбовое отверстие, в которое ввернут латунный вентиль. Внутри баллона расположены подкладные кольца. Для защиты вентиля баллона от механического повреждения служит предохранительный колпак.

Высота баллона – 950 мм, диаметр – 309 мм, масса без газа – 35 кг, вместимость – 55 дм<sup>3</sup>, рабочее давление – 1,6 МПа (16 кгс/см<sup>2</sup>). Газ в баллоне находится в сжиженном состоянии.

Кроме того, выпускают пропановые баллоны вместимостью 27 и 5 дм<sup>3</sup>. 50-литровый баллон содержит 20 кг сжиженного газа, 27-литровый – 11 кг, 5-литровый – 3 кг.

Кратковременный максимальный отбор газа не должен превышать 1,25 м<sup>3</sup>/ч, а нормальный во избежание замерзания вентиля – 0,6 м<sup>3</sup>/ч.

Цвет баллона красный, надпись – белая.

Вентиль пропанового баллона мембранного типа делают из латуни (реже из стали). Он рассчитан на рабочее давление до 2,0 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>). Боковой штуцер корпуса вентиля имеет левую резьбу.

#### **Правила безопасной эксплуатации газовых баллонов**

##### **До сварки:**

- баллоны располагают на расстоянии не менее 1 м от приборов отопления и не менее 5 м – от источников открытого огня;
- баллоны нужно устанавливать вертикально и прочно закреплять в этом положении;
- клапан вентиля ацетиленового баллона должен открываться при повороте на 0,7–1 оборота. Это позволит быстро прекратить подачу газа из баллона при аварии.

##### **Во время сварки:**

- исключить возможность нагрева баллона любым источником теплоты;
- при замерзании вентиля кислородного баллона отогревать его чистой тканью (ветошью), смоченной горячей водой;
- при работе в помещении тщательно контролировать герметичность газовых баллонов, чтобы избежать образования взрывоопасной смеси;
- при работе на открытой местности баллоны защищают от солнечных лучей навесом, брезентом или другими укрытиями из негорючих материалов;
- отбор из баллонов газообразного кислорода и ацетилена прекращают при остаточном давлении газа менее 50 кПа (0,5 кгс/см<sup>2</sup>);
- торцевой ключ ацетиленового баллона должен находиться на шпинделе вентиля баллона.

##### **После сварки:**

- баллоны с газом размещают в специально отведенном для их хранения месте;
- порожние баллоны из-под кислорода или горючего газа требуют принятия таких же мер безопасности, как и наполненные.



#### **Причины взрыва кислородных баллонов:**

- попадание на штуцер баллона жира и масла;
- превышение допустимого значения давления газа в баллоне;



– значительный отбор газа, приводящий к наэлектризации горловины баллона и возникновению искры.

**Причины взрыва ацетиленовых баллонов:**

– резкие толчки и удары ацетиленовых баллонов;  
– нагрев баллонов до температуры свыше 40 °С;  
– негерметичность соединения вентиля с баллоном, приводящая к образованию взрывоопасных ацетиленовоздушных смесей.

**Причины взрыва пропановых баллонов:**

– образование взрывоопасных смесей с воздухом;  
– нагрев баллона, сопровождающийся повышением давления в нем.

**Запрещается:**

- устанавливать баллоны в проходах и проездах, а также местах, расположенных ниже уровня земли;
- снимать предохранительный колпак ударами молотка или с помощью зубила, что может вызвать искру;
- эксплуатировать баллон с вентилем, пропускающим газ;
- подтягивать накидную гайку редуктора при открытом вентиле баллона;
- работать с баллоном при наличии на нем следов масла, жира и т. п., допускать его соприкосновение с различными маслами, а также промасленной одеждой и ветошью;
- допускать соприкосновение электрических проводов с баллонами;
- отогревать замерзшие вентили баллонов открытым огнем или раскаленными предметами;
- подходить к баллонам с зажженной горелкой;
- разбирать и ремонтировать вентиль баллона;
- хранить баллоны в чердачных и подвальных помещениях.

**Газовые редукторы и манометры**

**Редуктор** – устройство, предназначенное для понижения давления газа, поступающего из баллона, и автоматического поддержания заданного рабочего давления. Газовые редукторы осуществляют также регулирование рабочего давления и защиту баллона от обратного удара пламени, а манометры показывают давление газа в баллоне и на выходе из редуктора.

**Газовые редукторы**, согласно ГОСТ 13861-89, классифицируют по назначению (Б – баллонные, Р – рамповые, С – сетевые); виду редуцируемого газа (А – ацетиленовые, К – кислородные, М – метановые, П – пропан-бутановые); схеме регулирования (О, Д – одно- и двухступенчатые с механической установкой давления, З – одноступенчатые с пневматическим заданием рабочего давления); принципу действия (прямого и обратного действия). В эксплуатации более удобны редукторы обратного действия, так как они компактны и просты по конструкции, надежны и безопасны в работе.

Редукторы отличаются друг от друга окраской корпуса (ацетиленовый – белого цвета, кислородный – голубого, пропановый – красного) и присоединительными устройствами для крепления их к баллону. Кислородный и пропановый редукторы присоединяют к баллонам накидными гайками соответственно с правой и левой резьбой. Ацетиленовые редукторы крепят к баллонам хомутом с упорным винтом.

Технические характеристики баллонных редукторов приведены в табл. 21.

**Манометры** представляют собой приборы для измерения давления газа. Их присоединяют к корпусу редуктора через прокладки из фибры и кожи при помощи резьбовых соединений с использованием гаечного ключа.

Каждый манометр должен иметь на циферблате обозначение того газа, для которого он предназначен. На кислородные манометры наносят надписи «Кислород» и «Маслоопасно»,

на ацетиленовые, водородные и пропановые – «Ацетилен», «Водород» и «Пропан» или символы O<sub>2</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> и C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>.

### **Правила безопасной эксплуатации газовых редукторов**

#### ***До сварки:***

- проверить исправность регулировочного винта;
- перед присоединением редуктора к баллону вывернуть его регулировочный винт до полного ослабления пружины, отвернуть вентиль баллона и продуть его штуцер в течение 1–2 с;
- проверить исправность фибровой прокладки и резьбы накидной гайки редуктора, а также отсутствие загрязнений, следов жира и масла;
- накидную гайку редуктора при присоединении его к баллону заворачивают вручную и затягивают с помощью ключа;
- после присоединения редуктора к баллону обязательно проверить с помощью мыльного раствора герметичность соединения;
- после установки редуктора открыть вентиль баллона, следя за показаниями манометра высокого давления;
- рабочее давление устанавливают по показанию манометра низкого давления, вращая регулировочный винт редуктора по часовой стрелке;
- если при резком открывании вентиля баллона произошло возгорание редуктора, то необходимо немедленно перекрыть вентиль, отсоединить редуктор и заменить его новым;
- рабочее давление устанавливают при открытом запорном кислородном или ацетиленовом вентиле горелки.

#### ***Во время сварки:***

- постоянно контролируют наличие газа в баллонах по показаниям манометров высокого давления;
- постоянно следят за герметичностью соединений;
- в случае замерзания редуктора при больших расходах газа нужно перекрыть баллон и отогреть редуктор горячей водой или паром;
- при подозрении на утечку газа из редуктора ее наличие выявляют смачиванием соединений мыльной водой, предварительно погасив пламя.

#### ***После сварки:***

- закрыть вентиль баллона;
- вывернуть регулировочный винт до ослабления пружины;
- отсоединить редуктор от баллона с помощью ключа;
- выпустить остатки газа из редуктора и шлангов.

#### ***Запрещается:***

- проверять герметичность соединений зажженной спичкой или зажигалкой;
- отогревать замерзший редуктор открытым огнем;
- пользоваться манометром, предел измерений которого не соответствует определяемым давлениям, стрелка которого при отключении редуктора не возвращается на нулевую отметку, у которого разбито стекло или имеются другие повреждения.

### ***Рукава***

**Рукава (шланги)** представляют собой гибкие трубопроводы, служащие для транспортирования газа к месту работы и подачи его в горелку. В зависимости от назначения резиновые рукава для газовой сварки подразделяют на три класса:

I – для подачи ацетилена, городского газа, технического пропана и других горючих газов под давлением до 630 кПа (6,3 кгс/см<sup>2</sup>). Окраска рукавов красная;

II – для подачи жидкого топлива (бензин, уайт-спирит, керосин или их смеси) под давлением до 630 кПа (6,3 кгс/см<sup>2</sup>). Окраска рукавов желтая;

III – для подачи газообразного кислорода под давлением до 2,0 МПа (20 кгс/см<sup>2</sup>). Окраска рукавов синяя.

Рукава изготавливают из резины, армированной слоями ткани. Кислородные рукава имеют внутренний и наружный слои из вулканизированной резины и несколько слоев из льняной или хлопчатобумажной ткани.

Рукава применяют при температуре окружающей среды от –35 до +50 °С. Для работы в северных широтах необходимы рукава из морозостойкой резины, сохраняющей свои свойства при температуре до –65 °С.

Рукава I и II классов имеют четырехкратный, а III класса – трехкратный запас прочности по отношению к рабочему давлению.

Рукава изготавливают с внутренним диаметром, равным 6,3; 8; 9; 10; 12; 12,5 и 16 мм. Рукава длиной 10 и 20 м поставляют в виде бухт. Оптимальная длина рукава 9—30 м. При ее увеличении возрастают потери давления газа.

### **Правила безопасной работы с рукавами**

#### ***До сварки:***

- при укладке рукавов их нельзя сплющивать, скручивать и перегибать;
- кислородные рукава удлиняют с помощью латунных, а ацетиленовые – стальных ниппелей, закрепляемых снаружи хомутами;
- для защиты рукавов от механического воздействия при прокладке их через дорогу следует прикрывать их уголком или швеллером;
- рукава крепят к ниппелям хомутами или мягкой отожженной проволокой (в двух местах на одном ниппеле);
- на ниппели водяных затворов рукава должны плотно надеваться и оставаться незакрепленными.

#### ***Во время сварки:***

- защищают рукава от нагрева солнечной радиацией и тепловым потоком, поступающим от свариваемого изделия;
- следят за тем, чтобы вещества, разрушающие резину, не соприкасались с рукавами или случайно не попадали на них;
- при перемещении рукавов избегают резких рывков;
- в случае возгорания рукава необходимо быстро перегнуть его возле горящего места со стороны редуктора или газогенератора и закрыть вентиль баллона.

#### ***После сварки:***

- очистить рукава от остатков грязи, свернуть в бухту и разместить на хранение в сухом помещении при температуре 0—25 °С.

#### **Запрещается:**

- держать рукава в натянутом состоянии;
- наматывать их на руку, держать между ног, на плечах, обматывать вокруг пояса;
- допускать попадание на рукава искр, брызг металла и воздействие высоких температур;
- пользоваться дефектными или замасленными рукавами;
- использовать гладкие патрубки и обрезки труб для соединения рукавов;
- применять более двух соединений на одном рукаве;
- соединять рукава длиной менее 3 м;
- прокладывать рукава по лужам масла, грязи, химически активных отходов;

- ремонтировать рукава с применением изоляционных лент, лейкопластыря и других подобных материалов;
- использовать рукава, по которым подавались ацетилен и горючие жидкости, для транспортирования кислорода, и наоборот;
- хранить рукава в помещениях при высокой температуре.

### **Сварочные горелки**

Основным инструментом газосварщика является сварочная горелка – устройство для смешения газов, формирования сварочного пламени и регулирования его вида и мощности. Сварочные горелки, в соответствии с ГОСТ 1077-79, классифицируют по следующим признакам:

- способу подачи горючего газа и кислорода в смесительную камеру – инжекторные и безынжекторные;
- роду горючего газа – ацетиленовые, водородные, для газов-заменителей и жидких горючих;
- числу факелов – однопламенные и многопламенные;
- назначению – универсальные (сварка, резка, пайка, наплавка) и специализированные для выполнения одной операции;
- мощности пламени – горелки микромощности (расход ацетилена 5—60 дм<sup>3</sup>/ч), малой (60—700 дм<sup>3</sup>/ч), средней (700—2500 дм<sup>3</sup>/ч) и высокой (2500—7000 дм<sup>3</sup>/ч) мощности;
- способу применения – ручные, машинные.

В безынжекторных горелках горючий газ и кислород поступают в смеситель под одинаковым давлением. Инжекторные горелки имеют устройство, обеспечивающее подачу горючего газа низкого давления в смесительную камеру за счет всасывания его струей кислорода, подводимого под более высоким давлением. Это устройство называется инжектором, а явление подсоса – инжекцией. Наиболее эффективны инжекторные горелки, отличающиеся высокой безопасностью, простотой обслуживания, надежностью работы и универсальностью.

На рис. 31, а – в представлены схема инжекторной горелки и конструкция инжекторного устройства. Кислород из баллона под рабочим давлением через ниппель, газоподводящую трубку и вентиль поступает в сопло инжектора. Выходя из сопла с большой скоростью, он создает разрежение в ацетиленовом канале, в результате чего ацетилен, проходя через ниппель, трубку и вентиль, подсасывается в смесительную камеру. В этой камере образуется горючая смесь, которая, проходя через наконечник и мундштук, сгорает на выходе из горелки, образуя сварочное пламя.

Для нормальной работы инжекторных горелок необходимо, чтобы давление кислорода составляло 150–500 кПа (1,5–5,0 кгс/см<sup>2</sup>), а давление ацетилена – 3–120 кПа (0,03–1,2 кгс/см<sup>2</sup>). Устойчивое горение пламени достигается при скорости истечения горючей смеси 50–170 м/с.

На рис. 31, д представлена схема безынжекторной горелки. Вместо инжектора у нее – смесительная камера наконечника. При подключении безынжекторной горелки к газовым баллонам применяют редуктор, который автоматически поддерживает равенство рабочих давлений кислорода и ацетилена (рис. 31, г).

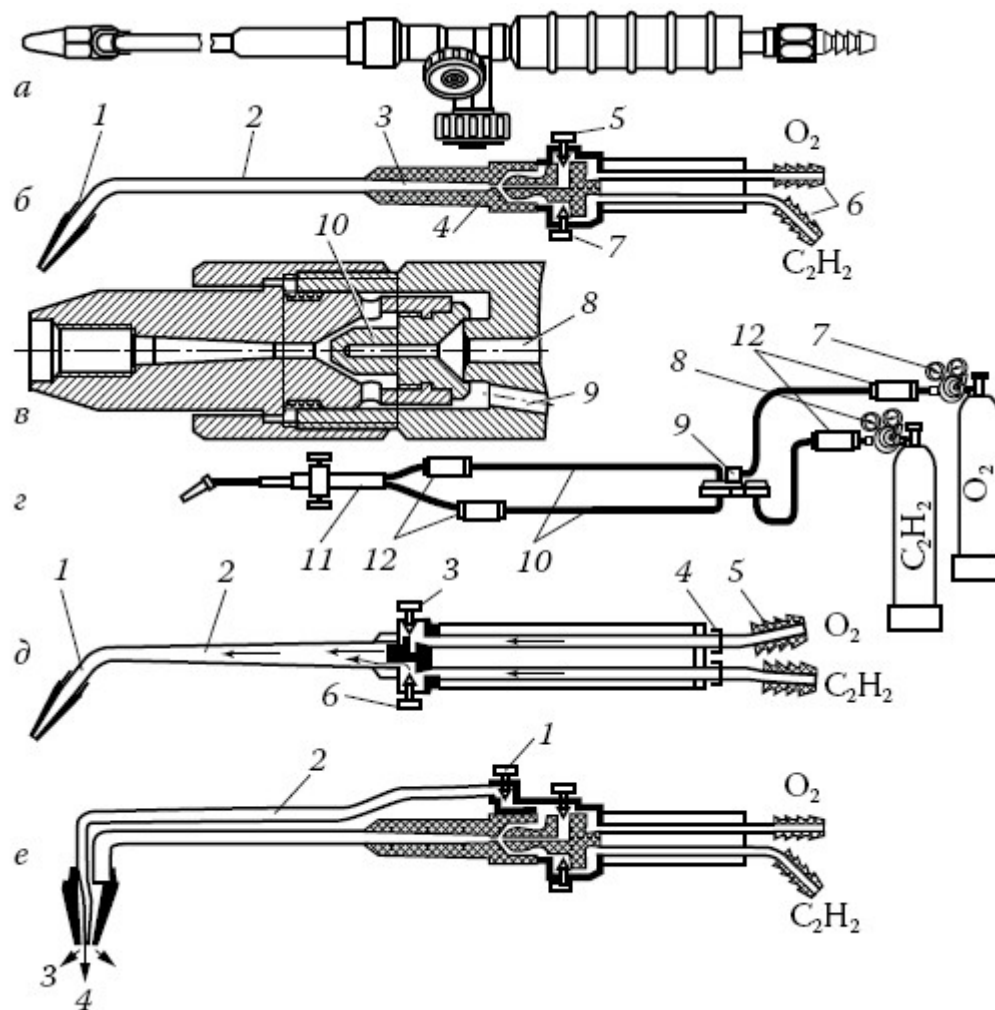


Рис. 31. Горелки:

а – общий вид инжекторной горелки; б – в – конструкция горелки и инжектора (1 – мундштук; 2 – наконечник; 3 – смесительная камера; 4 – сопло инжектора; 5, 7 – вентили кислорода и ацетилена; 6 – ниппели; 8, 9 – каналы для подачи кислорода и ацетилена; 10 – инжектор); г – схема подключения безынжекторной горелки к газовым баллонам; д – конструкция безынжекторной горелки (1 – мундштук; 2 – наконечник; 3, 6 – вентили кислорода и ацетилена; 4, 5 – ниппели кислорода и ацетилена; 7, 8 – баллонные редукторы; 9 – редуктор равных давлений; 10 – рукава; 11 – горелка; 12 – предохранительные устройства); е – инжекторный резак (1 – вентиль режущей струи кислорода; 2 – трубка подачи кислорода к мундштуку; 3 – подогревающее пламя; 4 – режущая струя кислорода)

Кислород через ниппель, регулировочный вентиль и специальные дозирующие каналы поступает в смесительную камеру горелки. Аналогично через ниппель и вентиль подается ацетилен. Из смесительной камеры горючая смесь проходит через наконечник и выходит из мундштука, образуя сварочное пламя.

Мощность пламени выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла и его теплофизических свойств. Регулируют пламя подбором наконечника горелки. Правила выбора сварочной горелки и наконечников к ней приведены в табл. 22 и 23.

### Правила безопасной работы с газовыми горелками

#### До сварки:

- после осмотра горелки устанавливают наконечник того номера, который соответствует толщине свариваемого металла;
- проверяют надежность резьбовых соединений и при необходимости подтягивают накидные гайки наконечника и ниппелей рукавов;
- проверяют герметичность сальников вентиля и при необходимости подтягивают сальниковую гайку;
- проверяют наличие разрежения (подсоса) во входном ацетиленовом ниппеле при пуске кислорода. Для этого нужно присоединить кислородный шланг к ниппелю и установить давление кислорода по манометру редуктора (например, для наконечника № 4 давление выставляют 200–400 кПа). Затем полностью открыть вентиль ацетилена, а затем кислорода и убедиться в наличии разрежения, поднеся большой палец к ниппелю ацетилена (палец должен присасываться). При слабом разрежении должна быть проверена величина зазора между концом инжектора и входом в смесительную камеру. В случае необходимости нужно повернуть инжектор на 1/2—1 оборота из смесительной камеры;
- если разрежение отсутствует (нет подсоса), следует проверить, не засорено ли отверстие инжектора или мундштука, плотно ли прижат инжектор к седлу горелки.

***Вовремя сварки:***

- устанавливают необходимые рабочие давления на редукторах: 100 кПа (1 кгс/см<sup>2</sup>) – на ацетиленовом, 400–500 кПа (4–5 кгс/см<sup>2</sup>) – на кислородном;
- для создания разрежения в канале горючего газа на четверть оборота открывают кислородный вентиль горелки;
- открывают вентиль горючего газа на 1 оборот и поджигают горючую смесь, истекающую из мундштука;
- с помощью вентиля горелки регулируют мощность и состав пламени в зависимости от марки свариваемого металла и его толщины;
- при хлопках следует перекрыть ацетиленовый, а затем кислородный вентили горелки;
- в случае интенсивного нагрева мундштука горелки необходимо погасить пламя и охладить горелку в воде.

***После сварки:***

- перекрывают вентили горелки: сначала вентиль горючего газа, а затем кислорода;
- вывертывают нажимные регулировочные винты редукторов;
- открывают вентили на горелке и выпускают остатки газов, находящихся в рукавах;
- проверяют состояние мундштуков и при необходимости очищают их наружную поверхность от брызг расплавленного металла протиркой о пластину свинца или брусок дерева;
- шестигранной иглой из латуни или другого металла, более мягкого, чем медь, прочищают внутренний канал мундштука;
- при чрезмерной разработке и обгорании мундштука его следует заменить.

***Запрещается:***

- проводить газосварочные работы при разгерметизации соединений;
- перемещаться с зажженной горелкой вне места сварки, подниматься по трапам, лесам, переходить с этажа на этаж;
- продолжать работу после обратного удара пламени или выявления неисправности аппаратуры;
- оставлять без присмотра горелку с открытыми вентилями или зажженным пламенем;
- проводить сварку при отсутствии на рабочем месте ведра с чистой водой;
- выполнять газосварочные работы в помещении без вентиляции.

### ***Предохранительные устройства***

При работе с газовым оборудованием серьезную опасность представляет возможность попадания в него взрывной волны при обратных ударах пламени из сварочной горелки или резака. Обратным ударом называется воспламенение смеси газов в каналах горелки или резака и распространение пламени навстречу потоку горючей смеси. Дело в том, что горючая смесь сгорает с определенной скоростью. Из отверстия мундштука горелки или резака она вытекает также с определенной скоростью, которая должна быть больше скорости сгорания. В противном случае пламя проникнет в канал мундштука и воспламенит смесь в каналах горелки или резака, что вызовет обратный удар пламени. Обратный удар может произойти также от перегрева и засорения канала мундштука горелки.

Обратный удар характеризуется резким хлопком и гашением пламени. Горящая смесь газов устремляется по ацетиленовому каналу горелки или резака в шланг, а при отсутствии предохранительного затвора – в источник горючего газа, что может привести к его взрыву и вызвать серьезные разрушения и травмы.

Безопасность работ при газовой сварке обеспечивает группа предохранительных устройств, устанавливаемых между баллоном и горелкой (рис. 31, г, поз. 12). К ним относятся обратный клапан, пламегаситель, предохранительный и отсечный клапаны.

**Обратный клапан** – предохранительное устройство, предотвращающее обратный ток газа. Его устанавливают на редуктор. Клапан открывается под действием газовой струи, а закрывается под действием пружины, когда давление газа на выходе из клапана превышает давление при нормальном потоке газа.

Обратный клапан, срабатывающий при определенном давлении, присоединяют к горелке для предотвращения обратного тока газа и снижения вероятности обратного удара пламени, когда давление газа на выходе превышает нормальное.

**Пламегаситель** подключают к горелке. Это предохранительное устройство, предотвращающее прохождение в защищаемое оборудование, аппаратуру и коммуникации пламени при его обратном ударе. Пламегасители подразделяют на два класса: класс I (тяжелый тип) и класс II (легкий тип). В зависимости от конструкции различают пламегасители одно- и двустороннего действия.

**Предохранительный клапан** – устройство, автоматически сбрасывающее газ в атмосферу при превышении заданного уровня давления и прекращающее истечение газа при снижении давления до этого уровня.

**Предохранительные затворы** бывают *водяные* и *сухие*. Первые предназначены для защиты ацетиленовых генераторов и трубопроводов для горючих газов от проникновения в них пламени при обратном ударе, а также кислорода из горелки или резака и воздуха из атмосферы. Для работы с баллонными редукторами применяют сухие затворы. Это комбинированные предохранительные устройства на основе пористой вставки из металлокерамики в сборе с обратными клапанами.

**Отсечный клапан** – предохранительное устройство, прекращающее подачу газа при критическом значении температуры, наличии противодействия на выходе из клапана либо превышении заданного значения расхода газа.

## **Техника выполнения сварных швов**

### ***Подготовка кромок***

Вид подготовки кромок зависит от толщины свариваемых деталей. При толщине листового металла 0,5–2 мм подготовка сводится к торцеванию или отбортовке кромок. Сварку осуществляют встык без присадочного материала – только за счет расплавления кромок.

При толщине 1–5 мм отторцованные без скоса кромки собирают с зазором 0,5–2 мм и сварку проводят с использованием присадки. При толщине металла 4–8 мм можно проводить сварку без скоса кромок, но при этом зазор увеличивается до 1–2 мм и шов должен быть двусторонним.

При толщине металла 5–10 мм выполняют V-образную разделку кромок (70–90°). Зазор под заполнение присадочным материалом составляет от 2 до 4 мм, притупление кромок 1,5–3 мм.

Для металла толщиной свыше 10 мм применяют двустороннюю (X-образную) разделку со скосом кромок под углом 35–45°. Зазор может быть в пределах 2–4 мм, таким же по величине делают и притупление.

Перед сборкой область шириной 20–30 мм, расположенная вблизи свариваемых кромок, должна быть очищена от ржавчины, грязи, краски и окалины.

При выполнении угловых швов зазор между кромками свариваемых деталей устанавливается 1–2 мм. При толщине свариваемого металла более 5–6 мм производится одно- или двусторонний скос кромок под углом 50–60°.

## Способы и техника сварки

Основными параметрами газовой сварки являются вид и мощность пламени, диаметр присадочной проволоки и скорость сварки.

**Вид пламени** зависит от свариваемого материала: нормальным пламенем сваривают углеродистые и легированные стали, науглероживающим – чугун, окислительным – латуни. Выбор нужного вида пламени осуществляется по характеру его свечения.

Для выполнения сварочных работ необходимо, чтобы сварочное пламя обладало достаточной мощностью, которая определяется количеством ацетилена, проходящего за 1 ч через горелку, и регулируется наконечниками горелки. Мощность пламени горелки, выбираемая в соответствии с толщиной свариваемого металла и его теплофизическими свойствами, определяется расходом ацетилена, необходимым для его расплавления. Чем толще свариваемый металл и выше его теплопроводность (как, например, у меди и ее сплавов), тем выше должна быть мощность пламени. Ее регулируют ступенчато – подбором наконечника горелки и плавно – вентилями на горелке.



Для сварки низкоуглеродистой стали на 1 мм толщины свариваемого металла требуется 100–130 дм<sup>3</sup> ацетилена в час. При сварке низкоуглеродистой стали толщиной 3 мм минимальная мощность сварочной горелки составит 100 · 3 = 300 дм<sup>3</sup>/ч, максимальная – 130 · 3 = 390 дм<sup>3</sup>/ч.

Диаметр присадочной проволоки ( $d_{\text{п}}$ ) выбирают в зависимости от толщины свариваемого металла ( $S$ ) и способа сварки. При сварке низко- и среднеуглеродистых сталей левым

способом  $d_{\text{п}} = \frac{S}{2} + 1$  (мм). При сварке правым способом  $d_{\text{п}} = \frac{S}{2}$  (мм).

**Скорость сварки** сварщик устанавливает в соответствии со скоростью плавления кромок детали. Этот параметр непосредственно зависит от мастерства сварщика.

При газовой сварке составными элементами техники сварки являются:



- угол наклона мундштука горелки к поверхности свариваемых кромок;
- способ сварки;
- манипуляции мундштуком горелки и присадочной проволокой при движении пламени вдоль шва.

Скорость плавления (и, соответственно, скорость сварки) регулируют путем изменения угла наклона мундштука к поверхности свариваемого металла (рис. 32). Угол выбирают в зависимости от толщины и рода свариваемого металла. Чем толще металл и выше его теплопроводность, тем больше угол наклона мундштука горелки к поверхности свариваемого металла. Так, при сварке меди угол должен быть большим, чем для углеродистых сталей. В начале сварки для лучшего прогрева металла угол наклона устанавливают около  $90^\circ$ , затем по мере прогрева свариваемого металла снижают до величины, соответствующей толщине металла, а в конце сварки постепенно уменьшают, чтобы лучше заполнить кратер и предотвратить пережог металла.



Рис. 32. Угол наклона мундштука горелки в зависимости от толщины металла

Способы сварки проиллюстрированы на рис. 33, а – б. Сварочную горелку держат в правой руке, а в левой – присадочную проволоку. Пламя горелки направляют на металл так, чтобы свариваемые кромки находились в восстановительной зоне на расстоянии 2–6 мм от конца ядра. Сварочную проволоку располагают под углом около  $45^\circ$  в сторону, противоположную наклону мундштука горелки. Конец присадочной проволоки должен находиться в восстановительной зоне или в сварочной ванне.

Рукоятка горелки может располагаться вдоль оси шва или перпендикулярно к ней. То или иное положение выбирается в зависимости от условий и удобства работы газосварщика: его руку не должен обжигать нагретый металл.

Горелка в руке сварщика может перемещаться в двух направлениях:

- справа налево, когда пламя направлено на холодные, еще не сваренные кромки металла, а присадочная проволока подается впереди пламени. Такой способ получил название левого и применяется при сварке тонкостенных (толщиной до 3 мм) конструкций и легкоплавких металлов и сплавов;

– слева направо, когда пламя направлено на сваренный участок шва, а присадочная проволока подается вслед за пламенем. Такой способ называется правым и используется для сварки конструкций с толщиной стенки свыше 3 мм и металлов с большой теплопроводностью. Качество шва при правом способе сварки выше, чем при левом, так как металл лучше защищен пламенем горелки от воздействия воздуха.

В процессе сварки конец мундштука горелки совершает одновременно два движения: поперечное – перпендикулярно к оси шва и продольное – вдоль оси шва. Основным является продольное движение, поперечное служит для равномерного прогрева кромок основного и присадочного металла и получения шва необходимой ширины.

Присадочной проволокой можно совершать такие же колебательные движения, но в направлениях, противоположных движениям конца мундштука горелки. Конец присадочной проволоки не рекомендуется извлекать из сварочной ванны и особенно из восстановительной зоны пламени.

Вид движений, совершаемых мундштуком и проволокой, зависит от положения шва в пространстве, толщины свариваемого металла, рода металла и требуемых размеров сварочного шва (рис. 33, в). Так, для сварки швов в нижнем положении наиболее распространено движение полумесяцем; при сварке металла средней толщины – по спирали; при толщине металла более 8 мм – зизгагообразное. При сварке угловых швов пламя и конец присадочной проволоки перемещают с большей задержкой по краям шва. Тонкий металл сваривают прямолинейным движением без поперечных колебаний горелки.

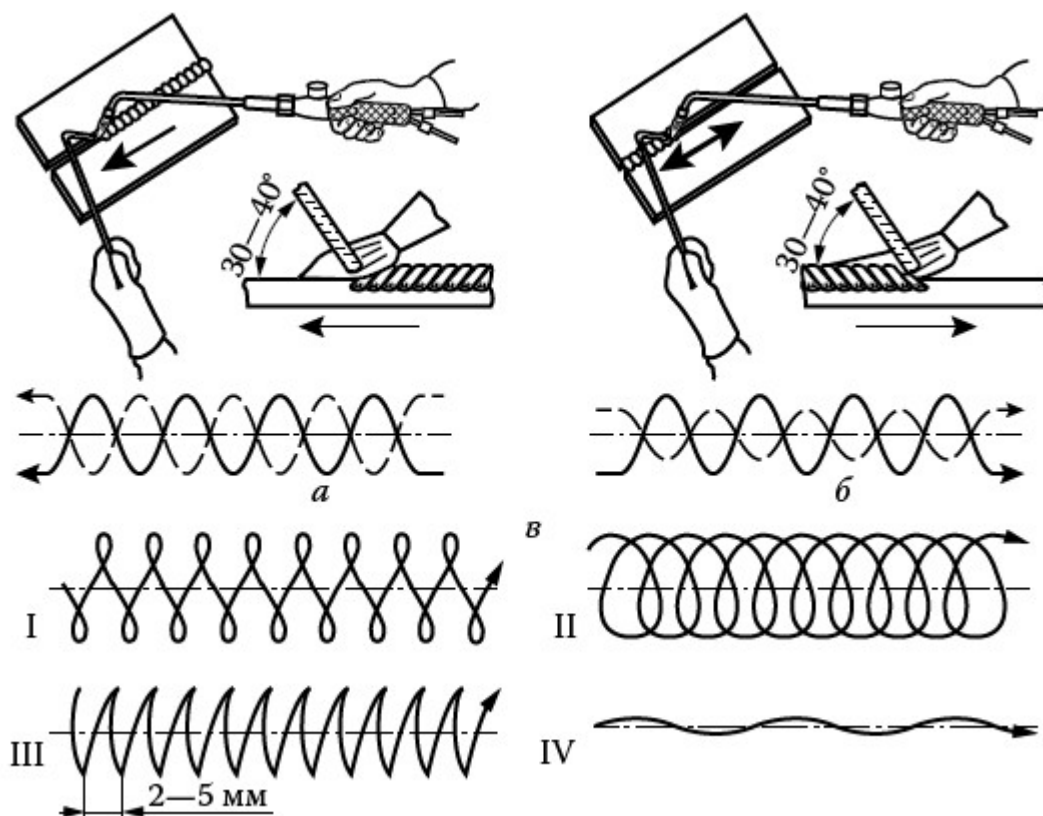


Рис. 33. Техника сварки:

а – левый способ; б – правый способ (сплошной линией показано движение горелки; пунктирной – движение присадочной проволоки; стрелками указано направление сварки); в – манипуляции мундштуком горелки при сварке: I – восьмеркой; II – по спирали; III – полумесяцем; IV – прямолинейно

## Сварка в различных пространственных положениях

**Сварка в нижнем положении.** Нижние швы выполнять наиболее легко, так как расплавленный присадочный металл не вытекает из сварочной ванны. Кроме того, за сваркой такого шва удобно наблюдать.

В расплавленную ванну вводят конец проволоки и расплавляют небольшое ее количество, после чего перемещают в восстановительную зону пламени. Мундштуком совершают круговые движения и перемещают его для образования новой ванночки, которая должна перекрывать предыдущую на  $1/3$  диаметра. После расплавления новой ванны в нее погружают конец проволоки и повторяют процедуру.

Нижние швы выполняют как левым, так и правым способом в зависимости от толщины свариваемого металла. Тонкие пластины с отбортовкой кромок сваривают левым способом. Шов формируют без присадочного материала, за счет расплавления основного металла (рис. 34, а).

**Сварка нахлесточных швов.** Шов накладывают левым способом с присадочным материалом (рис. 34, б). При вынужденных перерывах в работе перед возобновлением процесса сварки нужно переплавить закристаллизовавшийся в кратере металл. Вообще, для получения нахлесточных швов рациональнее использовать дуговую сварку, а газовая применяется только при крайней необходимости (за исключением сварки свинца) из-за коробления соединяемых листов.

**Сварка в вертикальном положении.** Вертикальные швы при малой толщине металла сваривают сверху вниз правым способом (рис. 34, в) и снизу вверх правым или левым способом (рис. 34, г – д). Сварка тонколистового металла толщиной не более 4–5 мм производится снизу вверх левым способом. Горелку перемещают таким способом, чтобы не дать стечь расплавленному металлу, и давлением газов пламени поддерживают в зазоре ванночку металла. Сварка сверху вниз правым способом требует большой сноровки – металл удерживают от стекания концом присадочной проволоки, погруженной в ванну.

При сварке металла толщиной от 2 до 20 мм вертикальные швы целесообразно выполнять способом двойного валика (рис. 34, е). В этом случае скоса кромок не делают и свариваемые детали устанавливают с зазором, равным половине толщины свариваемого металла. Процесс ведется снизу вверх.

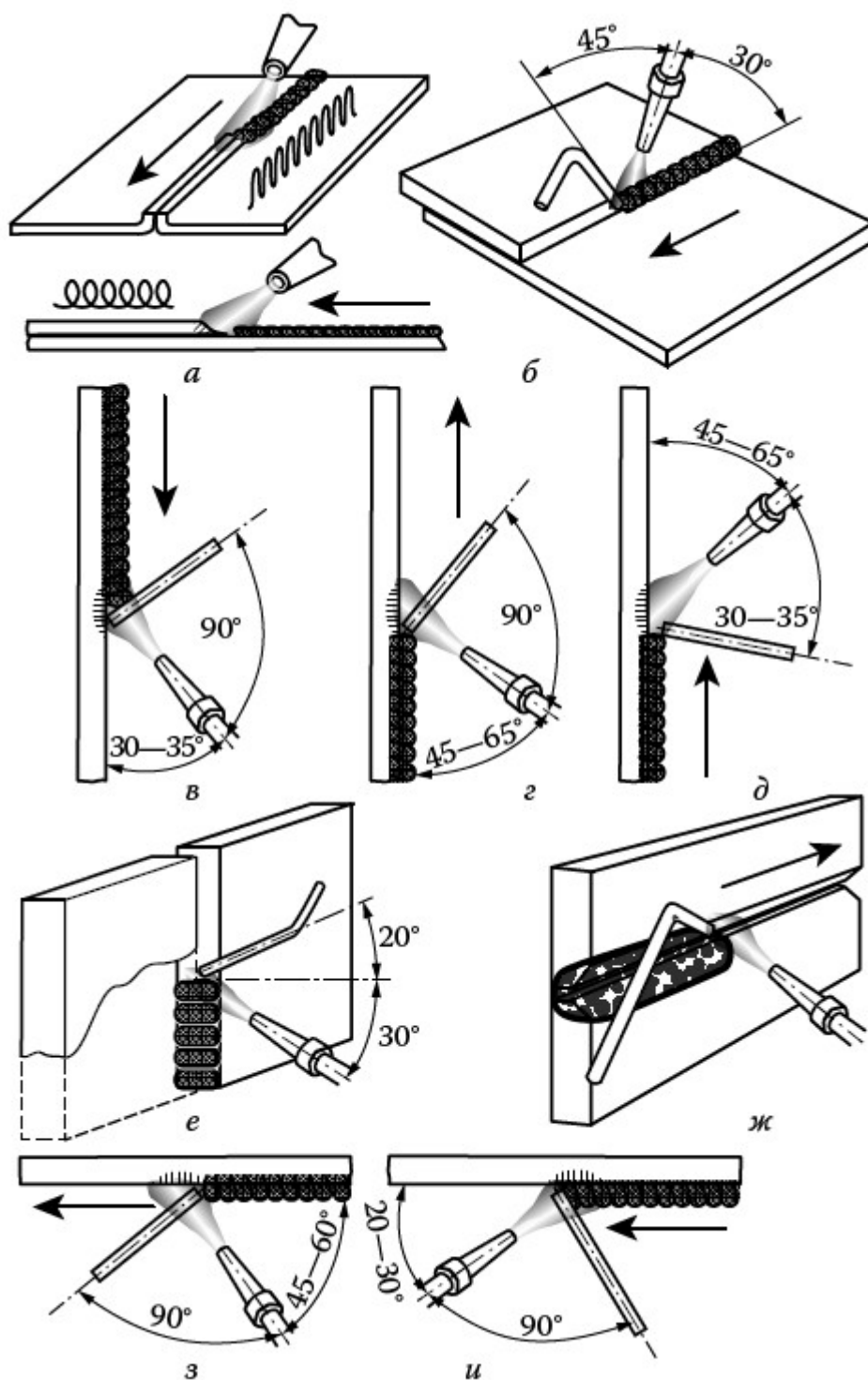


Рис. 34. Выполнение сварочных швов в разных пространственных положениях:

а – нижнем для тонкого металла с отбортовкой кромок; б – нахлесточных; в – вертикальных сверху вниз правым способом; г, д – вертикальных снизу вверх левым и правым способами; е – вертикальных двойным валиком; ж – горизонтальных; з, и – потолочных левым и правым способами

При толщине металла более 6 мм сварку таким способом выполняют два сварщика одновременно с противоположных сторон. В нижней части стыка проплавляется сквозное отверстие. Пламя, постепенно поднимаясь снизу вверх, оплавляет верхнюю часть отверстия. Шов формируется на всю толщину, а усиление получается с обеих сторон стыка. Затем пере-

мещают пламя выше, оплавляя верхнюю кромку отверстия и накладывая следующий слой металла на нижнюю сторону отверстия. Процесс продолжают до полного получения шва.

Горизонтальные швы на вертикальной плоскости, при сварке которых металл может стекать на нижнюю кромку, выполняют правым способом, держа конец проволоки сверху, а мундштук горелки снизу ванны (рис. 34, ж). Сварочная ванна располагается под небольшим углом к оси шва, что облегчает формирование шва и предотвращает стекание жидкого металла.

**Сварка в потолочном положении.** Наибольшие трудности возникают при сварке потолочных швов. Кромки нагревают до начала оплавления и в этот момент в сварочную ванну вводят присадочную проволоку, конец которой быстро оплавляется (рис. 34, з, и). Металл сварочной ванны удерживается от стекания вниз давлением газов пламени. Сварку лучше вести правым способом и выполнять в несколько слоев с минимальной толщиной каждого слоя. Присадочный пруток следует держать полого во избежание стекания по нему жидкого металла.

## Особенности газосварки различных металлов

### *Сварка углеродистых сталей*

**Низкоуглеродистые стали** обладают хорошей свариваемостью в широком диапазоне значений тепловой мощности пламени. Вид пламени – нормальное. Его тепловую мощность при левом способе сварки выбирают исходя из расхода ацетилена 100–130 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины свариваемого металла, а при правом способе – 120–150 дм<sup>3</sup>/ч.

Сварку проводят как левым, так и правым способами без флюса с использованием в качестве присадочного материала сварочной проволоки следующих марок:

- Св-08 и -08А – для неответственных конструкций;
- Св-08Г, – 08ГА, – 10ГА и -14ГС для ответственных конструкций.

Для уплотнения и повышения пластичности наплавленного металла после сварки применяют проковку и последующую термообработку шва. Проковку рекомендуется осуществлять при температуре светло-красного каления (800–850 °С) и заканчивать при температуре темно-красного каления. Термической обработке после сварки подлежат ответственные и толстостенные конструкции.

Свариваемость ухудшается по мере увеличения содержания углерода в стали. В сварном шве и околошовной зоне среднеуглеродистых сталей могут образовываться как горячие, так и холодные трещины. Для сварки нужно нормальное или слегка науглероживающее пламя. Его тепловая мощность должна быть меньше, чем при сварке низкоуглеродистых сталей (расход ацетилена 75–100 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла).

Сварку сталей при содержании углерода до 0,45 % проводят без флюса, а при 0,45–0,6 % – с флюсами следующих составов, %:

- прокаленная бура – 100;
- карбонат калия – 50, гидроортофосфат натрия – 50;
- борная кислота – 70, карбонат натрия – 30.

В качестве присадочного материала используют проволоку марок Св-08ГА, – 10ГА и -12ГС.

При толщине металла свыше 3 мм осуществляют общий подогрев изделия до температуры 250–350 °С или местный подогрев горелками до температуры 600–650 °С.

Сварку выполняют только левым способом, чтобы уменьшить перегрев основного металла. Для улучшения механических свойств сварного соединения шов проковывают при

температуре 850–900 °С с последующим высокотемпературным отпуском при температуре 600–650 °С.

**Высокоуглеродистые стали** плохо свариваются из-за образования трещин в закалочных структурах основного металла. Вид пламени – нормальное или слегка науглероживающее. Его тепловую мощность выбирают исходя из расхода ацетилена 75–90 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла.

Сварку выполняют левым способом без поперечных колебаний мундштука горелки с применением флюсов и проволок тех же марок, что и при сварке среднеуглеродистых сталей. Обязателен подогрев до температуры 250–350 °С. После сварки рекомендуется проковка шва с последующей нормализацией или отпуском.

### *Сварка легированных сталей*

**Низколегированные строительные стали** 10ХСНД и 15ХСНД обладают хорошей свариваемостью. Вид пламени – нормальное. Его тепловую мощность выбирают исходя из следующих значений расхода ацетилена на 1 мм толщины металла:

- при левом способе сварки – 75–100 дм<sup>3</sup>/ч;
- при правом – 100–130 дм<sup>3</sup>/ч.

Сварку осуществляют как левым, так и правым способами без флюса с применением в качестве присадочного материала сварочной проволоки марок Св-08, -08А и -10Г2.

Для улучшения механических свойств металла шва его проковывают при температуре светло-красного каления (800–850 °С), а затем осуществляют нормализацию.

**Низколегированные теплоустойчивые стали** (молибденовые 12М, 15М, 20М и 2МЛ и хромомолибденовые 12ХМ, 15ХМ, 20ХМ и 30ХМ) способны закаливаться на воздухе. При сварке происходит выгорание хрома и молибдена.

Вид пламени – нормальное, расход ацетилена – 100 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла.

Сварку проводят как левым, так и правым способами без применения флюса с использованием в качестве присадочного материала сварочной проволоки марок Св-08ХНМ, – 10ХНМА, – 18ХМА, – 08ХМ и -10ХМ. Рекомендуется предварительный подогрев стыка до температуры 250–300 °С.

При толщине металла до 5 мм сварку осуществляют за один проход с минимально возможным числом перерывов. При вынужденных перерывах перед возобновлением сварки необходимо подогреть весь стык до температуры 250–300 °С. По окончании сварки пламя горелки следует медленно отвести вверх от стыка, чтобы газы полностью выделились из расплавленного металла. Затем сваренные детали нагревают горелкой: соединения из молибденовой стали – до температуры 900–930 °С, а из хромомолибденовой – до 930–950 °С. После нагрева изделия охлаждают на воздухе.

**Низколегированные хромокремнемарганцовистые стали** (20ХГС, 25ХГС, 30ХГС, 30ХГСА и 35ХГС) имеют склонность к закалке. Выгорание хрома и кремния приводит к образованию оксидов, шлаков и непроваров.

Вид пламени – нормальное, расход ацетилена 75–100 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла.

Сварку проводят преимущественно левым способом без флюса. Для неотчетственных конструкций используют сварочную проволоку Св-08 и -08А; для ответственных – Св-18ХГСА, – 19ХГС, – 13ХМА, – 18ХМА.

Сварку рекомендуется выполнять без перерывов, не задерживая пламя горелки на одном месте. Для снижения уровня деформаций сварку осуществляют от середины шва к краям обратноступенчатым способом. Для устранения образования трещин в металле шва и околошовной зоне изделия после сварки медленно охлаждают.

**Среднелегированные и высоколегированные хромистые стали** (1X13, 2X13 и др.) склонны к образованию закалочных структур на воздухе и трещин в области шва и околошовной зоне.

Вид пламени – нормальное; расход ацетилена – 70 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла.

В качестве присадочного материала используют сварочную проволоку марок Св-02X19Н9, -04X19Н9 и -06X19Н9Т. Сварку проводят с применением флюса следующего состава, %: борная кислота – 55, оксид кремния – 10, ферромарганец – 10, феррохром – 10, ферротитан – 5, титановая руда – 5, плавиковый шпат – 5.

Сварку выполняют в один слой с предварительным подогревом до температуры 200–250 °С и максимально допустимой скоростью, без перерывов и повторного нагрева. При толщине металла до 3 мм применяют левый способ сварки, при толщине свыше 3 мм – правый.

**Высоколегированные** (содержащие свыше 10 % легирующих элементов) хромистые (свыше 14 % хрома) и **хромоникелевые стали** сваривать газовой сваркой не рекомендуется из-за резкого ухудшения их эксплуатационных свойств.

### **Сварка чугуна**

**Горячая сварка чугуна** отличается предварительным подогревом свариваемой детали до температуры 500–700 °С в печи или горне и равномерным медленным охлаждением после сварки.

Вид пламени – нормальное или слегка науглероживающее. Его тепловую мощность выбирают исходя из расхода ацетилена 120 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины свариваемого металла.

Сварку осуществляют с применением флюсов (см. табл.17), способствующих удалению образующихся тугоплавких оксидов. В качестве присадочного материала используют чугунные прутки марки А, которыми перемешивают сварочную ванну для более полного выделения газа.

Во избежание образования закалочных структур следует исключить возможность быстрого охлаждения нагретых участков конструкции. Чтобы деталь во время сварки не охлаждалась, ее закрывают листовым асбестом, оставляя открытыми лишь места сварки. После наложения шва пламя горелки отводят от поверхности детали на 50–60 мм, подогревая наплавленный металл в течение 1–1,5 мин.

По окончании сварки изделие медленно охлаждается вместе с печью, где проводился подогрев, либо оно может быть укрыто асбестовыми листами или песком.

**Холодную сварку чугуна** обычно применяют при ремонте отбитых частей деталей.

Вид пламени – нормальное или слегка науглероживающее. Расход ацетилена составляет 100–120 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла, тепловая мощность пламени – максимально возможная. Перед сваркой необходимо подогреть завариваемые кромки пламенем горелки.

Сварку проводят как левым, так и правым способами в зависимости от толщины деталей, с применением флюсов (см. табл. 17) и присадочных материалов в виде прутков марок А и Б. Шов формируют в нижнем положении. После сварки горелку в течение 2–3 мин медленно отводят от сварного шва. Место сварки защищают асбестовыми листами или песком.

При заваривании дефектов сварку рекомендуется проводить отдельными сварочными ваннами длиной 20–50 мм.

**Пайкосварка чугуна** заключается в том, что до температуры плавления нагревают не свариваемый металл, а легкоплавкий (820–860 °С) присадочный материал, смачивающий свариваемые кромки.

Вид пламени – строго нормальное. Вместо ацетиленокислородного пламени можно использовать пропанокислородное. Его тепловую мощность выбирают исходя из расхода пропана 60–70 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла.

Перед сваркой изделие подогревают горелкой до температуры 300–400 °С. Толстостенные изделия и конструкции сложной формы нагревают в печи.

На нагретую поверхность наносят слой специального флюса марки ФСЧ-2 или МАФ-1 (см. табл. 18). Специальные чугунные присадочные прутки марки НЧ-2 или УНЧ-2 также покрывают флюсом, предварительно подогрев их. Места сварки зачищают до металлического блеска.

Вместо чугунных прутков эффективно применение латунной проволоки с более низкой температурой плавления (700–750 °С), при которой в чугуне не происходит структурных изменений. В качестве присадочного материала используют проволоку ЛОК 59-1-03 или ЛОМНА 49-05-10-4-0,4 и специальные флюсы – ФПСН-1 и ФПСН-2.

Сварку проводят левым способом. Расстояние между ядром пламени и концом прутка должно составлять 2–3 мм, угол между горелкой и деталью – 20–30°. После сварки изделие медленно охлаждают под слоем асбеста или в песке.

### ***Сварка цветных металлов***

К цветным металлам, которые хорошо соединяются газовой сваркой, относятся медь, алюминий и их сплавы.

**Сварка меди.** Высокая теплопроводность меди требует применения более мощного пламени, чем при сварке стали. При плавлении медь поглощает газы, находящиеся в воздухе, которые затрудняют газовую сварку и приводят к порообразованию. Склонность меди к окислению способствует образованию тугоплавких оксидов, что вкупе с примесями (свинец, сера, висмут и кислород) ухудшает ее свариваемость. Сильное тепловое расширение приводит к значительным деформациям металла.

Вид пламени – строго нормальное. Его тепловую мощность выбирают в зависимости от толщины свариваемых деталей:

- до 4 мм – исходя из расхода ацетиленового газа 150–175 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла;
- при толщине 4–10 мм – 175–225 дм<sup>3</sup>/ч.

Если толщина меди превышает 10 мм, сварку проводят двумя горелками: первая осуществляет подогрев, вторая – непосредственно сварку. Пламя должно быть «мягким» (с минимально возможной длиной ядра).

Сварку выполняют с применением флюса, предохраняющего медь от окисления (см. табл. 20). Для присадки используют прутки и проволоку из меди и ее сплавов с серебром, никелем, железом и другими металлами. Диаметр присадочной проволоки должен составлять 0,5–0,75 толщины металла, но не более 8 мм.

Сварку проводят как левым, так и правым способами с максимальной скоростью, без перерыва и за один проход. Для компенсации потерь теплоты вследствие ее отвода в основной металл применяют предварительный и сопутствующий подогрев свариваемых кромок. Сварку выполняют на асбестовой подкладке.

После сварки металла толщиной до 4 мм шов проковывают в холодном состоянии, при большей толщине – при нагреве до температуры 550–600 °С с охлаждением в воде.

**Сварка латуни.** Температура ее плавления изменяется в пределах 800–900 °С в зависимости от содержания цинка. Поглощение газов металлом в расплавленном состоянии приводит к порообразованию. Отмечается склонность металла шва и околошовной зоны к образованию трещин при температуре 300–600 °С. Сравнительно высокая теплопроводность латуни требует применения более мощного пламени, чем при сварке стали.





Выгорание цинка при сварке латуни оказывает отрицательное влияние на здоровье сварщика.

Вид пламени – окислительное, препятствующее выгоранию цинка из-за наличия оксидной пленки на поверхности свариваемого металла. Расход ацетилена 100–120 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла.

Изделия толщиной до 1 мм сваривают с отбортовкой кромок, 1–5 мм – с отторцованными кромками, 6–15 мм – с V-образной разделкой кромок, 15–25 мм – с X-образной разделкой. Кромки должны быть зачищены до металлического блеска. Возможно их травление 10 %-ным раствором азотной кислоты, после чего детали промывают горячей водой и насухо протирают ветошью.

Сварку проводят с максимально возможной скоростью левым способом с применением флюсов (см. табл. 20) и присадочных проволок Л63, ЛК62-0,5 или самофлюсующейся присадочной проволоки ЛКБ062—0,2–0,04—0,5. Конец ядра пламени располагают на расстоянии 7–10 мм от свариваемой поверхности. Конец присадочной проволоки должен постоянно находиться в зоне сварочного пламени, которое направляют на проволоку. Ее держат под углом 90° к мундштуку.

После сварки швы подвергают проковке. Латуни, содержащие более 40 % цинка, проковывают при температуре выше 650 °С, а менее 40 % – в холодном состоянии. Затем проводят отжиг изделия при температуре 600–650 °С.

**Сварка бронзы.** Температура плавления бронзы – 950–1080 °С. К факторам, затрудняющим проведение сварки и ухудшающим свойства сварного соединения, относятся выгорание олова и цинка, высокая жидкотекучесть бронзы и порообразование.

Вид пламени – строго нормальное. Его тепловую мощность выбирают исходя из расхода ацетилена 70–120 дм<sup>3</sup>/ч на 1 мм толщины металла. Пламя «мягкое», без перегрева жидкой ванны.

Сварку проводят с применением тех же флюсов и присадочных материалов, которые используют при сварке меди. Работа ведется преимущественно левым способом в нижнем положении на подкладных элементах из асбеста или графита. Конец ядра пламени располагают на расстоянии 7–10 мм от поверхности свариваемого металла. При сварке следует перемешивать сварочную ванну присадочным прутом, периодически добавляя флюс в жидкий металл.



Для получения соединений алюминиевых и кремнистых бронз газовая сварка используется редко. Они лучше свариваются аргонодуговым способом.

### **Сварка алюминия и его сплавов**

Процесс сварки затрудняет оксидная пленка, а высокая теплопроводность материала требует повышенной мощности пламени. В алюминии и его сплавах возникают значитель-

ные остаточные напряжения и деформации, велика вероятность образования трещин. При нагревании алюминий не меняет цвет, что осложняет работу сварщика.

Сварку проводят нормальным «мягким» пламенем. Его тепловую мощность выбирают исходя из расхода ацетилена  $75 \text{ дм}^3/\text{ч}$  на 1 мм толщины металла.

Основным видом соединений при газовой сварке алюминия и его сплавов является стыковое. Выполнять тавровые, угловые и нахлесточные соединения не рекомендуется. Кромки разделяют механическим способом и за 2 ч до сварки тщательно зачищают. Перед сваркой кромки деталей и присадочную проволоку промывают в течение 10 мин в щелочном растворе, содержащем 20–25 г едкого натра и 20–30 г карбоната натрия на  $1 \text{ дм}^3$  воды при температуре  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  с последующей промывкой в воде. После этого кромки и присадку протравливают в течение 2 мин в 15 %-ном растворе азотной кислоты, промывают в горячей и холодной воде, а затем сушат.

Сварку осуществляют в нижнем положении за один проход с максимально возможной скоростью. Детали толщиной свыше 10 мм перед сваркой рекомендуется подогреть до температуры  $300\text{--}350 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Сварку проводят с применением флюсов (см. табл. 19), в качестве присадочного материала используют сварочную проволоку одиннадцати марок (СвАК5, СвАМц, СвАМг3 и др.). После сварки остатки флюса тщательно удаляют.

Левым способом сваривают детали толщиной до 5 мм, правым – толщиной свыше 5 мм. Сварку плоских конструкций целесообразно выполнять обратноступенчатым методом.

### ***Сварка свинца***

Свинец отличается низкой температурой плавления ( $327 \text{ }^\circ\text{C}$ ) с образованием тугоплавкого оксида PbO (температура плавления  $850 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Низкие температура плавления и теплопроводность позволяют применять при газовой сварке свинца газы-заменители ацетилена – пропан-бутан, водород, природный и городской газы, пары бензина и керосина.

Наибольшее распространение получили нахлесточные и стыковые соединения. Листы толщиной до 1,5 мм сваривают встык без применения присадочного металла с отбортовкой кромок. Перед сваркой кромки тщательно зачищают до металлического блеска на ширину не менее 30 мм с обеих сторон шва. Детали толщиной до 6 мм сваривают встык без разделки кромок, а большей толщины – с разделкой под углом  $30\text{--}35 \text{ }^\circ\text{C}$  каждой стороны. Мощность сварочного пламени выбирают из расчета  $15\text{--}20 \text{ дм}^3/\text{ч}$  ацетилена на 1 мм толщины свариваемого металла.

Сварку свинца можно выполнять левым способом в любом пространственном положении. Присадочным материалом являются полоски свинца или свинцовая проволока. Наконечник горелки должен быть наклонен к поверхности свариваемого металла под углом  $45^\circ$ . Для удаления оксидной пленки рекомендуется применять флюс, состоящий из равных частей канифоли и стеарина. Чтобы предотвратить протекание металла при сварке свинца, используют подкладки.

## **Кислородная резка металла**

### ***Сущность процесса кислородной резки***

Кислородная резка металлов возможна благодаря тому, что малоуглеродистая сталь, нагретая до температуры, близкой к температуре плавления ( $1300\text{--}1400 \text{ }^\circ\text{C}$ ), способна интенсивно сгорать в струе технически чистого кислорода. При кислородной резке для нагревания металла применяется такое же пламя, как и при сварке. Сначала нагревают небольшой участок металла, намеченный линией разреза, а затем на нагретое место направляют струю кис-

лорода, перемещая одновременно подогревательное пламя дальше по линии разреза. Металл сгорает в струе кислорода, и по всей толщине разрезаемого металла образуется узкая щель. Соседние участки металла нагреваются сравнительно мало.

При сгорании металла образуются жидкие шлаки, которые выдуваются струей кислорода. При перемещении подогревательного пламени и струи кислорода по размеченной линии процесс резки происходит непрерывно. Кислородная резка проста, не требует сложного оборудования, поэтому имеет широкое применение при сборке санитарно-технических деталей.

Для сгорания 1 кг железа теоретически требуется от 0,29 до 0,38 м<sup>3</sup> кислорода, в зависимости от того, какой окисел получается при горении – FeO или Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Практический расход кислорода может сильно отличаться от теоретического, так как в шлаках присутствуют оба окисла в различных соотношениях, часть металла удаляется из разреза в расплавленном состоянии, часть кислорода расходуется на выдувание жидкого металла и шлаков, а также теряется в окружающую среду. Для резки применяют технический кислород чистотой 98,8—99,7 %. С понижением чистоты кислорода на 1 % его расход на 1 м длины резки возрастает на 25–35 %, а время резки – на 10–15 %. Это особенно заметно при резке стали больших толщин. Применять для резки кислород чистотой ниже 98 % нецелесообразно, так как поверхность реза получается недостаточно чистой, с глубокими рисками и трудноотделяемым шлаком.

Для резки металла кислородом необходимы следующие условия:

- температура горения металла в кислороде должна быть ниже температуры плавления, иначе металл будет плавиться и переходить в жидкое состояние до того, как начнется его горение в кислороде;

- образующиеся окислы металла должны плавиться при температуре более низкой, чем температура горения металла, и не быть слишком вязкими; в противном случае кислородная резка без применения специальных флюсов невозможна;

- количество тепла, выделяющееся при сгорании металла в кислороде, должно быть достаточно большим, чтобы обеспечить поддержание процесса резки. При резке стали около 70 % тепла, используемого для подогревания, выделяется при сгорании металла в кислороде и только 30 % подводится от подогревающего пламени;

- теплопроводность металла не должна быть слишком высокой, иначе вследствие интенсивного теплоотвода процесс резки может прерваться.

Перечисленным выше условиям наиболее полно отвечают чистое железо, низко- и среднеуглеродистые, а также низколегированные стали при содержании углерода до 0,3 %.



На температуру загорания, кроме состава металла, оказывает влияние также состояние поверхности металла, величина его кусков, давление и скорость потока кислорода. Шероховатая поверхность облегчает загорание металла в кислороде. Порошок железа может воспламениться в чистом кислороде при температуре 315 °С, т. е. значительно более низкой, чем прокатанный металл. Металл на поверхности крупного куска стали загорается при температуре 1200–1300 °С. При давлении 25 кгс/см<sup>2</sup> и скорости потока кислорода 180 м/с температура загорания углеродистой стали в кислороде снижается до 700–750 °С.

Среднеуглеродистые стали (углерод до 0,7 %) режутся хуже. Резка высокоуглеродистых сталей вообще проблематична, а при  $C > 1\%$  резка вообще невозможна без специальных флюсов.

Высоколегированные стали тоже не поддаются кислородной резке. Возможна только кислородно-флюсовая резка с применением специальных флюсов или плазменно-дуговая (с применением специального оборудования). Плазменно-дуговая резка применяется и для разделки алюминия и его сплавов, для которых кислородная резка исключена. Чугун не режется вследствие низкой температуры плавления и высокой температуры начала горения.

Цветные металлы не поддаются кислородной резке из-за высокой температуры плавления их оксидов и значительной теплопроводности.

### ***Режимы резки***

Основные показатели режима резки – это давление режущего кислорода и скорость резки, которые определяются толщиной разрезаемой стали. Величина давления кислорода зависит от конструкции резака, применяемых мундштуков, величины сопротивлений в кислородоподводящих коммуникациях и арматуре.

На скорость резки влияют также: метод резки (ручной или машинный); форма линии реза (прямолинейная или фасонная) и, наконец, вид резки (разделочная, заготовительная с припуском на механическую обработку, заготовительная под сварку, чистовая).

Кислородную резку производят резаком, представляющим собой специальную сварочную горелку с дополнительным устройством для подвода к соплу кислорода. Резаки классифицируют по следующим признакам:

- виду резки – разделительной, поверхностной, кислородно-флюсовой;
- назначению – для ручной резки, механизированной резки, специальные;
- роду горючего – для ацетилена, газов-заменителей, жидких горючих (пары бензина, керосина);
- принципу действия – инжекторные, безынжекторные;
- давлению кислорода – высокого, низкого;
- конструкции мундштуков – щелевые, многосопловые.

Наиболее популярны универсальные инжекторные ручные резаки со щелевыми мундштуками (см. рис. 31, е). Резак состоит из рукоятки, газоподводящих трубок, корпуса с вентилями и головки, в которую ввертываются мундштуки. Применяют два основных типа мундштуков: с кольцевым подогревательным пламенем или щелевые и многосопловые. Щелевые мундштуки состоят из внутреннего и наружного мундштуков, которые ввертываются на резьбе в головку резака или присоединяются к ней накидной гайкой. По кольцевому зазору между наружным и внутренним мундштуками поступает горючая смесь подогревательного пламени. По центральному каналу внутреннего мундштука подается струя кислорода, в которой сгорает разрезаемый металл.

Многосопловые мундштуки хорошо работают при высоких температурах и не дают обратных ударов пламени даже при сильном нагревании, но более трудоемки в изготовлении и потому стоят дороже.

Ориентировочные режимы ручной резки приведены в табл. 24, а рекомендации по выбору мундштуков для резки на заменителях ацетилена – в табл. 25. Точнее режимы выбирают согласно технической документации на конкретный резак. Скорость ручной резки можно также приближенно определять по формуле:

$$V_{\text{св}} = \frac{40000}{(50 + S)} \text{ мм/мин},$$

где  $S$  – толщина разрезаемой стали, мм.

### **Техника ручной резки**

Разрезаемый лист укладывают на подкладки, выверяют по горизонтали и, если нужно, закрепляют. Затем лист по линии реза очищают от окалины, ржавчины, грязи, которые уменьшают точность и ухудшают качество реза. Лист размечают, нанося на нем мелом или чертилками контуры вырезаемых деталей. Подбирают номера наружного и внутреннего мундштуков.

Резку обычно начинают с кромки листа. Если же нужно начать с середины листа (например, при вырезке фланцев), то сначала в листе прожигают кислородом отверстие, а затем вырезают нужную фигуру. Нагревают металл в месте, откуда ведут резку, а затем пускают режущую струю кислорода. Вслед за этим начинают перемещать резак по намеченной линии реза, прожигая металл на всю толщину. Если резку начинают с кромки, время начального подогрева металла толщиной 5—200 мм составляет от 3 до 10 с (при работе на ацетилене). При пробивке отверстия в листе струей кислорода это время увеличивается в 3—4 раза.

Резак следует перемещать равномерно. Если двигать его слишком быстро, то соседние участки металла не будут успевать нагреваться, кислородная струя будет отставать, образуются непрорезанные до конца участки и нарушится непрерывность резки. При слишком медленном перемещении резака кромки будут оплаиваться, и разрез получится неровным, с большим количеством шлака. О скорости резки можно судить по выбросу шлака (рис. 35).

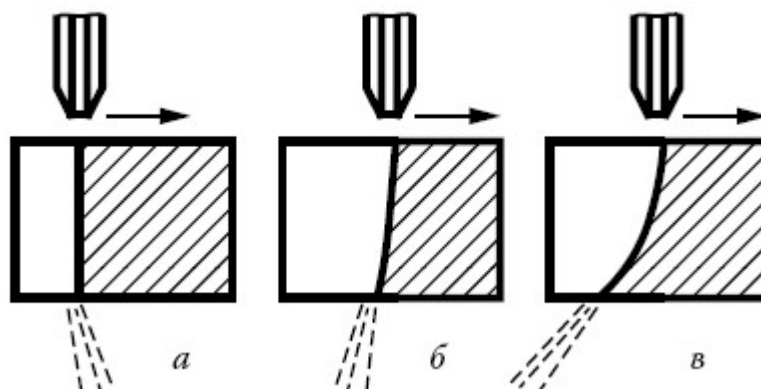


Рис. 35. Характер выброса шлака:

а – скорость резки мала; б – оптимальная скорость; в – скорость резки велика

Мощность подогревающего пламени определяется условиями резки и должна увеличиваться с увеличением толщины металла. Для легированных сталей, а также при увеличении скорости резки мощность пламени должна быть больше, чем для низколегированных сталей и небольшой скорости резки. Но слишком увеличивать мощность подогревающего пламени тоже не следует, так как это ведет к излишнему расходу газов и оплавлению верхних кромок реза.

Состав подогревающего пламени тоже важен. При резке стали больших толщин подогревающее пламя следует регулировать с максимальным избытком горючего газа в смеси; это увеличивает длину факела и способствует прогреву металла на всю толщину.

Важное значение для резки имеет давление режущего кислорода. При недостаточном давлении струя кислорода не сможет выдуть шлаки из места реза и металл не будет прорезан на всю толщину. При слишком большом давлении увеличивается расход кислорода, а разрез получается менее чистым. Давление кислорода зависит от толщины разрезаемого металла, и его подбирают согласно документации на газовый резак (см. табл. 24).

При разрезании металла большой толщины или пакета листов торец металла в плоскости реза нужно хорошо подогреть, особенно в нижней части. Концентрация кислорода в режущей струе уменьшается по мере удаления от верхней кромки разрезаемого металла. Поэтому при резке металла толщиной свыше 300 мм очень важно увеличить ту длину струи, на протяжении которой концентрация кислорода остается высокой. Этому способствует оболочка из подогревающего пламени, факел которого окружает режущую струю и как бы сжимает ее. Чем длиннее этот факел, тем длиннее участок струи с высокой концентрацией кислорода и тем большую толщину металла режет такая струя. Удлинение факела зависит от увеличения часового расхода горючего. Наибольшая длина режущей способности струи получается при расходе кислорода  $80 \text{ м}^3/\text{ч}$  и ацетилена  $8 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В любом случае для обеспечения высокого качества реза расстояние между мундштуком и поверхностью разрезаемого металла необходимо поддерживать постоянным (табл. 26). Для этого многие резаки комплектуются направляющими тележками.

По окончании резки поверхность металла очищают стальной щеткой от окалины и остатков шлака. Наплывы, образующиеся на нижней кромке металла, срубают зубилом.

### ***Деформация металла при резке***

Вследствие неравномерного нагрева металла при резке происходят деформации, которые могут вызывать искажение формы детали и отклонение ее размеров от заданных. Для уменьшения деформаций необходимо:

- жестко закреплять вырезаемые детали с помощью упоров, шпилек, струбцин, эксцентриковых или пневматических зажимов, клиньев и пр.;
- оставлять переемычки (непрорезанные участки) между соседними частями листа, из которых вырезаются детали;
- резать крупногабаритные детали одновременно несколькими машинами;
- мелкие детали вырезать не из целого листа, а из предварительно нарезанных прямоугольных заготовок (карт);
- отдельные участки контура детали резать в такой последовательности, при которой деформации действовали бы в противоположных направлениях и по возможности взаимно уничтожались.

## Конструирование любительских сварочных аппаратов

Купить электросварочный аппарат хоть импортного, хоть отечественного производства несложно. Но хорошие аппараты стоят дорого, а дешевые не всегда обеспечивают должное качество сварочных работ. Поэтому вполне понятен интерес к любительским конструкциям сварочных трансформаторов и выпрямителей.

Собранные самостоятельно сварочные агрегаты в основной своей массе обладают выраженной спецификой по сравнению со своими собратьями промышленного изготовления. На первое место здесь зачастую ставят не тщательность расчета параметров конструкции и соблюдение технологии изготовления, а возможность достать тот или иной компонент будущей конструкции своего сварочного аппарата. Особенно актуальна экономия финансовых средств и материалов. Делать трансформатор чаще всего приходится из того, что есть, а не из того, из чего следовало бы. Многие конструкции собирают из материалов, ничего общего до того со сварочным делом, а то и с трансформаторами вообще не имевших. При изготовлении самоделок параметры их компонентов подстраиваются под уже имеющиеся в наличии материалы – в основном под магнитопровод. Параметры элементов некоторых сварочных трансформаторов могут сильно выходить за рамки рекомендуемых стандартными методиками значений. А для некоторых схем, нашедших признание в кустарном производстве, никакие стандартные методики вообще не разработаны. К тому же индивидуально изготовленные сварочные аппараты (далее – СА), как правило, соответствуют конкретным нуждам того или иного изобретателя. Всё это обуславливает разнообразие конструкций любительских сварочных аппаратов. И хотя зачастую трансформаторы собирают не из самого лучшего трансформаторного железа, их мотают не самым подходящим проводом, они усиленно греются и вибрируют, главное – они работают. Их характеристики находятся на приемлемом рабочем уровне, а в случае необходимости могут быть подправлены. Не претендуя на применение в высокотехнологичном производстве, такие СА вполне и с успехом можно использовать в бытовых целях, сэкономяв своему владельцу немало времени и средств для проведения тех или иных хозяйственных работ.

## Проектирование сварочных аппаратов

### Исходные данные

Любительские СА должны удовлетворять ряду требований, основные из которых следующие: относительная компактность и небольшой вес; достаточная продолжительность непрерывной работы от сети 220 В (не менее 5–7 электродов #3–4 мм). Вес и габариты аппарата могут быть снижены благодаря уменьшению его мощности, а увеличение продолжительности работы – благодаря использованию стали с высокой магнитной проницаемостью и теплостойкой изоляции обмоточных проводов. Эти требования несложно выполнить, зная основы конструирования сварочных аппаратов и придерживаясь предлагаемой технологии их изготовления.

Итак, для нормальной работы сварочного аппарата необходимо:

- обеспечить выходное напряжение для надежного зажигания дуги. Для любительского СА  $U_{xx} = 60–65$  В. Более высокое выходное напряжение холостого хода обычно не рекомендуется, что связано в основном с обеспечением безопасности работы. Однако для придания устойчивости горения дуги на малых токах желательно иметь повышенное напряжение холостого хода  $U_{xx}$  сварочной обмотки (до 70–75 В, как у промышленных СА);

- обеспечить напряжение сварки  $U_{св}$ , необходимое для устойчивого горения дуги. В зависимости от диаметра электрода  $U_{св} = 18–24$  В;

- обеспечить номинальный сварочный ток  $I_{св} = (30–40) \times d_э$ , где  $I_{св}$  – величина сварочного тока, А; 30–40 – коэффициент, зависящий от типа и диаметра электрода ( $d_э$ ), мм;

- ограничить ток короткого замыкания  $I_{кз}$ , величина которого не должна превышать номинальный сварочный ток более чем на 30–35 %.

Разумеется, устойчивое горение дуги возможно лишь в том случае, если сварочный аппарат будет обладать падающей внешней характеристикой (см. рис. 9).

Универсальный трансформаторный СА на токи от 15–20 до 180–200 А собрать достаточно сложно. Для грубого (ступенчатого) перекрытия диапазона сварочных токов необходима коммутация как первичных обмоток, так и вторичных (что конструктивно более сложно из-за большого протекающего в ней тока). Кроме того, в промышленных СА для плавного изменения тока сварки в пределах выбранного диапазона используют механические устройства перемещения обмоток. При удалении сварочной обмотки относительно сетевой увеличиваются магнитные потоки рассеивания, что приводит к снижению тока сварки. Поэтому, конструируя любительский СА, не следует стремиться к полному перекрытию диапазона сварочных токов. Целесообразно на первом этапе собрать простой сварочный аппарат переменного тока для работы с электродами #2–4 мм, а на втором этапе дополнить его выпрямительным устройством. В случае же необходимости работы на малых токах сварки аппарат оснащают отдельным выпрямителем с плавным регулированием сварочного тока.

Приступая к сборке трансформатора, разумным будет установить для себя предел выходного тока и мотать обмотки под выбранную мощность. При этом следует учитывать, что не каждая электросеть может выдержать аппетиты мощных СА. С увеличением мощности растет степень нагрева и износа трансформатора, необходимы более толстые и дорогие провода, увеличивается вес, да и никакой трансформатор от однофазной сети не способен развить ток выше 200 А. Золотой серединой здесь может быть мощность трансформатора,



достаточная для работы наиболее популярным электродом #3 мм, для чего понадобится выходной ток 120–130 А.

## Конструктивные особенности сварочных трансформаторов

Основным элементом классического сварочного источника переменного тока является специализированный сварочный трансформатор (далее – СТ). По характеру устройства магнитного сердечника различают трансформаторы броневые (рис. 36, а) и стержневого типов (рис. 36, б – в). Трансформаторы стержневого типа имеют более высокий КПД и допускают большие плотности токов в обмотках. Поэтому СТ чаще всего бывают именно стержневого типа.

По характеру устройства обмоток различают трансформаторы с цилиндрическими, разнесенными и дисковыми обмотками.

**В трансформаторах с цилиндрическими обмотками** одна обмотка намотана поверх другой (рис. 37, а). Так как обмотки находятся на минимальном расстоянии друг от друга, то практически весь магнитный поток первичной обмотки сцепляется с витками вторичной обмотки. Только очень небольшая его часть, называемая потоком рассеяния, протекает в зазоре между обмотками и не связана со вторичной обмоткой.

Такой трансформатор имеет жесткую характеристику, и ток короткого замыкания на вторичной обмотке более чем в 10 раз превосходит рабочий ток трансформатора. В этом случае для получения крутопадающей внешней характеристики дополнительно приходится использовать дроссель переменного тока.

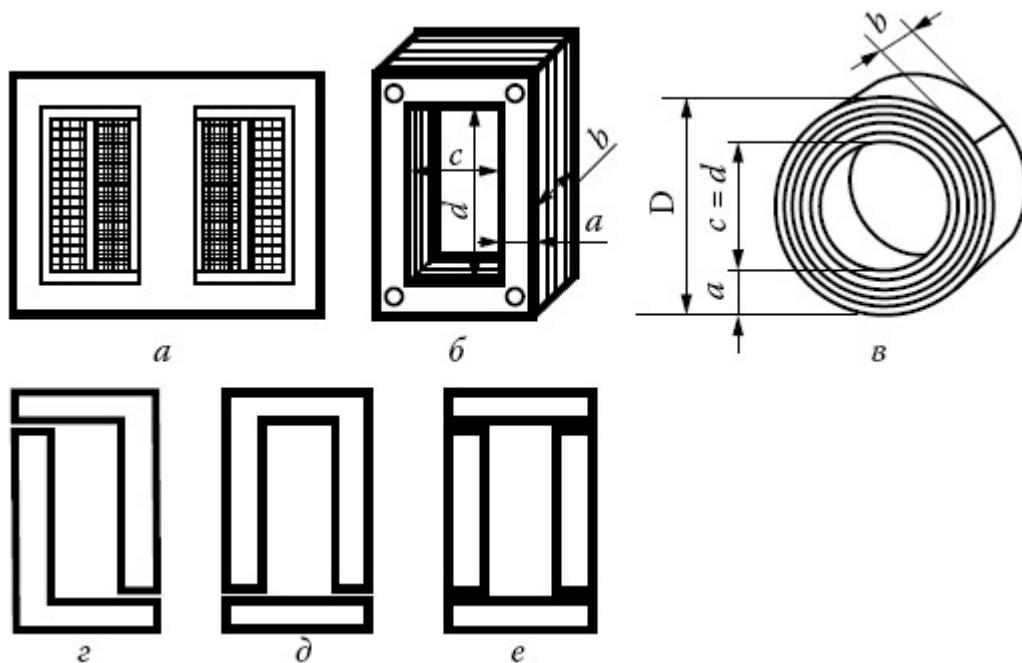


Рис. 36. Магнитопроводы сварочных трансформаторов:

а – сердечник броневое типа (с обмоткой); б – сердечник стержневого типа; в – тороидальный сердечник (а, b – размеры сердечника (керна); c, d – размеры окна); г – пластины Г-образной формы; д – пластины П-образной формы; е – набор из полос трансформаторной стали

В ранних сварочных источниках такой дроссель присутствовал как независимый конструктивный элемент, дополнительно увеличивающий массу и габариты сварочного источника. Позже в качестве дросселя стали использовать индуктивность рассеяния самого СТ. Для получения требуемой величины индуктивности рассеяния обмотки трансформатора стали разносить на разные стержни или выполнять в виде дисков.

**В трансформаторах с разнесенными обмотками** (рис. 37, б) первичная и вторичная обмотки находятся на различных стержнях. Так как обмотки удалены друг от друга, то значительная часть магнитного потока первичной обмотки не связана со вторичной обмоткой. Еще говорят, что эти трансформаторы имеют развитое электромагнитное рассеяние. Индуктивности рассеяния обмоток имеют значительную величину, и их реактивное сопротивление гораздо сильнее влияет на ток трансформатора, чем в случае трансформатора с цилиндрическими обмотками. Трансформатор с разнесенными обмотками имеет падающую внешнюю характеристику, где рабочий ток составляет около 80 % от тока короткого замыкания (КЗ).

В трансформаторах с дисковыми обмотками (рис. 37, в) первичная и вторичная обмотки тоже удалены друг от друга, но на меньшее расстояние, чем в предыдущем случае. Поэтому по величине индуктивности рассеяния трансформаторы с дисковыми обмотками занимают промежуточное положение. Они также имеют падающую внешнюю характеристику, но их рабочий ток составляет примерно 50 % от тока КЗ.

Для ступенчатой регулировки сварочного тока обмотки трансформатора можно делать с отводами и затем эти отводы переключать. Для плавной регулировки сварочного тока можно использовать регулируемый магнитный шунт, располагаемый в зазоре между обмотками, или, в случае трансформатора с дисковыми обмотками, изменять расстояния между обмотками, которые в этом случае выполняются подвижными.

В качестве магнитопровода самодельных СТ можно применить набор П– или Ш-образных пластин из трансформаторной стали, тороиды, намотанные из трансформаторной стальной ленты, статоры асинхронных двигателей и т. д. Оптимальными считаются характеристики двухстержневых магнитопроводов, собранных из пластин трансформаторной стали в форме прямоугольного «окна». Расположение половин первичной и вторичной обмоток на двух стержнях магнитопровода способствует крутопадающей характеристике сварочного тока. К тому же они наиболее технологичны в исполнении.

П-образный сердечник набирают из пластин электротехнической стали толщиной 0,27—0,55 мм, которые могут быть различной конфигурации (рис. 36, г – е). Пластины стягивают в пакет шпильками, которые должны быть изолированы от сердечника. При подборе сердечника необходимо учитывать площадь поперечного сечения сердечника (керна) ( $\text{см}^2$ ) и размеры окна, чтобы поместились обмотки сварочного аппарата.

Широкое распространение получили также любительские сварочные аппараты на сердечниках тороидального типа (рис. 36, в). Такие магнитопроводы обладают более высокими электротехническими характеристиками, чем у стержневого (примерно в 4–5 раз выше), и меньшими электропотерями. Однако трудозатраты на их изготовление выше. Это связано в первую очередь с размещением обмоток на торе и сложностью самой намотки. Сердечники изготавливают из ленточного трансформаторного железа, свернутого в рулон в форме тора. Примером может служить сердечник от мощного автотрансформатора ЛАТР.

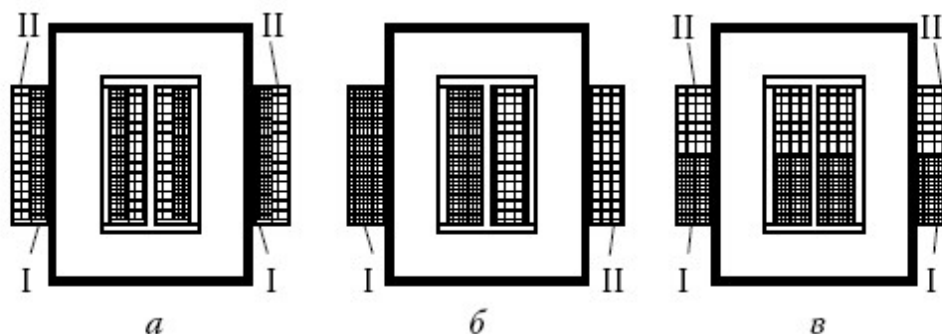


Рис. 37. Виды обмоток стержневых трансформаторов:  
а – цилиндрические; б – разнесенные; в – дисковые

Заслуживают внимания и любительские СА, изготовленные на базе статоров асинхронных трехфазных электродвигателей большой мощности (более 10 кВт). Выбор сердечника определяется площадью поперечного сечения статора  $S$ . Штампованные пластины статора не в полной мере соответствуют параметрам электротехнической трансформаторной стали, поэтому уменьшать сечение  $S$  менее 40–45 см нецелесообразно.

## Стандартная методика расчета сварочного трансформатора

Эта методика применима для расчета распространенных в промышленности СТ с увеличенным магнитным рассеянием. Такой трансформатор изготовлен на основе П-образного магнитопровода. Его первичная и вторичная обмотки состоят из двух равных частей, размещенных на противоположных плечах магнитопровода и соединенных между собой последовательно.

Исходными данными при расчете сварочного трансформатора являются заданная мощность трансформатора, коэффициент продолжительности работы, номинальный ток, напряжение холостого хода и тепловой режим работы.

Величина тока сварочного трансформатора связана с мощностью следующей зависимостью:

$$P=U \cdot I \cdot \cos \varphi.$$

где  $\varphi$  – угол сдвига фаз между током и напряжением.

Так как сам трансформатор является индуктивной нагрузкой, то угол сдвига фаз всегда существует. В случае расчета потребляемой мощности  $\cos \varphi$  можно принять равным 0,8.

Однако для сварщика наиболее важной характеристикой является не мощность источника питания, а развиваемый им ток в дуговом режиме, так как именно на ток рассчитаны электроды соответствующих диаметров и марок.

Для электросварки в бытовых целях чаще всего используются покрытые электроды из низколегированной стали диаметром 2, 3 и 4 мм. Из них наибольшее распространение получили электроды #3 мм, подходящие для сваривания как относительно тонкой стали, так и металла значительной толщины.

Сварочный ток выбирают исходя из формулы:

$$I = (20 + 6d_3)d_3,$$

или же по упрощенной зависимости:

$$I = K \cdot d_3 \text{ (A)},$$

где  $d_3$  – диаметр электрода;  $K$  – коэффициент, который может находиться в диапазоне 25–50 А/мм. Для большинства видов работ, в основном проводящихся в нижнем горизонтальном положении, берется коэффициент 35–40 А/мм. Таким образом, для сварки электродами #2 мм выбирают ток порядка 70 А; «тройка» чаще всего работает на токе 110–120 А; для «четверки» потребуется 140–150 А. Естественно, для сваривания особенно массивных изделий и для резки металла выбирают токи еще выше. Для сваривания тонкого металла и потолочных швов, напротив, ток необходимо уменьшать. Так как большинство СА не обладают средствами точного отображения сварочного тока, то сила тока обычно подбирается для конкретных работ опытным путем, так, чтобы сварочная дуга горела устойчиво, наплавление шло равномерно, но при этом не выделялось излишнее тепло.

Для выбора числа витков обмоток трансформатора рекомендуется пользоваться эмпирической зависимостью параметра  $E$  (в вольтах на виток):

$$E = 0,55 + 0,095P_{\text{дл}}.$$

Эта зависимость справедлива для широкого диапазона мощностей, однако наибольшую сходимость результатов дает в диапазоне 5–30 кВА. Также вводится параметр мощности, учитывающий продолжительность работы трансформатора:

$$P_{\text{АА}} = U_2 \cdot I_2 \cdot \left( \frac{\text{ПР}}{100} \right)^{1/2} \cdot 10^{-3},$$

где  $I_2$  – номинальный сварочный ток, А;  $U_2$  – напряжение холостого хода вторичной обмотки; ПР – коэффициент продолжительности работы, %. Коэффициент продолжительности работы показывает, сколько времени (в %) трансформатор работает в дуговом режиме (нагревается), остальное время он находится в режиме холостого хода (остывает). Для самодельных конструкций и переносных промышленных трансформаторов минимальный ПР считают равным 15–20 %.

Следует отметить, что в любом случае выходная мощность СА остается неизменной, рассчитанной на заданный ток  $I_2$ . Ничто не мешает принять ПР равным, скажем, 60 % или даже 100 %, а эксплуатировать трансформатор на меньшем значении, как на практике обычно и происходит. Однако наилучшее сочетание обмоточных данных и геометрии трансформатора обеспечивает выбор значения низкого ПР.

Число витков (сумма обеих половин) первичной и вторичной обмоток определяют соответственно:

$$N_1 = \frac{U_1}{E}; N_2 = \frac{U_2}{E},$$

где  $U_1$  – напряжение сети, В.

Номинальный ток первичной обмотки в амперах:

$$I_1 = \frac{I_2 \cdot k_m}{n},$$

где  $k_m = 1,05—1,1$  – коэффициент, учитывающий намагничивающий ток трансформатора;

$n = \frac{N_1}{N_2}$  – коэффициент трансформации.

Сечение стали сердечника трансформатора ( $\text{см}^2$ ) определяют по формуле:

$$S = \frac{U_2 \cdot 10^4}{(4,44 \cdot f \cdot N_2 \cdot B_m)}$$

где  $f = 50$  Гц – промышленная частота тока;  $B_m$  – индукция магнитного поля в сердечнике, Тл. Для трансформаторной стали индукция может быть принята  $B_m = 1,5–1,7$  Тл (рекомендуются меньшие значения).

Конструктивные размеры трансформатора приведены применительно к стержневой конструкции магнитопровода. Линейные размеры даны в миллиметрах:

– ширина пластины стали из пакета магнитопровода;

$$a = \left( \frac{S \cdot 100}{(p_1 \cdot k_c)} \right)^{1/2};$$

– толщина пакета пластин плеча магнитопровода  $b = a \cdot p_1$ ;

– ширина окна магнитопровода  $c = b \cdot p_1$ ,

где  $p_1 = 1,8–2,2$ ;  $p_2 = 1,0–1,2$ ;  $k_c = 0,95—0,97$  – коэффициент заполнения стали. Измеряемая по линейным размерам сторон собранного трансформатора площадь сечения магнито-

провода будет несколько больше рассчитанного значения из-за неизбежных зазоров между

$$S_{\text{из}} = \frac{S}{k_c}$$

пластинами в наборе железа:

Высота магнитопровода методикой строго не устанавливается. Его выбирают исходя из размеров катушек с проводом, крепежных размеров, а также расстояния между катушками, которое выставляют при подстройке тока трансформатора. Размеры катушек определяют сечением провода, количеством витков и способом намотки.

#### Пример расчета

Для примера рассчитаем с помощью вышеприведенной методики данные для СТ с рабочим током вторичной обмотки  $I_2 = 160$  А, выходным напряжением холостого хода  $U_2 = 50$  В, сетевым напряжением  $U_1 = 220$  В, ПР = 20 %.

$$P_{\text{дл}} = 50 \cdot 160 \cdot \left( \frac{20}{100} \right)^{1/2} \cdot 10^{-3} = 3,58.$$

Параметр мощности

Определяем значение вольт на виток:

$$E = 0,55 + 0,095 \cdot 3,58 = 0,89.$$

$$N_1 = \frac{220}{0,89} = 247; N_2 = \frac{50}{0,89} = 56.$$

Числа витков:

$$n = \frac{247}{56} = 4,4.$$

Коэффициент трансформации:

$$I_1 = \frac{160 \cdot 1,1}{4,4} = 40 \text{ А}$$

Ток первичной обмотки: , где принимается  $k_m = 1,1$ .

$$S = \frac{50 \cdot 10^4}{(4,44 \cdot 50 \cdot 56 \cdot 1,5)} = 27 \text{ см}^2$$

Сечение магнитопровода: , где принимаем  $B_m = 1,5$  Тл.

$$S_{\text{из}} = \frac{27}{0,95} = 28,4 \text{ см}^2.$$

Реальное сечение сердечника:

Геометрические параметры магнитопровода:

$$a = \left( \frac{27 \cdot 100}{(2 \cdot 0,95)} \right)^{1/2} = 37,7 \text{ мм}$$

– ширина пластин плеч ;

– толщина пакета пластин  $b = 37,7 \cdot 2 = 75,4$  мм;

– ширина окна  $c = 75,4 \cdot 1/2 = 90$  мм.

При этом значение  $a$  подбирается ближайшее из сортамента трансформаторной стали, конечное значение  $b$  корректируется с учетом ранее выбранного  $a$ , ориентируясь на полученные значения  $S$  и  $S_{из}$ .

## Упрощенный расчет обмоток

Альтернативный стандартному (и упрощенный) расчет обмоток СТ будет следующим.

Определяем сварочный ток, т. е. ток во вторичной обмотке, по максимальному диаметру применяемого электрода  $I_2 = 30 d_3$ , где  $I_2$  – ток во вторичной обмотке  $W_2$ , А; 30 – плотность тока, А/мм<sup>2</sup>;  $d_3$  – диаметр электрода.

Сечение провода (мм<sup>2</sup>) вторичной обмотки  $s = 75,4 \cdot 1,2 = 90$ , где  $I_{пл}$  – плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (для алюминия 2,5 А/мм<sup>2</sup>, для меди 5 А/мм<sup>2</sup>).

Мощность СТ (Вт), где  $U_2$  – напряжение вторичной обмотки  $W_2$ , В. Для однофазного СТ оптимальное  $U_2 = 50$  В.

Поперечное сечение магнитопровода, см<sup>2</sup>:  $S = P^{1/2}$ .

1 В:  $E = \frac{K}{S}$ , где  $K$  – коэффициент, равный 45.  
Количество витков на

Ток в первичной обмотке  $I_1 = \frac{P}{U_1}$ , где  $U_1$  – напряжение сети (220 В).

$$W_1, \text{ мм}^2: SW_1 = \frac{I_1}{I_{пл}}$$

Сечение провода первичной обмотки

Количество витков первичной обмотки  $W_1: N_1 = E \cdot U_1$ .

Количество витков вторичной обмотки  $W_2: N_2 = 1,05 E \cdot U_1$ , где 1,05 – поправочный коэффициент для учета потерь 5 %.

## Расчет нестандартного трансформатора

Неприемлемость во многих случаях стандартных методик расчета заключается в том, что они устанавливают для конкретной мощности трансформатора пусть даже и оптимальные, но единственные значения таких основных параметров, как измеренная площадь сечения магнитопровода ( $S_{из}$ ) и количество витков первичной обмотки ( $N_1$ ). Выше было получено сечение магнитопровода для тока 160 А, равное 28 см. На самом деле сечение магнитопровода для той же мощности может варьироваться в значительных пределах – от 25 до 60 см<sup>2</sup> и даже выше, без особых потерь в качестве работы СТ. При этом под каждое произвольно взятое сечение необходимо рассчитать количество витков, прежде всего первичной обмотки, таким образом, чтобы получить на выходе заданную мощность. Зависимость между соотношением  $S$  и  $N_1$  близка к обратно пропорциональной: чем больше площадь сечения магнитопровода, тем меньше понадобится витков обеих катушек.

Магнитопровод является самой важной частью СТ. Часто для самоделок используют сердечники от старых электроприборов, которые до того ничего общего со сваркой не имели. Часто такие магнитопроводы обладают весьма экзотической конфигурацией, а их геомет-

рические параметры невозможно изменить. Тогда приходится использовать нестандартную методику расчета.

Наиболее важными при расчете параметрами, от которых зависит мощность, являются площадь сечения магнитопровода, количество витков первичной обмотки и расположение на магнитопроводе первичной и вторичной обмоток трансформатора. Сечение магнитопровода в данном случае измеряется по наружным размерам сжатого пакета пластин без учета потерь на зазоры между пластинами и выражается в см<sup>2</sup>. Как говорилось выше, по расположению обмоток трансформатора можно разделить на два типа: такие, у которых первичная и вторичная обмотки (или их части) находятся на одном плече (рис. 37, а, в), и такие, у которых обмотки разнесены на разные плечи (рис. 37, б). При напряжении питания сети 220–240 В с незначительным сопротивлением в линии рекомендуются следующие формулы приближенного расчета витков первичной обмотки, которые при токах 120–180 А дают положительные результаты для многих типов сварочных трансформаторов.

Для первого типа (с обмотками на одном плече):

$$N_1 = \frac{7440 \cdot U_1}{(S_{\text{из}} \cdot I_2)}$$

Для второго типа (с разнесенными обмотками):

$$N_1 = \frac{4960 \cdot U_1}{(S_{\text{из}} \cdot I_2)}$$

где  $N_1$  – примерное количество витков первичной обмотки,  $S_{\text{из}}$  – измеренное сечение магнитопровода (см<sup>2</sup>),  $I_2$  – заданный сварочный ток вторичной обмотки (А),  $U_1$  – сетевое напряжение.

При этом надо учитывать, что для трансформатора с разнесенными по разным плечам первичной и вторичной обмотками вряд ли удастся получить ток более 140 А – сказывается сильное рассеивание магнитного поля. Нельзя также ориентироваться на ток выше 200 А для остальных типов трансформаторов.

Эти формулы имеют весьма приближенный вид. У трансформаторов с особо несовершенными магнитопроводами показатели выходного тока получаются значительно ниже. Кроме того, существует много параметров, которые нельзя определить и учесть в полной мере. Обычно неизвестно, из какого сорта железа изготовлен тот или иной магнитопровод. Напряжение в электросети может сильно изменяться (190–250 В). Еще хуже, если линия электропередачи обладает значительным собственным сопротивлением.

Составляя всего единицы Ом, оно практически не влияет на показания вольтметра, обладающего большим внутренним сопротивлением, но может сильно гасить мощность сварки. Учитывая всё вышеизложенное, рекомендуется первичную обмотку трансформатора выполнять с несколькими отводами через 20–40 витков (рис. 38). В этом случае всегда



более точно можно будет подобрать мощность трансформатора или подрегулировать ее под напряжение конкретной сети.

Количество витков вторичной обмотки определяется из соотношения:

$$N_2 = \frac{0,95 N_1 \cdot U_2}{U_1},$$

где  $U_2$  – желаемое напряжение холостого хода на выходе вторичной обмотки (42–70 В),  $U_1$  – напряжение сети.

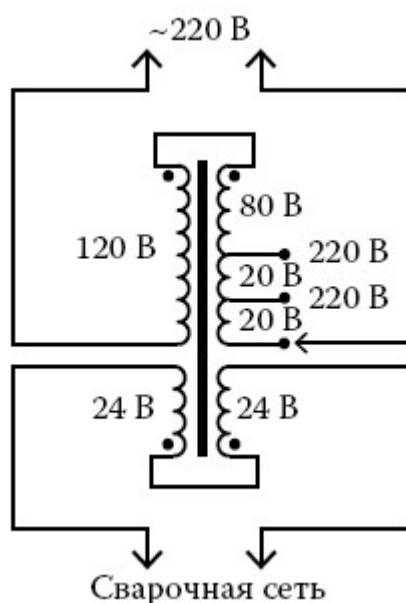


Рис. 38. Электрическая схема СТ со ступенчатой регулировкой тока

## Выбор сечения магнитопровода

Все вышеприведенные методики позволяют рассчитать требуемое сечение магнитопровода, но не дают ответа на вопрос, каким именно выбрать это сечение. Например, оптимальное значение сечения магнитопровода для типичного сварочного трансформатора мы получили ранее в примере расчета по стандартной методике (160 А, 26 см<sup>2</sup>). Однако далеко не всегда оптимальные с точки зрения энергетических показателей значения являются такими, а то и возможными вообще, с точки зрения конструктивных и экономических соображений.

Например, трансформатор одной и той же мощности может иметь сечения магнитопровода от 30 до 60 см<sup>2</sup>. При этом количество витков обмоток будет различаться тоже примерно в два раза: для 30 см<sup>2</sup> придется мотать в два раза больше провода, чем для 60 см<sup>2</sup>. Если у магнитопровода небольшое окно, вы рискуете тем, что все витки попросту не влезут в его объем или придется использовать очень тонкий провод. В этом случае необходимо увеличить сечение магнитопровода с целью уменьшения количества витков провода,

что актуально для многих самодельных трансформаторов. Вторая причина – экономическая. Если обмоточный провод в дефиците, то, учитывая его немалую стоимость, этот материал придется максимально экономить и, если есть возможность, наращивать магнитопровод до большего сечения. Но, с другой стороны, магнитопровод – самая тяжелая часть трансформатора. Лишняя площадь его сечения – лишний и притом весьма ощутимый вес.

В любом случае сечение меньше чем  $25\text{--}30\text{ см}^2$  не рекомендуется, поскольку сварочный аппарат не будет обладать требуемым запасом мощности и качественную сварку получить будет трудно. Да и перегрев такого аппарата после непродолжительной работы также неизбежен. Нежелательны также сечения выше  $60\text{ см}^2$ . Оптимальными считаются сечения сердечника  $S = 45\text{--}55\text{ см}^2$ . Такой агрегат несколько тяжеловат, зато не подведет.

## Подбор витков опытным путем

При решении использовать в качестве сварочного трансформатор с неизвестными характеристиками последние приходится каким-то образом выяснить. В некоторых случаях о выходной мощности трансформатора можно судить по току первичной обмотки в режиме холостого хода. Вернее, здесь можно говорить не о количественной оценке мощности в режиме сварки, а о настройке трансформатора на максимальную мощность, на которую способна конкретная конструкция. Или же речь идет о контроле количества витков первичной обмотки, чтобы не допустить их недостатка в процессе изготовления. Для этого понадобится некоторое оборудование: ЛАТР (лабораторный автотрансформатор), амперметр и вольтметр.

В общем случае по току холостого тока нельзя судить о мощности: ток может быть разным даже для одинаковых типов трансформаторов. Однако, исследовав зависимость тока по первичной обмотке в режиме холостого хода, можно более уверенно судить о свойствах трансформатора. Для этого первичную обмотку трансформатора надо подключить через ЛАТР, что позволит плавно менять напряжение на ней от 0 до 250 В. В цепь также должен быть включен амперметр. Постепенно увеличивая напряжение на обмотке, можно получить зависимость тока от питающего напряжения. Она будет иметь вид, показанный на рис. 39.

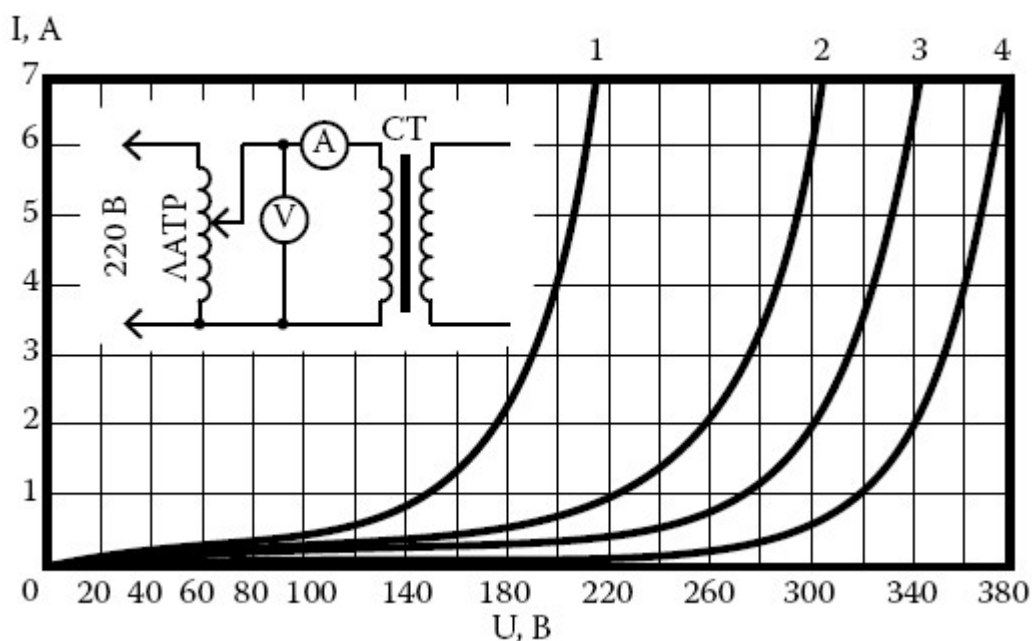


Рис. 39. Исследование характеристик неизвестного трансформатора

Сначала кривая тока полого, почти линейно возрастает до небольшого значения, далее скорость возрастания увеличивается – кривая загибается вверх, после чего следует стремительное увеличение тока. В случае, когда устремление кривой к бесконечности происходит до точки рабочего напряжения 240 В (кривая 1), это значит, что первичная обмотка содержит мало витков и ее необходимо домотать. Учтите, что трансформатор, включенный на то же напряжение без ЛАТРа, будет брать ток примерно на 30 % больше.

Если же точка рабочего напряжения лежит на изгибе кривой, то при сварке трансформатор будет выдавать свою максимальную мощность (кривая 2, ток сварки до 200 А).

В случае кривых 3, 4 трансформатор будет иметь ресурс мощности, которую можно увеличить путем уменьшения витков первичной обмотки, и незначительный ток холостого хода: большинство самоделок ориентированы на это положение. Реально токи холостого хода различны для разных типов трансформаторов, в большинстве случаев находясь в интервале 100–500 мА.

## Расположение обмоток

Как отмечалось выше, мощность сварочного трансформатора существенно зависит от расположения обмоток. У трансформаторов, первичная и вторичная обмотки которых размещены на плечах вместе, мощность значительно выше, чем в случае, когда обмотки разнесены на разные плечи. Например, сварочный трансформатор с П-образным магнитопроводом ( $N_1 = 260$  витков провода #2,4 мм,  $S_{из} = 34,5 \text{ см}^2$ ,  $15,4 \times 18 \text{ см}$ , 47 В) и разнесенными обмотками (рис. 37, б) развивает ток, достаточный для работы электрода #3 мм – около 100–110 А. Трансформатор, изготовленный на том же магнитопроводе, но с цилиндрическими обмотками, по половине которых располагаются на одном плече, станет в дуговом режиме выдавать ток порядка 160 А.

Расположение обмоток влияет не только на мощность, но и на некоторые другие характеристики трансформатора. Особенно сильно изменяется отношение тока сварки к току короткого замыкания. У сварочных трансформаторов с разнесенными обмотками это отношение очень низкое – не более чем 1,1–1,2, т. е. ток короткого замыкания мало отличается от рабочего сварочного тока. Дуга при работе с таким аппаратом горит очень мягко. С точки зрения промышленных технологий низкое отношение значений токов является очень хорошим показателем. Но при этом предполагается, что сварка ведется по ровной, тщательно подготовленной поверхности длинными швами при четко установленном токе и длине дуги. Невысокий ток короткого замыкания уменьшает риск прожечь металл, особенно при работе с электродами небольшого диаметра и изящными изделиями из тонкой стали. В быту же все обстоит несколько иначе: часто приходится варить ржавый грубый металл с рваными краями на предельном для электрода токе или резать металл. В таких режимах трансформаторы с малым отношением токов ведут себя неудовлетворительно. Дело в том, что при сварке очень короткой дугой на относительно небольшом токе расплавленный металл заливает дуговой промежуток и трансформатор переходит в режим короткого замыкания. При КЗ ток возрастает, выдувая расплавленный металл, и процесс горения дуги восстанавливается. Если же ток короткого замыкания низкий, то дуга гаснет и электрод залипает. Такое возможно при сварке пониженным током на рваной поверхности, когда отдельные выступы могут приближаться к концу электрода и замыкать его, а также при резке металла. Как показывает практика, особенно низким отношением характеризуются именно трансформаторы П-образной конфигурации с разнесенными обмотками, расстояние между которыми в данном случае особенно велико.

Поэтому перед намоткой провода на каркас следует определиться, какой именно режим работы для вас предпочтителен. От этого зависит способ, которым вы будете наматывать обмотки СТ.

Если нужно получить более жесткий режим сварки, первичная (сетевая) обмотка состоит из двух одинаковых обмоток  $W_1$  и  $W_2$ , расположенных на разных сторонах сердечника, соединенных последовательно и имеющих одинаковое сечение проводов. Для регулировки выходного тока на каждой из обмоток сделаны отводы, которые попарно замыкаются (рис. 40, а – б).

Второй способ предусматривает намотку сетевой обмотки на одной из сторон сердечника (рис. 40, в – г). В этом случае СТ обладает крутопадающей характеристикой, варит «мягко», длина дуги меньше влияет на величину сварочного тока, а следовательно, и на качество сварки.

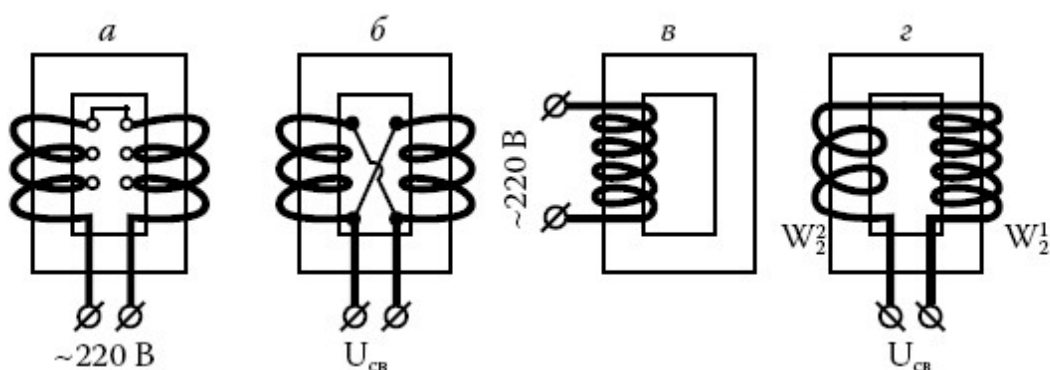


Рис. 40. Способы намотки обмоток на сердечнике стержневого типа:

а – сетевая обмотка на двух сторонах сердечника; б – соответствующая ей вторичная (сварочная) обмотка, включенная встречно-параллельно; в – сетевая обмотка на одной стороне сердечника; г – соответствующая ей вторичная обмотка, включенная последовательно

Вторичную обмотку СТ всегда наматывают на двух сторонах сердечника. Для первого способа намотки вторичная обмотка состоит из двух одинаковых половин, включенных для повышения устойчивости горения дуги встречно-параллельно. Сечение провода в таком случае можно взять несколько меньшим (15–20 мм<sup>2</sup>).

Для второго способа намотки основную сварочную обмотку  $W_1^1$  наматывают на свободной от первичной обмотки стороне сердечника, и это составляет 60–65 % от общего числа витков вторичной обмотки. Она служит в основном для поджига дуги, а во время сварки, за счет резкого увеличения магнитного потока рассеивания, напряжение на ней падает на 80–90 %. Дополнительную сварочную обмотку  $W_2^2$  наматывают поверх первичной. Являясь силовой, она поддерживает в требуемых пределах напряжение сварки, а следовательно, и сварочный ток. Напряжение на ней падает в режиме сварки на 20–25 % относительно напряжения холостого хода.

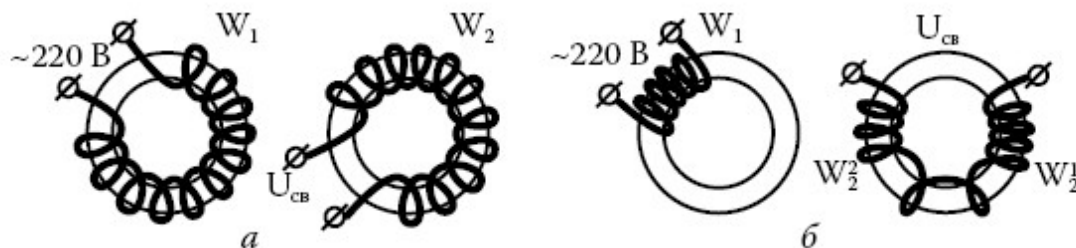


Рис. 41. Способы намотки обмоток на сердечнике тороидального типа:  
а – равномерная; б – секционная

Эти же способы полностью применимы и в случае, когда обмотки СТ размещены на тороидальном магнитопроводе (рис. 41, а – б). Они тоже могут быть намотаны как равномерно по поверхности сердечника, так и в виде секций. Взаимное расположение обмоток и в этом случае полностью соответствует вышеописанным характеристикам, поэтому при выборе способа намотки тороидального трансформатора следует руководствоваться теми же соображениями, что и для П-образного.



### Общие правила намотки обмоток

1. Намотку следует проводить по изолированному керну и всегда в одном направлении (например, по часовой стрелке).
2. Каждый слой обмотки изолируют слоем хлопчатобумажной изоляции (стеклоткани, электрокартона, кальки), желательна с пропиткой бакелитовым лаком.
3. Выводы обмоток залуживают, маркируют, закрепляют хлопчатобумажной тесьмой, на выводы сетевой обмотки дополнительно надевают хлопчатобумажный кембрик.

## Выбор обмоточного провода и изоляционных материалов

Для обмоток сварочного трансформатора нужен провод довольно большого сечения. Развивая в режиме сварки значительный ток, трансформатор постепенно нагревается. Скорость нагрева зависит от ряда факторов, важнейшим из которых является диаметр или площадь поперечного сечения провода его обмоток. Чем толще провод, тем лучше он пропускает ток, тем меньше нагревается и, наконец, тем лучше он рассеивает тепло. Основной характеристикой здесь является плотность тока: чем выше значение плотности тока в проводах, тем интенсивнее будет происходить разогрев трансформатора. Наиболее распространенным материалом для провода является медь, хотя обмоточный провод может быть и алюминиевым. Обмотки из меди получаются компактнее, так как этот металл позволяет использовать в 1,6 раза большую плотность тока, нежели алюминий. Зато алюминиевый провод дешевле, и обмотки из него получаются легче.

В промышленных трансформаторах плотность тока не превышает значения  $5 \text{ А/мм}^2$  для медного провода. Но для самодельных трансформаторов удовлетворительным результатом можно считать для меди даже  $10 \text{ А/мм}^2$ . Так, при токе сварки 130–160 А электродом

#4 мм мощность вторичной обмотки составит  $P_2 = I_{св} \cdot U_{св} = 160 \cdot 24 = \sim 4$  кВт; мощность первичной обмотки с учетом потерь составит 5–5,5 кВт, а следовательно, максимальный ток первичной обмотки может достигать 25 А.

С увеличением плотности тока резко ускоряется нагрев трансформатора. В случае работы в предельных режимах уже после использования подряд 2–3 электродов трансформатор нагреется до температуры 60 °С или даже выше, придется прекратить работу и ждать, пока обмотки остынут. Время перерыва на охлаждение будет зависеть от того, как организовано охлаждение и насколько хорош теплоотвод из катушек.

Сечение провода должно быть не менее 5–6 мм<sup>2</sup>. Оптимальным считается провод сечением 6–7 мм<sup>2</sup>. Это либо прямоугольная шина, либо медный обмоточный провод диаметром (без изоляции) 2,6–3 мм<sup>21</sup>.

При недостаточном сечении возможна намотка в два провода. При использовании алюминиевого провода его сечение необходимо увеличить в 1,6–1,7 раза.



Типовая первичная обмотка любительских СТ содержит 240 витков с отводами от 165, 190 и 215 витков, т. е. через каждые 25 витков. Большее количество отводов сетевой обмотки, как показывает практика, нецелесообразно. Поскольку за счет уменьшения числа витков первичной обмотки увеличивается как мощность СТ, так и напряжение холостого хода ( $U_{xx}$ ), это приводит к повышению напряжения горения дуги и ухудшению качества сварки. Следовательно, только изменением числа витков первичной обмотки добиться перекрытия диапазона сварочных токов без ухудшения качества сварки нельзя. Для этого необходимо предусмотреть переключение витков вторичной (сварочной) обмотки.

Помимо сечения и металла, из которого изготовлен провод, важной характеристикой является способ его изоляции. Провод может быть просто покрыт лаком, умотан в один или два слоя нитки или ткани, которые, в свою очередь, могут быть пропитаны или нет лаком. От типа изоляции сильно зависит надежность обмотки, ее максимальная температура перегрева, влагостойкость, изоляционные качества. Наилучшим вариантом является изоляция из стеклоткани, пропитанной теплостойким лаком. Наименее желательным, но самым доступным материалом являются обычные провода ПЭЛ, ПЭВ в простой лаковой изоляции. Зато такой провод наиболее распространен: его можно снять с катушек дросселей и трансформаторов отслужившего свой век оборудования. Осторожно снимая старые провода с катушек, необходимо следить за состоянием их покрытия и слегка поврежденные участки дополнительно изолировать. Хуже, когда катушки с проводом были дополнительно пропитаны лаком или окрашены. При попытке рассоединения слоев затвердевшая пропитка часто срывает и собственное лаковое покрытие провода, оголяя металл. В редких случаях при отсутствии других материалов обмотки наматывают даже монтажным проводом в хлорвиниловой изоляции. Главные недостатки таких обмоток – лишний объем изоляции и плохой теплоотвод.

Качеству укладки первичной обмотки СТ всегда следует уделять наибольшее внимание. Первичная обмотка содержит большее количество витков, чем вторичная, плотность ее

<sup>21</sup> Расчет по известной формуле  $S = \pi R^2$ , где  $S$  – площадь круга, мм;  $\pi = 3,1428$ ;  $R$  – радиус круга, мм.

намотки выше, и больше греется обычно именно она. «Первичка» находится под высоким напряжением, при ее межвитковом замыкании или пробое изоляции, например через попавшую влагу, вся обмотка быстро «сгорает». Как правило, восстановить ее без разборки всей конструкции невозможно.

Таким образом, лучшим выбором для первичных (сетевых) обмоток является специальный медный обмоточный провод в хлопчатобумажной (стеклотканевой) изоляции. Удовлетворительной теплостойкостью обладают также провода в резиновой или резино-тканевой изоляции. Непригодны для работы при повышенной температуре (а это уже закладывается в конструкцию любительского СТ) провода в полихлорвиниловой (ПХВ) изоляции из-за возможного ее расплавления, вытекания из обмоток и короткого замыкания. Поэтому необходимо либо снять полихлорвиниловую изоляцию с проводов и обмотать провода по всей длине хлопчатобумажной изоляционной лентой, либо не снимать, а обмотать провод поверх изоляции.



Возможен и третий проверенный на практике способ намотки. В случае любых сомнений в качестве изоляции намотку можно проводить как бы в два провода с использованием хлопчатобумажного шнура (отличные результаты дает хлопчатобумажная нить для рыболовства). После намотки одного слоя обмотку с нитью фиксируют клеем, лаком и т. д. и следующий ряд наматывают только после высыхания намотанного слоя.

Вторичную обмотку мотают единым или многожильным проводом, сечение которого обеспечивает необходимую плотность тока. Существует несколько способов решения этой проблемы.

**Первый способ** предполагает использование монолитного провода прямоугольного сечения  $10\text{--}24\text{ мм}^2$  из меди или алюминия, обычно называемого шиной. Им удобно мотать катушки на отдельном каркасе, куда после завершения укладки обмотки набивается пакет трансформаторной стали. Однако во многих самодельных конструкциях с неразборным магнитопроводом провод обмоток приходится много раз протягивать через узкие окна. Разумеется, проделать это примерно 60 раз с твердым и толстым медным проводом весьма непросто. В этом случае лучше отдать предпочтение алюминиевым проводам – они намного мягче, да и стоят дешевле. Если выбран прямоугольный алюминиевый провод в бумажной изоляции, то следует ее удалить и намотать новую с помощью эскапоновой, стеклослюдяной или, в крайнем случае, тафтяной или киперной ленты. В двух последних случаях ленты необходимо пропитать лаком или краской. Не исключается и возможность намотки проводом с удаленной бумажной изоляцией, но каждый слой этой катушки необходимо тщательно покрасить нитроэмалевой краской или лаком воздушной сушки.

**Второй способ** – намотать вторичную обмотку многожильным проводом подходящего сечения в обычной хлорвиниловой изоляции. Он мягкий, легко укладывается, надежно изолирован. Правда, слой синтетики занимает лишний объем в окнах и препятствует охлаждению. Иногда для этих целей используют старые многожильные провода в толстой резиновой изоляции, которые используются в мощных трехфазных кабелях. Резину легко удалить, а вместо нее обмотать провод слоем какого-нибудь тонкого изоляционного материала. Третьим способом можно изготовить вторичную обмотку из нескольких одножильных проводов, в том числе таких, которыми моталась первичная обмотка. Для этого 2–5 проводов диаметром 1,6–3 мм аккуратно стягивают вместе, например, скотчем и используют как один

многожильный. Такая шина из нескольких проводов занимает небольшой объем и обладает достаточной гибкостью, что облегчает ее укладку.

В крайнем случае вторичную обмотку можно изготовить и из тонких, наиболее распространенных проводов ПЭВ, ПЭЛ диаметром 0,8–1,2 мм, хотя для этого и придется потратить час-другой. Для начала нужно выбрать ровное прямое пространство, где жестко устанавливают два колышка или крючка с расстоянием между ними, равным длине провода вторичной обмотки (20–30 м). Между ними протягивается без прогиба несколько десятков жил тонкого провода – получается один вытянутый пучок. Один из концов пучка отсоединяется от опоры и зажимается в патрон дрели или шуруповерта. На небольших оборотах весь пучок в слегка натянутом состоянии за несколько приемов закручивается в единый жгут. В процессе закручивания пучок проводов необходимо периодически встряхивать, держа за один конец, чтобы закрутка равномерно разошлась по всей длине провода.

Следует учитывать, что после скручивания его длина немного уменьшится. На концах получившегося многожильного провода нужно будет аккуратно обжечь лак и зачистить кончики каждого проводка отдельно, а потом их залудить и надежно спаять все вместе. После этого провод желательно изолировать, обмотав его по всей длине слоем скотча или любого другого подходящего изоляционного материала.

Каким бы проводом ни была выполнена сварочная обмотка и сколько бы она ни содержала отводов, все ее выводы следует завести через медные наконечники под клеммные болты диаметром 8–10 мм (рис. 42). Медные наконечники изготавливают из медных трубок подходящего диаметра длиной 25–30 мм и крепят на проводах опрессовкой и, желательно, пропайкой.



Типовая вторичная обмотка содержит 65–70 витков медной изолированной шины сечением не менее 25 мм<sup>2</sup> (лучше сечением 35 мм<sup>2</sup>). Вполне подойдет и гибкий многожильный провод (например, сварочный) и трехфазный силовой многожильный кабель. Главное: сечение силовой обмотки не должно быть меньше требуемого, а изоляция – теплостойкой и надежной. При недостаточном сечении провода возможна намотка в два и даже в три провода.

Особое внимание следует уделить выбору изоляции. Для укладки обмоток, крепления провода, межрядовой изоляции, изоляции и крепления магнитопровода нужен тонкий, крепкий и теплостойкий материал. При этом объем окон магнитопровода, в которые необходимо укладывать несколько обмоток толстыми проводами, очень ограничен, поэтому здесь дорог каждый миллиметр. При малых размерах сердечников изоляционные материалы должны занимать как можно меньший объем, т. е. быть как можно тоньше и эластичнее. Распространенную ПХВ-изоляцию можно сразу же исключить из применения на греющихся участках трансформатора. Даже при незначительном перегреве она становится мягкой и постепенно расплывается или продавливается проводами, а при значительном перегреве плавится и пенится. Для изоляции и бандажа можно использовать фторопластовые, стекло- и лакотканевые, киперные ленты, а между рядами – обычный скотч. Хороший изоляционный материал стоит дорого, и его применение может сильно удорожить изготовление сварочного трансформатора. Скотч дешевый, обладает малой толщиной, эластичностью, достаточно теплоустойчив и крепок. Два-три слоя скотча между рядами провода практически не увеличивают объем катушек. Его использование вполне оправданно с учетом температуры и



экономии средств. Особенно хорошо подходил для этих целей скотч отечественного производства прошлых лет – не очень прозрачный, грубый и крепкий. Правда, найти его сейчас сложно, и предпочтение следует отдавать по возможности более жесткому материалу, который не тянется и легко не рвется.

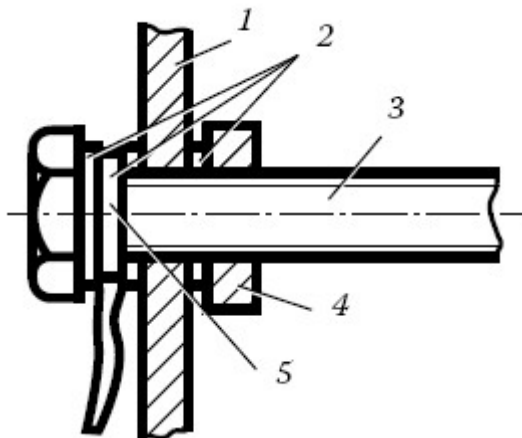


Рис. 42. Крепление выводов сварочной обмотки:  
1 – корпус СТ; 2 – шайбы; 3 – клеммный болт; 4 – гайка; 5 – медный наконечник с проводом

## Проверка качества обмоток

После намотки первичной обмотки СТ необходимо проверить на наличие короткозамкнутых витков и правильность выбранного числа витков. Сварочный трансформатор включают в сеть через плавкий предохранитель (4–6 А) и желательно амперметр переменного тока. Если предохранитель сгорает или сильно греется – это явный признак короткозамкнутого витка. Следовательно, первичную обмотку придется перемотать, обратив особое внимание на качество изоляции.

Если сварочный аппарат сильно гудит, а потребляемый ток превышает 2–3 А, это означает, что число первичной обмотки занижено и необходимо подмотать еще некоторое количество витков. Исправный СТ потребляет ток холостого хода не более 1–1,5 А, не греется и гудит не сильно.

После изготовления вторичной обмотки необходимо провести настройку СТ и проверку качества сварки электродами различного диаметра. Процесс настройки заключается в следующем. Для измерения сварочного тока и напряжения понадобятся амперметр переменного тока на 180–200 А и вольтметр переменного тока на 70–80 В. Схема их подключения показана на рис. 43, а.

При сварке различными электродами снимают значения тока и напряжения сварки, которые должны быть в требуемых пределах. Если сварочный ток мал, что бывает чаще всего (электрод липнет, дуга неустойчивая), то в этом случае либо переключением первичной и вторичной обмоток устанавливают требуемые значения, либо перераспределяют количество витков вторичной обмотки (без их увеличения) в сторону увеличения числа витков, намотанных поверх сетевой обмотки.

После сварки можно разломать или распилить кромки свариваемых изделий, и сразу станет ясно качество сварки: глубина провара и толщина наплавленного слоя металла.

По результатам измерений полезно составить таблицу. Исходя из ее данных, выбирают оптимальные режимы сварки для электродов различного диаметра, помня о том, что при сварке электродами, например, #3 мм электродами #2 мм можно резать, так как ток резки больше сварочного на 25–30 %.

Эти приборы будут удобны не только для первичной настройки СТ, но и при дальнейшей его работе, в связи с чем их можно стационарно закрепить на корпусе агрегата. Однако процесс измерений может быть затруднен в связи с отсутствием рекомендованных выше измерительных приборов. В таком случае можно прибегнуть к изготовлению измерительной схемы на базе наиболее распространенного миллиамперметра постоянного тока на 1—10 мА. Она состоит из измерителей напряжения и тока, собранных по мостовой схеме (рис. 43, б).

Измеритель напряжения подключают к выходной (сварочной) обмотке СА. Настройку осуществляют с помощью любого тестера, которым контролируют выходное напряжение сварки. С помощью переменного сопротивления R3 стрелку прибора устанавливают на конечное деление шкалы при максимальном значении  $U_{\text{ХХ}}$ . Шкала измерителя напряжения достаточно линейна. Для большей точности можно снять две-три контрольные точки и проградуировать измерительный прибор на измерение напряжений.

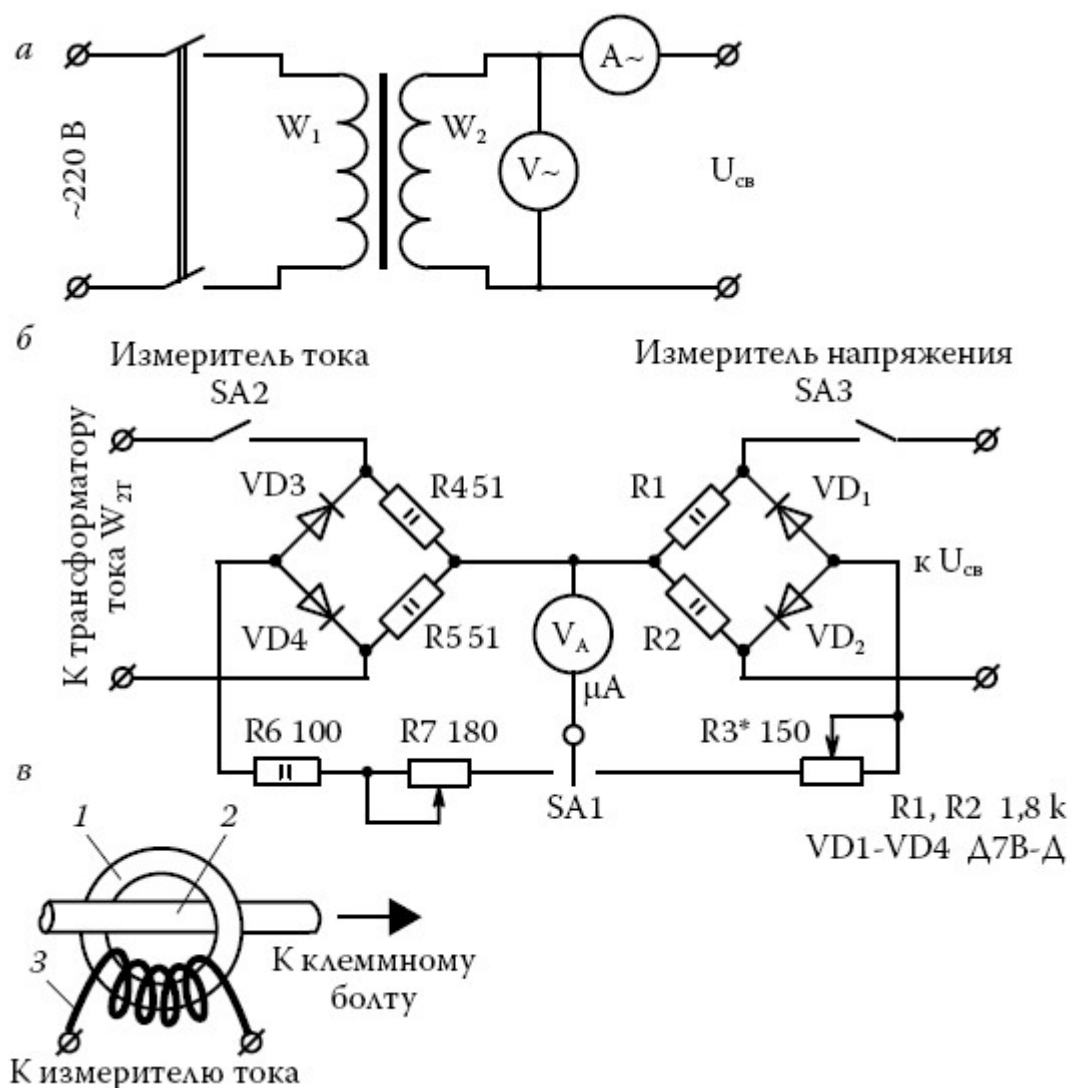


Рис. 43. Измерение характеристик СТ:

а – схема подключения измерительных приборов; б – принципиальная схема измерителей напряжения и тока сварки; в – конструкция трансформатора тока (1 – сердечник; 2 – силовой провод сварочной обмотки; 3 – вторичная обмотка)

Более сложно настроить измеритель тока, поскольку он подключается к самостоятельно изготовленному трансформатору тока. Последний представляет собой сердечник тороидального типа с двумя обмотками (рис. 43, в). Размеры сердечника (внешний диаметр 35–40 мм) принципиального значения не имеют, главное, чтобы уместились обмотки. Материал сердечника – трансформаторная сталь, пермаллой или феррит. Вторичная обмотка состоит из 600–700 витков медного изолированного провода марки ПЭЛ, ПЭВ, лучше ПЭЛШО диаметром 0,2–0,25 мм и подключена к измерителю тока. Роль первичной обмотки выполняет силовой провод, проходящий внутри кольца и подключаемый к клеммному болту. Настройка измерителя тока заключается в следующем. К силовой (сварочной) обмотке СТ подключают калиброванное сопротивление из толстой нихромовой проволоки на 1–2 с (поскольку оно сильно греется) и измеряют напряжение на выходе СТ. По закону Ома определяют ток, протекающий в сварочной обмотке. Например, при подключении  $R_n = 0,2 \text{ Ом}$   $U_{\text{вых}} = 30 \text{ В}$ .

$$I_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вых}}}{R_n} = \frac{30}{0,2} = 150 \text{ А}$$

Тогда . Отмечают точку на шкале прибора. Достаточно 3–4 измерений с различными  $R_n$ , чтобы откалибровать измеритель тока. После калибровки приборы устанавливают на корпус СА.

При сварке в различных условиях (сильная или слаботочная сеть, длинный или короткий подводящий кабель, его сечение и т. д.) переключением обмоток настраивают СТ на оптимальный режим сварки, и далее переключатель измерителя можно установить в нейтральное положение.

## Особенности конструкций на различных магнитопроводах

### П-образный сварочный трансформатор

Наиболее распространенным типом среди сварочных трансформаторов промышленного изготовления являются всевозможные варианты П-образных трансформаторов. Велика их популярность и среди самодельных конструкций благодаря хорошим сварочным характеристикам и относительной простоте в изготовлении. Основные части любого трансформатора – катушки и набор магнитопровода – здесь обычно собирают отдельно друг от друга и лишь в конце объединяют в единую конструкцию. Это не только упрощает процесс сборки, но и повышает добротность и надежность СТ, так как можно применить и рационально разместить жесткие провода большего сечения.

Магнитопровод П-образного трансформатора состоит из набора пластин и имеет прямоугольную форму с катушками с обеих сторон на длинных частях плеч. Методики для расчета параметров такого СТ были представлены выше.

Чаще всего самым дефицитным элементом самодельной конструкции является магнитопровод. Поэтому его характеристики и становятся обычно точкой отсчета. Диапазон геометрических размеров магнитопровода вписывается в такую «формулу»: минимальный – такой, чтобы влезли катушки с проводом; максимальный – такой, чтобы можно было поднять. Сечение набора пластин при этом может лежать в интервале 25–60 см<sup>2</sup>.

Магнитопровод П-образного трансформатора собирают из пластин двух типов: одинаковой ширины и толщины, но разной длины. Более длинные пластины идут на плечи катушек; короткие – на замыкающие плечи. Впрочем, и это условие может быть нарушено: магнитопровод можно собрать из пластин одинаковой длины, тогда он получится квадратным. Ухудшение сварочных характеристик в этом случае не будет слишком заметно, хотя прибавка в весе менее рационально собранного железа может стать существенной. При сборке направление пластин может чередоваться – одна через одну; или же его можно чередовать пакетами по три пластины. Последний способ распространен при промышленной сборке, но при ручном изготовлении он не даст ощутимых преимуществ, да еще придется вручную сортировать пластины по три штуки.

В самодельных и бытовых конструкциях главным образом отрабатываются самые простые схемы П-образного сварочного трансформатора, по большей части с одной из приведенных выше компоновок обмоток. Более сложные промышленные схемы с подвижными обмотками, магнитным шунтированием магнитопровода, интегрированным в магнитопровод дросселем в быту, как правило, не используются ввиду сложности реализации и значительной прибавки в весе.

Если обмотки трансформатора выполнены цилиндрическими, то теоретически на противоположных плечах должно размещаться ровно по половине первичной и вторичной обмоток трансформатора. Однако на практике это может быть и не так, особенно если катушки выполнены с регулирующими отводами.

В идеале внешняя характеристика такого силового трансформатора должна устремляться в сторону жесткой благодаря минимальному магнитному рассеиванию. Но на самом деле такие трансформаторы обладают нормальными сварочными характеристиками. И даже если они выполнены на компактных магнитопроводах с плотно сидящими обмотками, то и при этом не приходится прибегать к каким-либо дополнительным средствам улучшения

горения дуги. Это подтверждают тысячи изготовленных по подобной схеме и успешно эксплуатируемых самодельных конструкций. Кроме того, такой СТ может обеспечить наивысший КПД, а значит, максимальную выходную мощность сварки. Тем более что характеристику вполне можно подправить сразу же в процессе изготовления, увеличив магнитное рассеивание путем добавления воздушных зазоров между слоями обмоток.

Трансформаторы, у которых обмотки разнесены по разным плечам, используют достаточно редко по причине низкого тока КЗ и значительной разницы в мощности<sup>22</sup>.

Однако иногда бывает чрезвычайно целесообразен промежуточный вариант расположения обмоток, где часть вторичной обмотки намотана поверх первичной, а оставшаяся часть – на противоположном плече, где витков первичной нет. В таком случае достигается больший прирост тока КЗ по сравнению с разнесенной схемой, но меньшая мощность, чем в случае типичного трансформатора с цилиндрическими обмотками.

Подобная схема может понадобиться по следующим причинам. В бытовых условиях мощность трансформатора 180–200 А востребована крайне редко. Как правило, она не нужна и даже нежелательна, особенно если обмотки выполнены слабым проводом, а сеть не держит чересчур мощную нагрузку. Как известно, для уменьшения мощности следует увеличивать количество витков первичной обмотки, что влечет за собой увеличение числа витков и вторичной, – приходится больше мотать провода, который занимает место. В компактных магнитопроводах может оказаться, что места для лишних витков попросту нет. Тогда и придет на помощь комбинированная схема (рис. 44), когда уменьшение мощности ведется не за счет витков, а за счет иного расположения обмоток. При этом одна секция вторичной обмотки может содержать 30–60 % от полного числа вторичных витков. Чем большая часть витков вторичной обмотки расположена поверх первичной, тем большей будет выходная мощность при сварке.

Теперь рассмотрим практические моменты изготовления П-образного трансформатора. Как отмечалось ранее, выгодное отличие П-образного трансформатора в том, что катушки можно изготовить отдельно от магнитопровода. Подобной эффективностью при сборке отличаются далеко не все типы конструкций самодельных трансформаторов. Перед намоткой катушек сначала для них необходимо изготовить каркасы, куда и будет укладываться провод. В простейшем случае каркас может быть сделан из нескольких слоев толстого картона, свернутого в виде короба. Но лучше каркас сделать из более жесткого материала: ДВП, текстолита, фанеры и т. д. Внутренние размеры каркаса делают несколько большими, чем сечение магнитопровода, хотя бы по бокам так, чтобы между ними оставались зазоры по несколько миллиметров. В зазоры потом забивают фиксирующие кольца.

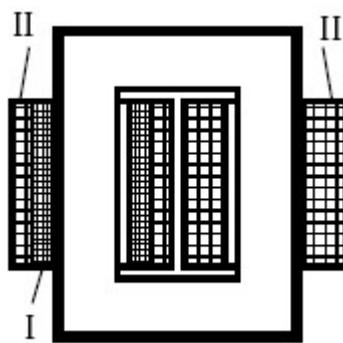


Рис. 44. Комбинированная схема расположения обмоток на магнитопроводе

<sup>22</sup> Пример различия характеристик таких СТ приведен выше в главе «Расположение обмоток».

При укладке жесткого провода придется прилагать значительные усилия, и это может деформировать и испортить каркас. Поэтому внутрь полости каркаса необходимо временно поместить какой-нибудь жесткий материал, заполняющий весь его внутренний объем. Обычно для этого используют дерево, но ни в коем случае нельзя использовать один сплошной деревянный брус. Ведь если каркас под давлением провода сильно ужмется, то деревянную вставку потом невозможно будет извлечь без риска повреждения готовой обмотки. Лучше вставить 2–3 сложенные вместе доски. Одну из них всегда можно будет безболезненно удалить, после чего выйдут и остальные.

Боковые щечки на каркасах сварочных трансформаторов можно не делать, они будут только препятствовать оттоку тепла из внутренних слоев обмоток. Однако каждый слой провода необходимо надежно фиксировать. Для этого под слой провода в 3–4 местах с разных сторон поперек виткам кладут отрезки киперной ленты из ткани или грубые веревки. После завершения слоя лента стягивается и завязывается, надежно фиксируя витки.

Между слоями провода укладывают изоляцию – лакоткань, киперную или стеклотканевую ленту. В случаях, когда межслоевая изоляция занимает значительный объем и препятствует охлаждению трансформатора, что особенно актуально для компактных конструкций с ограниченным объемом магнитопровода, для межслоевой изоляции можно использовать несколько слоев крепкого и жесткого скотча.

Некоторые авторы рекомендуют пропитывать готовые обмотки специальным пропиточным лаком или же покрывать слои провода эмалевой краской. Но здесь нужно учитывать, что пропиточный лак по технологии сохнет только при высокой температуре, для чего используют сушильные шкафы. К тому же применение красок и лаков может привести к отрицательным последствиям в будущем, если предполагается перемотка катушек (а полностью такую возможность в самодельном трансформаторе исключить нельзя). Высохшая краска намертво склеит витки обмотки, и при их рассоединении будет содрана собственная изоляция провода, после чего последний придет в негодность.

Между слоями провода и между обмотками рекомендуется вставлять поперечные планки толщиной 7—10 мм. Это нужно прежде всего для образования внутри обмоток воздушных зазоров, через которые будет выходить теплый воздух. Это улучшит вентиляцию и температурный режим трансформатора. Кроме того, зазоры увеличивают объем катушек, а значит, и магнитное рассеивание трансформатора, что самым положительным образом сказывается на его сварочных характеристиках. Планки могут быть изготовлены из дерева или любого другого диэлектрика. Их ставят несколько штук по длине витка катушки с определенными интервалами. В компактных магнитопроводах с внутренней стороны планки не ставят, чтобы не занимать лишний объем окна. Имеет смысл устанавливать планки через каждые два слоя провода (кроме первого слоя), тогда каждый слой одной стороной будет выходить на воздушный зазор (рис. 45, а).

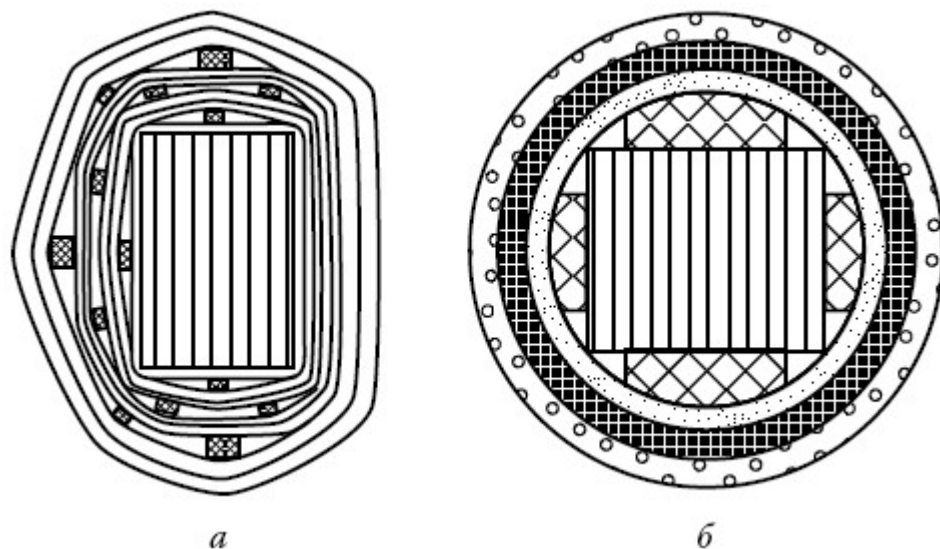


Рис. 45. Организация вентиляции обмотки СТ:  
а – на прямоугольном каркасе; б – на цилиндрическом каркасе

В некоторых случаях, если размеры магнитопровода позволяют, легче изготовить каркас для обмоток круглого сечения, особенно если есть отрезки подходящей картонной или пластмассовой трубы. Мотать на круглом каркасе легче, тем более обеспечивается лучшая сохранность провода, так как отсутствуют прямые изгибы на углах. Увеличенные зазоры между каркасом и магнитопроводом заполняют деревянными кольями соответствующих размеров и формы (рис. 45, б).

На завершающей стадии сборки классического П-образного трансформатора готовые катушки надевают на уже сложенный П-образный фрагмент магнитопровода, после чего набивают пластины заключительного верхнего плеча. Потом магнитопровод плотно стягивают на краях с помощью пластин и шпилек, а в зазоры между каркасами катушек и железом забивают фиксирующие колышки. В некоторых случаях пластины имеют на краях отверстия, что дает возможность стягивать магнитопровод шпильками сквозь отверстия по его углам. В этом случае шпильки следует изолировать: натянуть кембрик, обмотать изоляцией или просто покрасить. Также следует обязательно изолировать шпильки и гайки от стягивающих пакеты пластин, подложив в места сопряжения изолирующие шайбы. Если этого не сделать, то может возникнуть ситуация, аналогичная короткозамкнутому витку, и, как следствие, разогрев магнитопровода, падение мощности и ухудшение свойств трансформатора.

Иногда для изготовления П-образного трансформатора используют крупные Ш-образные пластины. В них зубилом вырубает средние сегменты, получая П-образные пластины (рис. 46). Недостаток такого решения в том, что намотанные катушки при сборке можно будет посадить лишь на короткие плечи, так как у большинства Ш-образных трансформаторов ширина пластины больше высоты. Если же наматывать обмотки на уже собранный магнитопровод, протягивая каждый виток через окно, трансформатор такого конструктивного типа покажет довольно высокие КПД и выходную мощность.



Рис. 46. Получение П-образных пластин из Ш-образных

Принципиальное значение имеет способ соединения между собой находящихся на разных плечах обмоток. Взаимное направление потоков в противоположных плечах должно быть направлено в разные стороны относительно их продольных осей. Это значит, что направление течения тока в витках катушек на разных плечах должно быть в разные стороны: в одной – по часовой стрелке; в другой – против часовой. Наматывать все катушки имеет смысл в одну сторону, а при сборке СТ устанавливать их таким образом, чтобы направление намотки совпадало на обоих стержнях. Тогда соединять обмотки между собой на разных плечах будет проще – началами, т. е. выводами изнутри катушек.

Последние же, верхние витки нужно будет включать в питающую или сварочную цепь для первичной или вторичной обмотки соответственно. Разумеется, выводы можно соединить и наоборот – концами, т. е. последними, верхними витками. Тогда подключение к сети и сварочной цепи осуществляется от внутренних – первых – витков. Если обмотки соединить неправильно – в противофазе, то в случае первичной трансформатор возьмет непомерный ток и будет сильно гудеть при включении; для вторичной же выходное напряжение будет близко к нулю.

Катушки должны иметь хорошую корпусную изоляцию и прочно закрепляться на стержнях деревянными клиньями. Разумеется, окно магнитопровода должно быть таким, чтобы катушки, расположенные на противоположных стержнях, не касались друг друга.

### ***Изготовление самодельного магнитопровода***

Обычно при самостоятельном изготовлении СТ используют магнитопровод, уже побывавший в употреблении. Это может быть горячекатаная или холоднокатаная сталь от старого сварочного трансформатора или силового трансформатора подстанции. Желательно, чтобы трансформаторная сталь была холоднокатаной. Она обладает лучшими магнитными характеристиками по сравнению с горячекатаной. Это позволяет изготавливать из нее наиболее компактные трансформаторы.



Тип проката легко определить по цвету стали. Холоднокатаная сталь имеет белый цвет; горячекатаная – темный, почти черный, цвет. Кроме этого, горячекатаная сталь очень ломкая и имеет хорошо видимое лаковое покрытие.

Однако может так случиться, что под рукой не окажется специализированной трансформаторной стали. Еще чаще габариты имеющегося магнитопровода не удовлетворяют



нуждам мастера-самодельщика. В этом случае сердечник трансформатора можно изготовить из почти любого листового железа. Лучше всего для этих целей подходит обыкновенное мягкое железо, а вернее – жесть толщиной 0,3–0,5 мм. Для снижения потерь перемагничивания железо необходимо предварительно отжечь в муфельной печи или на углях при температуре красного каления и дать возможность медленно остыть. Затем железо очищают от окалины, ровняют и покрывают слоем лака. Лаковое покрытие необходимо для осуществления электрической изоляции отдельных листов сердечника. Для этих же целей между листами стали можно прокладывать тонкие листы конденсаторной бумаги или кальки. Для хорошего перекрытия стальных листов размеры листов бумажных должны быть больше на 2–3 мм.

Конструкция самодельного стержневого сердечника сварочного трансформатора изображена на рис. 47. Сердечник набран из пластин кровельной стали толщиной 0,27–0,5 мм. Имеющееся железо сначала рубят на полосы, потом режут на фрагменты с размерами согласно чертежу. Заусенцы на краях рубленого железа необходимо удалить с помощью надфиля или мелкого напильника. Затем заготовки отжигают и лакируют по вышеприведенной методике. Собирается сердечник «вперекрышку» с возможно меньшими зазорами в местах стыковки отдельных листов.

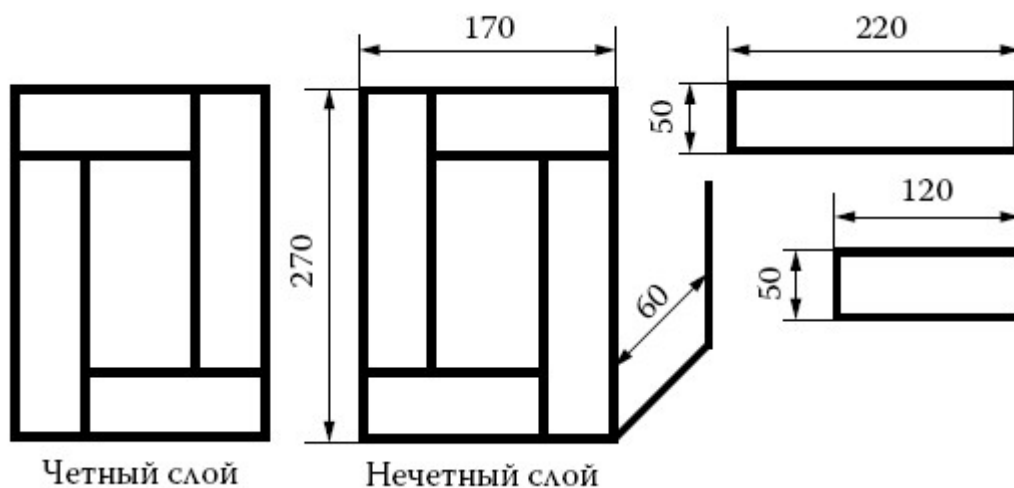


Рис. 47. Конструкция самодельного сердечника сварочного трансформатора

## Сварочные трансформаторы на магнитопроводе от ЛАТРов

Распространенным материалом для изготовления самодельных сварочных трансформаторов издавна являются лабораторные автотрансформаторы (далее – ЛАТРы). Как правило, все ЛАТРы имеют примерно одинаковый внешний вид: хорошо вентилируемый жестяной корпус круглой формы с жестяной или эбонитовой лицевой крышкой со шкалой от 0 до 250 В и вращающейся рукояткой. Внутри корпуса находится тороидальный автотрансформатор, выполненный на магнитопроводе значительного сечения. Этот сердечник и понадобится для изготовления СТ.

ЛАТРы выпускали разных типов с максимальными токами от 2 до 10 А. Для изготовления СТ годятся только те, размеры магнитопроводов которых позволяют уложить необходимое количество провода. Наиболее распространенным среди них является автотрансформатор типа ЛАТР 1М, рассчитанный, в зависимости от провода обмотки, на токи 6,7–9 А,

но сердечник при этом использовался один и тот же. Он имеет следующие размеры: внешний диаметр – 127 мм; внутренний диаметр – 70 мм; высота кольца – 95 мм; сечение  $S = 21 \text{ см}^2$ ; вес около 6 кг. Этого вполне достаточно, чтобы изготовить вполне работоспособный сварочник для бытовых нужд.

Если вам достался сгоревший ЛАТР, с него надо снять ограждение, арматуру и удалить сгоревшую обмотку. Освобожденный магнитопровод должен быть изолирован от будущих слоев обмотки электрокартоном или двумя слоями лакоткани.

Обмотки СТ расположены равномерно по поверхности магнитопровода. В первичной обмотке применен провод ПЭВ-2 #1,2 мм, длиной 170 м. Для удобства работы можно использовать челнок в виде деревянной рейки  $40 \times 500$  мм с прорезями на концах, на который предварительно намотан весь провод (рис. 48, а). Челнок с проводом продевают сквозь окно, освобождают виток провода и затем переносят в обратном направлении, но уже поверх тора. Первичную обмотку изолируют двумя слоями стекло– или лакоткани.



Не следует стремиться намотать первичную обмотку быстро и за один раз. Процесс этот медленный, а после укладки жестких проводов начинают болеть пальцы. Лучше сделать это за 2–3 подхода, ведь качество важнее скорости.

Вторичная обмотка располагается поверх первичной. Она может иметь от 45 до 65 витков и мотается шиной в хлопчатобумажной или стеклотканевой изоляции или канатиком (набором проводов) с общим сечением проводников от  $6 \text{ мм}^2$  до  $15 \text{ мм}^2$ . Канатик делают из обмоточных проводов, которые, в принципе, могут быть любого диаметра, но лучше всего использовать провода типа ПЭЛ или ПЭВ #0,5–1,5 мм. Свитые проводники канатика изолируются хлопчатобумажной лентой (см. рис. 48, б). Внутри провод располагают виток к витку, а с внешней стороны с небольшим зазором – для равномерного расположения и лучшего охлаждения.

Работу по укладке провода удобнее выполнять вдвоем: один осторожно, не задевая за соседние витки, чтобы не повредить изоляцию, протягивает и укладывает провод, а помощник удерживает свободный конец, предохраняя его от скручивания.

Иногда возникает соблазн избавиться себя от лишней работы и использовать уже готовую, прекрасно уложенную первичную обмотку. Однако польза от этого будет минимальной. Обмотка ЛАТР 1М имеет 265 витков провода диаметром 1 мм. Если намотать вторичную прямо на нее, то трансформатор станет развивать непомерную для себя мощность, быстро нагреется и выйдет из строя. Ведь даже при работе с электродами #2 мм, которым достаточно тока 50–60 А, по первичной обмотке будет течь ток около 15 А. Для такой мощности первичка должна содержать около 400 витков. Их можно домотать, предварительно покрыв лаком токоотводящую дорожку и изолировав родную обмотку ЛАТРа. Можно поступить и по-другому – не доматывать витки, а погасить мощность балластным сопротивлением, включенным в цепь первичной или вторичной обмотки. В качестве активного сопротивления можно использовать батарею параллельно соединенных мощных проволочных резисторов, например ПЭВ-50 или ПЭВ-100 суммарным сопротивлением до 10 Ом, включенных в цепь первичной обмотки. Во время работы резисторы будут сильно греться. Чтобы избежать этого, их можно заменить реактивным сопротивлением – дросселем. Дроссель мотают на каркасе 100–200-ваттного трансформатора количеством витков 100–200. Чаще всего витки подбирают экспериментально.

Сварочный трансформатор будет обладать значительно лучшей характеристикой, если балластное сопротивление (сотые доли Ома) включено на выходе вторичной обмотки – последовательно в цепь провода держателя электродов. Этим же балластом осуществляется и регулировка тока. Балласт представляет собой нихромовую или константановую проволоку #3 мм и длиной 5 м, свернутую «змейкой», которая крепится к асбестоцементному листу. Все соединения проводов и балласта осуществляются с помощью болтов М10. Методом подбора, перемещая по «змейке» точку присоединения провода, устанавливают требуемый ток.

Собранный трансформатор помещают на изолированную площадку в прежний кожух, предварительно просверлив в нем отверстия для вентиляции. Провода первичной обмотки подключают к сети 220 В кабелем ШРПС или ВРП. Выводы вторичной обмотки соединяют с гибкими изолированными проводами ПРГ; к одному из них крепится держатель электродов, а к другому – свариваемая деталь. Этот же провод для безопасности сварщика заземляют. В цепи первичной обмотки необходимо предусмотреть отключающий автомат АП-25.

Для сварки с таким СТ применяют электроды типа Э-5РА УОНИИ-13/55-2,0-УД1 #1–3 мм. Ими можно выполнить большинство бытовых сварочных работ. Но, как показывает практика, одного ЛАТРа недостаточно для серьезной работы. Из-за небольшого сечения магнитопровода и малого размера его окна, ограничивающего сечение провода вторичной обмотки, такой СТ будет сильно перегреваться даже после работы с 1–2 электродами #3 мм.

Чтобы «выжать» максимум возможностей из одного такого магнитопровода, можно выполнить первичную обмотку из 200 витков медного провода #1,8 мм, а вторичную – из 44 витков шины или канатика сечением 16 мм<sup>2</sup>. Но при этом следует, во-первых, пропитать каждую обмотку эпоксидной смолой и вторичную обмотку наматывать только после того, как полностью высохнет пропитка первичной. Между обмотками обязательно проложите два слоя изоляции. И во-вторых, все время работы СТ должен обдуваться вентилятором. Трансформатор в это время стоит на боку, чтобы поток воздуха свободно проходил через оставшееся после намотки окошко внутри него. Можно использовать вентилятор УВО-2,6–6,5-У4 с фазосдвигающим конденсатором МБГО 1,0 мкф × 400 В.

Подойдут и любые другие «плоские» вентиляторы диаметром 130–150 мм.

В этом случае СТ заключают в корпус, который изготавливают из двух квадратных щитов 10-миллиметровой фанеры. Длина сторон квадрата должна на 20–30 мм превышать наибольший диаметр тороидального сердечника с обмотками. Щиты по углам стягиваются шпильками с резьбой М8. В центре каждого щита вырезано по отверстию для вентиляции диаметром, соответствующим размеру вентилятора. К одному из щитов вентилятор и крепится. К торцам щитов, на которых будет стоять конструкция, для устойчивости можно прикрепить площадку из той же фанеры или полозья из металлического профиля.

Щиток для крепления выводов обмоток СТ изготавливают из 5–10-миллиметрового текстолита или гетинакса. Клеммы выводов первичной и вторичной обмоток располагают на противоположных сторонах трансформатора. В качестве клемм для первичной обмотки используют болты М8, для вторичной обмотки – болты М12. Клеммную сборку закрывают крышкой, закрепляя ее на мебельных петлях.

Существуют ЛАТРы и с более объемными магнитопроводами, например РНО-250-2 и др. Они гораздо лучше подходят для изготовления СТ, но менее распространены. У других автотрансформаторов, аналогичных по параметрам ЛАТР 1М, например АОСН-8-220, магнитопровод имеет другие размеры: внешний диаметр кольца больше, но зато меньше высота и диаметр окна. В таких случаях, чтобы повысить продолжительность работы СТ, необходимо расширить диаметр окна.

Кольцо магнитопровода состоит из намотанных друг на друга отрезков железной ленты, скрепленной по краям точечной сваркой. Для того чтобы увеличить внутренний диа-

метр окна, необходимо изнутри отсоединить конец ленты и отмотать ее необходимое количество. Но не пытайтесь отмотать за один раз все. Лучше отматывать по одному витку, каждый раз отрезая лишнее. Правда, при этом неизбежно уменьшается площадь сечения магнитопровода, что ведет к потере мощности.

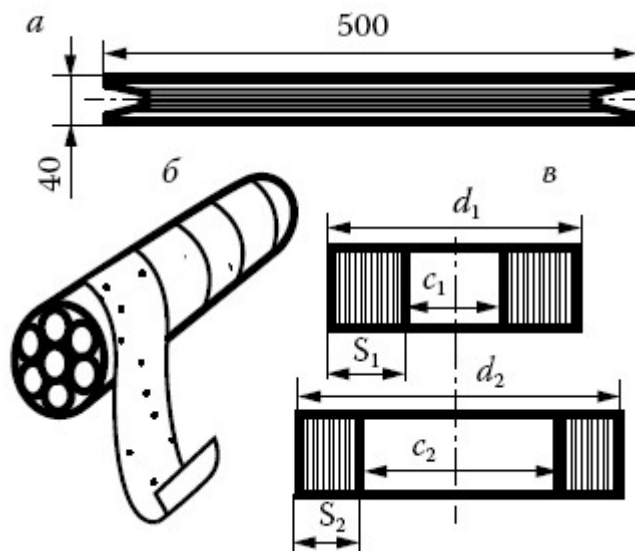


Рис. 48. Изготовление трансформаторов из ЛАТРа:

а – челнок; б – изготовление «канатика»; в – увеличение окна сердечника;  $d_1$  – исходный диаметр сердечника;  $c_1$  – исходный диаметр окна;  $S_1$  – исходное сечение магнитопровода;  $d_2$  – диаметр сердечника после перемотки;  $c_2$  – увеличенный диаметр окна;  $S_2$  – сечение магнитопровода после перемотки

Как же поступить в таком случае? Есть несколько вариантов. Во-первых, можно попытаться отрезанную изнутри ленту намотать снаружи тора (рис. 48, в). Таким же способом иногда «сращивают» два магнитопровода с одинаковой высотой и толщиной ленты (этот способ будет рассмотрен ниже).

Во-вторых, при наличии двух одинаковых ЛАТРов можно изготовить неплохой сварочный трансформатор. Существует две распространенные схемы таких аппаратов, которые и будут рассмотрены ниже. Но в любом случае сердечники необходимо освободить от обмоток, даже если они совершенно целые.

#### ***Трансформатор с разнесенными плечами («ушастик»)***

Прежде всего следует изолировать оба кольца. Особое внимание при этом обратите на углы краев колец – они довольно острые и могут разрезать наложенную изоляцию, а потом замкнуть собой провод обмотки. Места наибольшего изгиба обмоточного провода – наиболее уязвимая часть любого трансформатора. Поэтому углы нужно сначала несколько сгладить напильником, а потом на плоские торцевые поверхности уложить дополнительные изолирующие прокладки из картона толщиной 0,5–1 мм в виде колец, края которых надрезаны в виде лепестков. После этого всю поверхность тора тщательно обмотайте в 2–3 слоя лаковой стеклотканью так, чтобы ее соседние витки перекрывали друг друга, не оставляя просветов. Иногда вместо картонных колец вдоль кромок накладывают крепкую и эластичную ленту (например, киперную) или разрезанную вдоль трубку кембрика. Изоляция наматывается сверху в любом случае.

Далее изолированные кольца соединяют вместе «восьмеркой» (рис. 49). Кольца плотно стягивают киперной лентой, а по бокам фиксируют деревянными кольшками и потом тоже стягивают лентой.

Следующий шаг самый ответственный – укладка первичной обмотки. Обмотки этого сварочного трансформатора мотают так: первичная посередине, а две секции вторичной – на боковых плечах. Такой трансформатор из-за его своеобразного внешнего вида с выступающими в разные стороны, как уши Чебурашки, круглыми секциями часто называют «ушастиком».

Первичная обмотка намотана проводом #1,6–2,2 мм. Для магнитопроводов с диаметром окна 70 мм можно применять провод не толще #2 мм, иначе останется мало места для вторичной обмотки. При нормальном сетевом напряжении первичная обмотка содержит, как правило, 180–200 витков.



Провод обмотки СТ может состоять и из отдельных кусков, если целый провод достать не удалось. В этом случае он наматывается частями, а концы соединяются между собой. Для этого залуженные кончики соединяют внахлест (не скручивая) и скрепляют несколькими витками тонкой медной жилы без изоляции, потом окончательно пропаивают и изолируют. Такое соединение не дает трещин в проводе и не занимает большого объема.

Еще лучше сварить провода угольным электродом, для чего понадобится уже работающий сварочный трансформатор. В держатель последнего вставляют графитовый стержень (от вышедшей из строя батарейки). Другой провод СТ подключают к основанию скрутки. Если коснуться графитовым стержнем верхушки скрутки, образуется электрическая дуга и концы проводов расплавляются. Сварка считается качественной, если на кончике скрутки образуется шарик из расплавленного металла, охватывающий все проводки. Скрутки изолируют, а затем киперной лентой приматывают к сердечнику.

На первичную обмотку уходит около 70–80 м провода, каждый виток которого придется протягивать через оба окна составного магнитопровода. При этом никак не обойтись без челнока, на который намотан провод. На конец провода надевают кембрик, который протягивают изоляцией к началу первого слоя. Поверхность магнитопровода имеет закругленную форму, поэтому первые слои будут содержать меньше витков, чем последующие, – для выравнивания поверхности (рис. 49, в). Провод ложится виток к витку, ни в коем случае не допуская захлестывания провода на провод. Слои провода обязательно изолируют друг от друга. Дело в том, что при работе трансформатор вибрирует. Если провода в лаковой изоляции лежат друг на друге без промежуточной изоляции, то в результате вибрации и трения друг о друга слой лака может разрушиться и произойдет замыкание. К тому же для экономии пространства обмотку следует класть как можно компактнее. На магнитопроводе из некрупных колец межслоевую изоляцию следует использовать потоньше. Для этих целей хорошо подходят небольшие катушки скотча, которые без труда проходят в заполненные окна, а сам скотч не занимает лишнего объема.

Теперь нужно определить количество витков вторичной обмотки. Для начала включите уже готовую первичную обмотку в сеть. Ток холостого хода у исправного трансформатора

в этом варианте небольшой – всего 70—150 мА, а гул еле слышен. Теперь наматываем на одно из боковых плеч 10 витков любого провода и измеряем выходное напряжение на них. На каждое из боковых плеч приходится по половине магнитного потока, создаваемого на центральном плече, поэтому здесь на каждый виток вторичной обмотки приходится 0,6–0,7 В. Исходя из полученного результата, рассчитывают количество витков вторичной обмотки, ориентируясь на ее напряжение 50 В. Должно получиться примерно 75–80 витков.

Выбор материала вторичной обмотки ограничен оставшимся пространством окон магнитопровода. В него придется протягивать каждый виток толстого провода по всей длине. Хуже всего придется во время намотки последних витков – для них останется очень узкое окно. Легче мотать вторичную обмотку алюминиевым проводом сечением 16–20 мм<sup>2</sup>. Проще же всего намотать ее обычным многожильным проводом 16 мм<sup>2</sup> в синтетической изоляции: он мягкий, гибкий, хорошо изолирован, при работе будет лишь слегка греться. Можно изготовить вторичную обмотку и из нескольких жил медного провода (канатиком), как это было описано выше.

Половину витков вторичной обмотки мотают на одно плечо, половину – на другое. Если не окажется цельного провода достаточной длины, можно вести обмотку из кусков. Намотав провод на оба плеча, нужно измерить напряжение на каждой из обмоток. Оно может отличаться на 2–3 В из-за возможных небольших различий магнитопроводов разных ЛАТРов. Это особо не влияет на свойства дуги при сварке. Потом обмотки на плечах последовательно соединяются (следите, чтобы они не оказались в противофазе, иначе на выходе получится напряжение, близкое к 0). При напряжении сети 220–230 В «ушастик» должен развивать в дуговом режиме ток 100–130 А. Ток при коротком замыкании вторичной цепи – до 180 А.

Может оказаться, что в окна не удалось вместить все рассчитанные витки вторичной обмотки и выходное напряжение оказалось ниже желаемого. Рабочий ток уменьшится от этого несильно. В большей степени понижение напряжения холостого хода влияет на процесс зажигания дуги. Дуга зажигается легко при напряжениях, близких к 50 В и выше, хотя и при напряжении около 40 В работает большинство электродов.

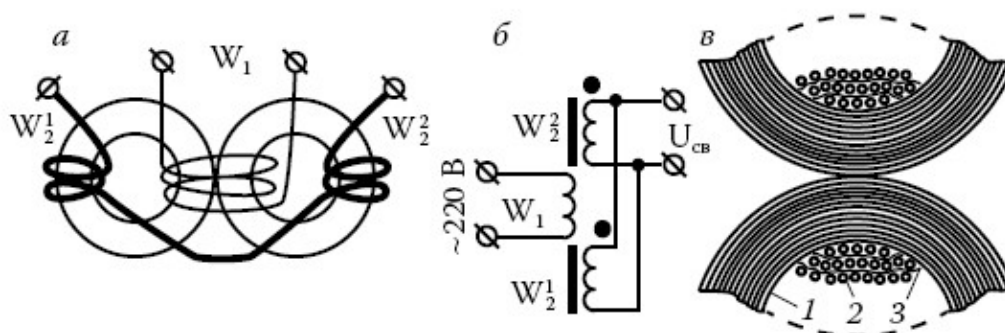


Рис. 49. Сварочный «ушастик»:

а – расположение сердечников и обмоток; б – электрическая схема; в – намотка первичной обмотки (1 – магнитопровод; 2 – провод; 3 – межслоевая изоляция)

### **Тороидальный трансформатор из ЛАТРов**

Из двух колец от ЛАТРов можно изготовить СТ и по другой – тороидальной – схеме. Кольца складывают одно на другое и изолируют – получается одно кольцо-магнитопровод со значительной площадью сечения (рис. 50).

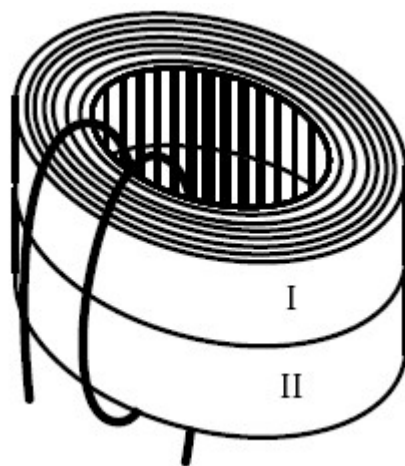


Рис. 50. Магнитопровод со значительной площадью сечения

Первичная обмотка содержит столько же витков, сколько и в предыдущей схеме, но мотают ее по всей длине кольца и, как правило, укладывают в два слоя. Проблема дефицита внутреннего пространства окна магнитопровода такой схемы трансформатора стоит еще более остро, чем для предыдущей конструкции. Поэтому изолировать здесь нужно как можно более тонкими слоями и материалами. Нельзя здесь применять и толстые обмоточные провода.

Выгодное отличие тороидальной схемы – более высокий КПД. На каждый виток вторичной обмотки теперь будет приходиться более одного вольта напряжения, следовательно, в ней будет меньше витков, а выходная мощность получится выше, чем в предыдущей схеме. Однако длина витка на тороиде будет больше, и сэкономить на проводе вряд ли удастся. К недостаткам данной схемы следует отнести: сложность намотки, ограниченный объем окна, невозможность использования провода большого сечения, а также высокую интенсивность нагрева. Если в предыдущем варианте все обмотки располагались отдельно и имели преимущественно прямой контакт с воздухом, то теперь первичная обмотка находится полностью под вторичной и их нагрев взаимно усиливается.

Применить для вторичной обмотки жесткие провода здесь сложно. Ее легче намотать мягким многожильным или изготовленным из нескольких жил проводом. Если правильно подобрать все провода и аккуратно их уложить, то в пространство окна магнитопровода вместится необходимое количество витков вторичной обмотки и на выходе получится нужное напряжение. Характеристика горения дуги у такого СТ весьма неплоха. А для охлаждения имеет смысл оснастить конструкцию вентилятором.

Иногда из нескольких колец ЛАТРов делают составной магнитопровод другим путем: не ставят их друг на друга торцами, а перематывают железные полосы ленты с одного на другой, о чем упоминалось выше (см. рис. 48, в). Для этого сначала из одного кольца выбирают внутренние витки полос – чтобы расширить окно. Кольца других ЛАТРов распускаются полностью на полосы ленты, которые потом как можно плотнее наматываются на наружный диаметр первого кольца. После этого собранный единый магнитопровод очень плотно обматывается изолирующей лентой (предварительно обрабатываются его острые кромки, как описывалось выше). Таким образом, получается кольцо-магнитопровод с более объемным внутренним пространством, чем у всех предыдущих. В него можно будет вместить провод значительного сечения, и сделать это будет гораздо проще. Необходимое количество витков рассчитывают по площади сечения собранного кольца. К недостаткам этой конструкции следует отнести высокую трудоемкость работы. Тем более что как ни старайся, а вручную

намотать железные полосы друг на друга так же плотно, как раньше, все равно не удастся. В результате в режиме сварки магнитопровод будет сильно вибрировать, издавая мощный гул.

### ***Изготовление самодельного тороидального магнитопровода***

Если ни одна из вышеописанных конструкций не способна обеспечить нужные вам мощность и продолжительность работы, попробуйте сами изготовить тороидальный магнитопровод с заданными габаритами, окном для обмоток и площадью сечения. Изготавливают магнитопроводы из различных прямоугольных листов трансформаторной стали при отношении ширины листа к длине приблизительно 1:4–1:10 и толщине листа 0,1–0,7 мм. Такие листы остаются после разборки очень мощных силовых трансформаторов. Кроме того, понадобятся медицинский жгут, эпоксидный клей и две цилиндрические гладкие оправки с соотношением диаметров 3:1. При этом диаметр большого цилиндра должен соответствовать диаметру окна магнитопровода. Ориентировочно такими оправками могут быть 2– или 3-литровые стеклянные банки и пол-литровая стеклянная бутылка, но лучше, конечно, использовать небьющиеся предметы с гладкой и ровной поверхностью.

Вначале жгут примеряют по диаметру большого цилиндра, обрезают и сшивают его концы. Полученное эластичное кольцо должно надеваться на большой цилиндр внатяжку.

Пластины по очереди обжимают вокруг меньшего цилиндра, придавая им цилиндрическую форму (рис. 51, а). Фиксировать пластины не надо. Важно, чтобы они оказались ровно изогнутыми. Затем отформованные на малом цилиндре пластины укладывают между большим цилиндром и жгутом, предварительно надев подготовленный жгут на большой цилиндр. Пластины укладывают по ходу часовой стрелки плотно одна за другой (рис. 51, б).

После укладки 5–7 пластин большой цилиндр берут за торцы и, прижимая жгут к жесткой поверхности (столу), укатывают уложенные пластины (рис. 51, в). При этом вращают сам цилиндр внутри пластин. Этот этап заканчивают после того, как пластины оказываются плотно подогнанными друг к другу. Следует сразу же выровнять их торцы по высоте, чтобы срез тора получался ровным. Затем вкладывают следующие 5–7 пластин и процесс их укатки повторяют.



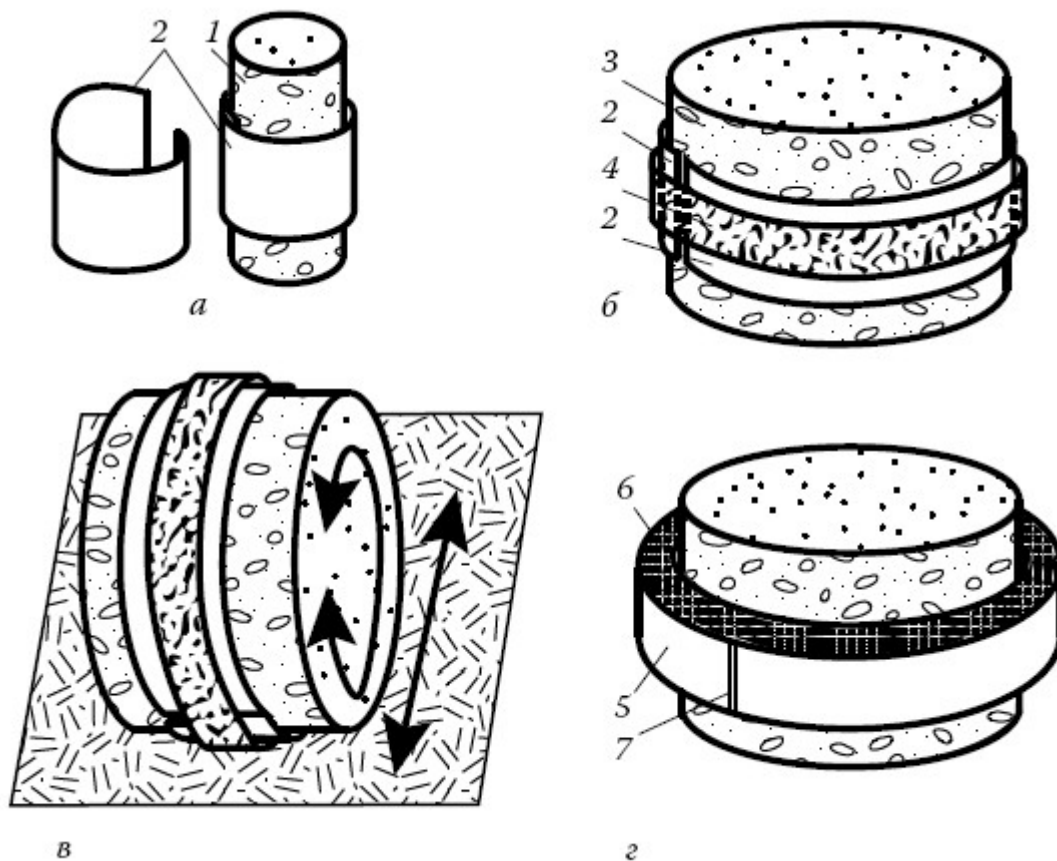


Рис. 51. Изготовление тороидального магнитопровода:

а – обжим пластин; б – укладка пластин; в – укатка пластин; г – покрытие пластин клеем и сушка; 1 – меньшая оправка; 2 – полоса трансформаторной стали; 3 – большая оправка; 4 – эластичный бинт (кольцо); 5 – собранный магнитопровод; 6 – слой эпоксидного клея; 7 – зазор между листами стали

В ходе укладки пластин могут образоваться небольшие щели при несостыковке концов пластин. Существенного влияния на работу трансформатора этот дефект не оказывает, но необходимо стараться, чтобы таких щелей было поменьше.

Укладка и подгонка друг к другу пластин продолжается до тех пор, пока сечение образовавшегося тора не будет соответствовать расчетному. После этого обе торцевые стороны смотанных в тор пластин покрывают эпоксидным клеем и оставляют сохнуть (рис. 51, г). После отверждения клея оправку извлекают из тора и снимают жгут. При этом возможно отделение нескольких крайних пластин. В этом случае их лучше удалить, а не пытаться приклеить на место. Поэтому имеет смысл заложить в расчет несколько лишних пластин, образующих сердечник. Если они и не отклеятся, их вес слишком мал в сравнении с весом всей конструкции, чтобы причинить неудобства.

После того как сердечник просох, его необходимо изолировать. Для изоляции можно использовать электрокартон толщиной 0,5–1 мм. Торцевые части сердечника изолируем с помощью картонных кругов, которые на 10–15 мм перекрывают внешний и внутренний размеры сердечника. Наружная и внутренняя поверхность сердечника изолируется при помощи картонных полос. Накладываем картонные полосы и круги на сердечник, а затем закрепляем их, обмотав сердечник киперной лентой или полосой хлопчатобумажной ткани. Полученную конструкцию покрываем лаком. После высыхания лака на магнитопровод можно укладывать обмотки.

## Сварочный трансформатор из статора электродвигателя

Использовать по два кольца в вышеописанных конструкциях приходится не столько из-за необходимости наращивания площади сечения магнитопровода, сколько для уменьшения количества витков, иначе они просто не вместились бы в узкие окна. Было бы достаточно площади сечения и одного крупного кольца: он имел бы даже лучшие характеристики по плотности магнитного потока. Изобретательская мысль нашла весьма оригинальное решение этой задачи.

Многие самодельные СТ намотаны на материале магнитопровода от вышедшего из строя крупного асинхронного трехфазного электродвигателя. Такой тип двигателей наиболее распространен в промышленности и в оборудовании, а поскольку перегоревшие обмотки в них перематывают редко, то найти подобное железо не очень сложно. Для изготовления сварочного трансформатора подходят двигатели мощностью, близкой к 4 кВт и более.

Конструкция асинхронного электродвигателя достаточно проста – состоит он из вращающегося на валу ротора и неподвижного статора, впрессованного в металлический корпус мотора. Соединяется всё это двумя боковыми крышками, стянутыми между собой шпильками. Разобрать его очень просто, достаточно открутить гайки на шпильках крышек. Крышки снимаем, ротор вытаскиваем и оставляем только статор, который и представляет для нас интерес (рис. 52, а).

Статор состоит из магнитопровода круглой формы, запрессованного в чугунный или алюминиевый корпус двигателя, и обмоток двигателя, плотно уложенных в продольные пазы изнутри магнитопровода. Провода необходимо полностью удалить, и делать это лучше, пока статор еще запрессован в корпусе.

Иногда удается извлечь обмотку, не повредив изоляцию проводов. Это особенно ценно, если у проводов изоляция из стеклоткани, ведь тогда они подойдут для первичной обмотки трансформатора. А вначале нужно с помощью планки из древесины твердых пород или текстолитовой пластины молотком выбить клинья, удерживающие обмотку в пазах.

Если же извлечь обмотку целой не удастся, с одной стороны статора все выводы обмоток бывшего двигателя обрубают под торец острым зубилом. Можно спилить выступающие части обмоток ножовкой по металлу. С противоположной стороны провод обрезать не следует – там обмотки образуют петли, за которые можно будет вытянуть оставшиеся провода. Монтировку или мощную отвертку просовывают в изгибы петель и вытаскивают провода. Торец корпуса двигателя при этом служит упором для рычага, образованного инструментом.

Провода выходят легче, если их сначала обжечь. Обжигать можно паяльной лампой, направляя струю пламени строго вдоль паза. Но надо следить, чтобы не перегреть железо статора, иначе оно потеряет свои электротехнические качества. Металлический корпус потом легко разрушить: несколько хороших ударов молотком – и он расколется. Главное – не перестараться и не повредить статор.

При удалении корпуса сразу надо обратить внимание на способ крепления набора пластин магнитопровода. Пластины могут быть скреплены между собой в единый пакет, а могут быть просто уложены в корпус и зажаты с торца стопорной шайбой. В последнем случае при удалении обмоток и разрушении корпуса магнитопровод рассыплется на пластинки. Чтобы этого не произошло, еще до полного разрушения корпуса пакет пластин необходимо скрепить воедино. Их можно стянуть шпильками сквозь пазы или потом проварить продольными швами, но только с одной – внешней – стороны. Сварка менее желательна, так как увеличатся паразитные токи Фуко.

Слишком большой по площади набор пакета магнитопровода, что характерно для особенно крупных двигателей, нежелателен, так как он весит избыточно много. Все лишнее

железо нужно отделить перед окончательной сборкой магнитопровода. Возможно, его хватит даже на два трансформатора. Для этого отгибают пластины, стягивающие сердечник (обычно они находятся на его наружной поверхности), снимают часть сердечника, а оставшуюся часть вновь крепят с помощью пластин, предварительно сжав сердечник тисками.

После того как кольцо магнитопровода двигателя надежно скреплено и отделено от обмоток и корпуса, его плотно изолируют. Особое внимание уделяют острым углам на краях пазов. Лучше сначала положить на торцы магнитопровода вырезанные из жесткого диэлектрического материала кольца, чтобы закрыть пазы и перекрыть их острые углы.

Кольцо статора имеет внушительные размеры. Например, внутренний диаметр порядка 150 мм позволяет уложить провод значительного сечения, не беспокоясь о запасе места. Площадь поперечного сечения такого магнитопровода периодически меняется по длине кольца из-за пазов, внутри паза ее значение намного меньше. Именно на это эффективное меньшее значение и следует ориентироваться при расчете количества витков первичной обмотки (рис. 52, а).

Конечно, пазы с внутренней стороны магнитопровода создают определенные неудобства, и многие разработчики рекомендуют полностью вырубить Т-образные выступы пазов. Для этого берут остро заточенное зубило или крейцмейсель и ставят так, чтобы боковая грань его острия скользила по боковой поверхности сердечника (рис. 52, б). Ширину зубила подбирают несколько больше ширины основания зубца, но при работе оно не должно касаться соседних зубцов. Тогда зубило скользит по поверхности пазов, образуя чистую поверхность. Неровности подправляют абразивным кругом.

Срубание зубцов, безусловно, улучшит форму магнитопровода и, что еще более важно, уменьшит его вес. Однако такая работа довольно сложна. Удалять же зубцы газовой или электродуговой резкой не рекомендуется, так как нагрев нарушит структуру металлических листов и ухудшит характеристики собираемого трансформатора. Кроме того, это может привести к деформации сердечника. В то же время на сварочные свойства трансформатора пазы, в общем-то, влияют мало: сварочные характеристики остаются хорошими. Поэтому большинство самодельщиков пазы не трогает.



Иногда встречаются рекомендации набить пазы обмоток трансформаторным железом, якобы для увеличения площади магнитопровода. Делать это ни в коем случае нельзя, иначе свойства трансформатора резко ухудшатся, он начнет потреблять непомерный ток, а его магнитопровод будет сильно греться даже в режиме холостого хода.

В качестве примера рассмотрим параметры СТ, изготовленного из статора трехфазного асинхронного электродвигателя мощностью 4,18 кВт с внутренним диаметром кольца магнитопровода 150 мм, внешним – 240 мм и высотой 122 мм. Эффективная площадь сечения магнитопровода в этом случае равна 29 см<sup>2</sup>. Первичная обмотка имеет 315 витков медного провода #2,2 мм, вторичная рассчитана на напряжение 56 В и выполнена из нескольких проводов ПЭВ общим сечением 22 мм<sup>2</sup>. Можно использовать и алюминиевые провода с поперечным сечением в 1,65 раза больше, чем медных. Первичная обмотка намотана в два с половиной слоя с изолированием каждого слоя хлопчатобумажной лентой или стеклотканью, вторичная уложена на 3/4 длины кольца. При намотке вторичной обмотки ее желательно укладывать так, чтобы она не перекрывала последнюю часть первичной, тогда первичную обмотку можно будет домотать или отмотать при окончательной настройке (рис. 52,

в). Чтобы регулировать силу сварочного тока, во вторичной обмотке необходимо предусмотреть дополнительные отводы с напряжением 50, 44, 38 и 32 В. Методика намотки такого трансформатора ничем не отличается от вышеописанной методики намотки провода на магнитопровод из ЛАТРа, разве что большой диаметр окна позволяет работать гораздо спокойнее.

Такой трансформатор можно намотать и с разнесенными на разные плечи обмотками (рис. 52, г). В этом случае можно всегда иметь доступ к каждой из них.

Трансформатор в дуговом режиме развивает ток порядка 180 А при напряжении питания 230 В. Заметным недостатком трансформатора можно считать разве что его немалый вес – до 40 кг в корпусе.

Корпус же можно сделать тем же методом, что и для трансформатора из ЛАТРа, – из двух фанерных щитов. Не помешает и принудительное охлаждение СТ, особенно если планируется длительная работа. Но благодаря тому, что окно магнитопровода в данном случае больше и обмотки намотаны не настолько плотно, вертикальное расположение конструкции не обязательно. К нижнему щиту прикручиваются деревянные ножки, обеспечивающие зазор, достаточный для подсоса воздуха, а вентилятор, работающий на выдувание, закрепляют на верхнем щите.

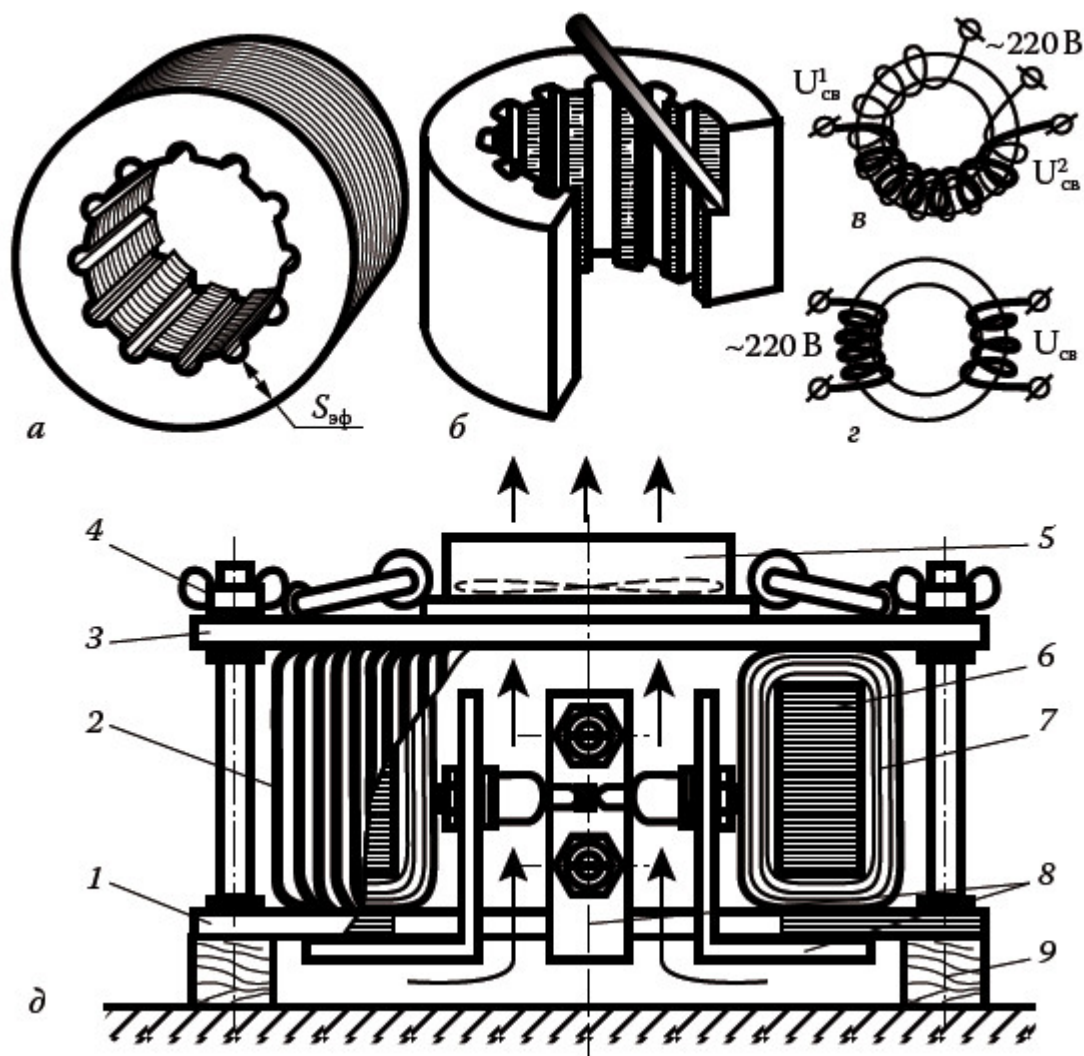


Рис. 52. Использование статора электродвигателя в качестве магнитопровода:

а – извлеченный из корпуса статор без обмоток; б – срубание гребней пазов; в – частично перекрывающиеся обмотки; г – разнесенные обмотки; д – сборочный чертеж СТ; 1 – нижний щит; 2 – вторичная обмотка; 3 – верхний щит; 4 – болт стяжки; 5 – вентилятор; 6 – магнитопровод; 7 – первичная обмотка; 8 – узлы крепления выпрямителя; 9 – ножки. Стрелками указано направление потоков воздуха

## Сварочный трансформатор из... телевизора

В старых отечественных цветных телевизорах использовались крупные, увесистые сетевые трансформаторы: в основном ТС-270, ТС-310, СТ-270. Эти трансформаторы имеют U-образные, так называемые броневые, магнитопроводы, состоящие из двух одинаковых U-образных частей – спрессованных и изогнутых пакетов железа, стягиваемых друг с другом хомутами (рис. 53, а). Их легко разобрать: стоит отвинтить всего две гайки на стягивающих шпильках – и магнитопровод распадается на две половинки.

У трансформаторов ТС-270, ТС-310 сечение магнитопровода имеет размеры  $2 \times 5$  см ( $S = 10$  см<sup>2</sup>), а у более новых ТСА-270 сечение магнитопровода  $S = 11,25$  см<sup>2</sup> при размерах  $2,5 \times 4,5$  см. При этом ширина окна у старых трансформаторов на несколько миллиметров больше. К тому же трансформаторы ТС-270 мотались медью, из их первичных обмоток может пригодиться провод 0,8 мм. ТСА-270 намотаны алюминием, поэтому их использовать нежелательно. В любом случае такие магнитопроводы вместе с каркасами при незначительных переделках можно использовать для изготовления сварки.

Понадобится три одинаковых трансформатора такого типа, при этом суммарная площадь их объединенного магнитопровода будет равняться 30–34 см<sup>2</sup>. Еще до разборки телевизионных трансформаторов необходимо сразу же с помощью маркера или краски пометить сопрягаемые стороны половинок их магнитопроводов для того, чтобы при сборке не перепутать половинки от разных сердечников и они состыковались точно в том же положении, в котором и были собраны на заводе.

Как их соединить между собой после разборки, показано на рис. 53, б. Три отдельных броневых сердечника складывают боковыми торцами друг к другу и стягивают прежними хомутами-каркасами. При этом выступающие за боковой торец части металлических каркасов необходимо подрезать: на центральном магнитопроводе – с обеих сторон, а у боковых – лишь с одной, внутренней стороны. В результате получается единый магнитопровод большого сечения, который можно легко собрать и разобрать.

Объем окна такого магнитопровода позволяет использовать для первичной обмотки провод диаметром до 1,6 мм, а для вторичной – шину прямоугольного сечения 10 мм<sup>2</sup> или многожильный провод-канатик, изготовленный из пучка тонких проводов #0,6–0,8 мм, того же сечения, хотя прямоугольная шина компактнее. Для полноценного сварочного трансформатора этого, конечно, маловато, однако, учитывая невысокие затраты на изготовление данной конструкции, это вполне оправдывает себя в случае непродолжительных работ.

Обмотки мотают на картонных каркасах отдельно от магнитопровода, что, несомненно, удобно. Картонный каркас можно изготовить из пары родных каркасов трансформатора, выкинув из них с одной узкой стороны боковые щечки, а широкие щечки склеив между собой с помощью дополнительных полос жесткого картона. При намотке внутрь картонных каркасов обязательно надо плотно вложить распорки из нескольких обрезков деревянных дощечек. Обмотки необходимо укладывать виток к витку, как можно плотнее, межслойная изоляция должна быть как можно тоньше. С внешней стороны после первого слоя

провода и далее через каждые два желателно вставлять деревянные колышки для вентиляции обмоток.

Вторичную обмотку лучше всего мотать шиной прямоугольного сечения, так она займет наименьший объем. Если же она не влезает в положенный объем каркаса, придется отказаться от удобной намотки отдельно от магнитопровода и мотать вторичную обмотку на уже собранный, с установленной катушкой первичной обмотки сердечник, протягивая каждый ее виток через окно. На жестком магнитопроводе гибкий провод удастся утянуть значительно плотнее, чем на картонном каркасе, и в окно войдет большее количество витков.

Так как внутреннее пространство магнитопровода сильно ограничено, для экономии места придется отказаться от разделения первичной обмотки на две секции. Первичная обмотка содержит 250 витков эмалированного провода #1,5 мм, и вся она помещена на одном плече. Для работы 2-миллиметровыми электродами вторичная обмотка (45 В, многожильный провод или шина сечением 10 мм<sup>2</sup>) располагается полностью на противоположном плече. В такой комбинации сварочный ток равняется примерно 70 А, а в режиме короткого замыкания прирост тока совсем небольшой. Ток холостого хода – 450 мА при напряжении сети 230 В.

Для работы «тройкой» вторичную обмотку надо дополнить. Считаем предыдущую обмотку за 2/3 общего ее объема, а еще 1/3 располагаем на первом плече поверх первичной. В этом варианте выходной ток в дуговом режиме увеличится примерно до 100 А, и, для того чтобы избежать чрезмерного нагрева, корпус трансформатора следует оборудовать нагнетающим вентилятором.

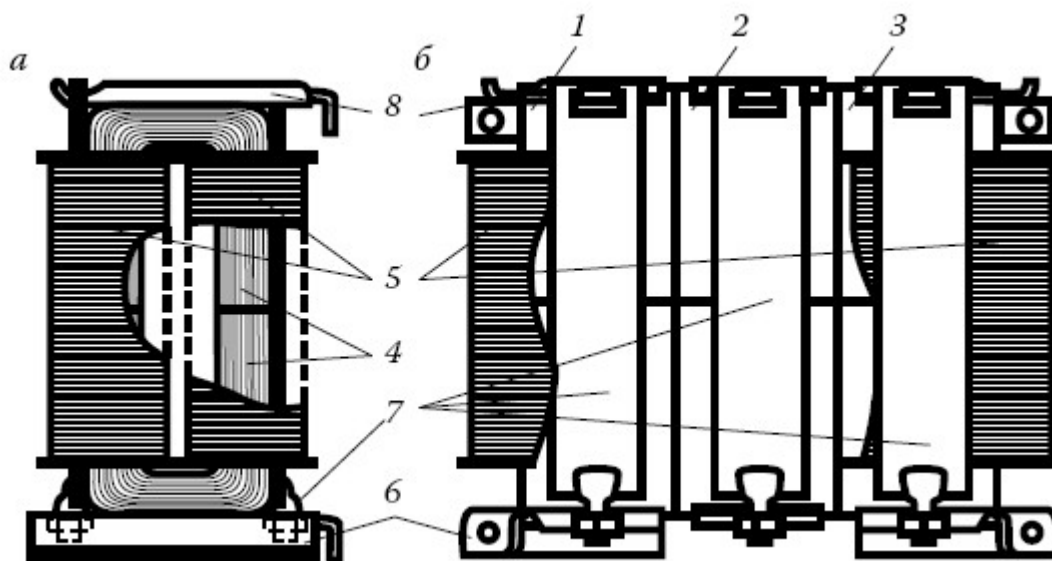


Рис. 53. Сварочный трансформатор из телевизионных трансформаторов:

а – исходный трансформатор; б – конструкция сварочного трансформатора; 1, 2, 3 – магнитопроводы телевизионных трансформаторов; 4 – U-образные наборы пластин; 5 – обмотки; 6 – нижняя часть хомута; 7 – стягивающие шпильки; 8 – верхняя часть хомута

При сборке магнитопровода особое внимание следует уделить надежности крепления и плотности прилегания отдельных U-образных половинок броневое сердечника. Как уже говорилось, сопрягаемые половинки магнитопровода должны быть от одних и тех же трансформаторов и устанавливаться теми же сторонами, что и на заводе. Под гайки стягивающих шпилек обязательно нужно подложить шайбы большого диаметра и шайбы Гровера.

Основным недостатком данного СТ является несовершенство магнитопровода, имеющего сжатый зазор между двумя половинками и не рассчитанного на большую мощность. Грется первичная обмотка у этого трансформатора сильнее, чем, например, обмотка с таким же проводом у «ушастика». Тем не менее его можно с успехом использовать в подсобных целях, особенно для сваривания тонкого автомобильного металла. Он отличается особенно компактными размерами и небольшим весом – 14,5 кг.

## Другие типы сварочных трансформаторов

Большинство однофазных трансформаторов, используемых в промышленности, изготовлены по Ш-образной схеме. Снятые со старого оборудования Ш-образные трансформаторы тоже можно переоборудовать под сварочные, по крайней мере использовать их магнитопроводы, если те обладают достаточным сечением и размерами окна сердечника. Но, как правило, большинство приборных трансформаторов обладают весьма ограниченными размерами. Здесь имеет смысл собрать из пластин двух одинаковых трансформаторов один магнитопровод, нарастив таким образом площадь сечения. Увеличение сечения магнитопровода дает выигрыш в витках: их теперь придется мотать значительно меньше. А чем меньше витков, тем в меньшее по объему окно можно установить обмотки. Разумный предел здесь такой же, как и в вышеописанных случаях, – 50–60 см<sup>2</sup>. Если размеры Ш-образного магнитопровода позволяют, то обмотки лучше расположить раздельно, чтобы несколько улучшить сварочные характеристики трансформатора.

Например, можно изготовить СТ из магнитопроводов двух одинаковых Ш-образных трансформаторов с внешними размерами Ш-образной пластины 122 × 182 мм и размерами окон 31 × 90 мм. Площадь сечения сложенного из двойного набора пластин магнитопровода превысит 60 см<sup>2</sup>, что даст возможность до минимума сократить число витков его обмоток. Первичная обмотка будет состоять из 176 витков провода #1,68 мм. Вторичную мотают в два провода Ш2,5 мм с выходным напряжением 46 В. При сетевом напряжении 235 В трансформатор способен развить ток дуги до 160 А, хотя и грется при этом значительно.

Обычно сложенные из пластин сердечники промышленных трансформаторов разбирать легко, соответственно, снять старые провода и намотать новые обмотки несложно. Известны случаи, когда на Ш-образный магнитопровод сначала устанавливали вторичную обмотку (низкого напряжения), а поверх нее – первичную (высокого напряжения). Характеристики сварки от этого не ухудшатся, зато удастся избежать некоторых проблем. Дело в том, что количество витков вторичной обмотки может быть весьма приблизительным, ориентированным на 40–60 В. Подбирать же, подстраивая сварочный трансформатор под нужную мощность, приходится витки первичной обмотки. Рассчитав и уложив сначала обмотку низкого напряжения, ориентируясь примерно на 50 В, потом можно будет всегда снять или добавить определенное количество витков с верхней, первичной, обмотки уже готового трансформатора.

В отслуживших свой век агрегатах и оборудовании можно встретить довольно мощные и крупные трансформаторы. Для стационарных трансформаторов никогда не используют предельные возможности ни железа, ни обмоточных проводов – всё делается с запасом. Провода часто имеют значительные сечения, так как рассчитаны на плотность тока в 3–4 раза меньше, чем допустимо для сварки. Очень часто большие трансформаторы имеют много вторичных обмоток, рассчитанных на разные напряжения и мощности. Первичная обмотка в трансформаторе всегда одна, и ее провод рассчитан на полную мощность всех вторичных цепей. В этом случае можно оставить первичную обмотку полностью или частично отмотать, а все вторичные снять, намотав на их место одну толстым проводом. Если же непри-

годна и первичная обмотка, но сам магнитопровод подходит для изготовления сварочного трансформатора, тогда придется мотать все обмотки с нуля.

В оборудовании чаще используются невысокие напряжения – 12; 27 В. Поэтому мощные, намотанные толстым проводом трансформаторы могут иметь выход  $2 \times 12$  В, 27 В и др., что явно недостаточно для зажигания дуги при сварке. Но если имеется два таких трансформатора, их можно объединить, не переделывая, в один сварочный. Для этого первичные обмотки включают параллельно, а вторичные соединяют последовательно, после чего их напряжения суммируют.

Может оказаться, что такая объединенная сварочная система будет обладать плохой, близкой к жесткой, характеристикой. Для исправления характеристики необходимо включить в цепь вторичной обмотки, последовательно с дугой, балластное сопротивление – отрезок нихромовой или другой высокоомной проволоки. Обладая сопротивлением порядка сотых долей ома, она несколько уменьшит мощность трансформатора, зато это позволит работать в ручном режиме.

В ряде случаев из готовых трансформаторов СТ получается практически без переделки. Мощные трансформаторы подходящего типа обычно применяют в местах с повышенной пожароопасностью, влажностью и т. п. для создания сетей с напряжением 36 или 40 В. Такие трансформаторы могут иметь разную мощность, подключаться к 220 или 380 В по одно– или трехфазной схеме. Провод и железо магнитопровода таких трансформаторов подбирают по мощности из расчета работы в длительном режиме (плотность тока  $2\text{--}4$  А/мм<sup>2</sup>), поэтому имеют значительные сечения. В режиме дуговой сварки такой трансформатор способен развивать мощность в несколько раз выше номинальной, а его провод безбоязненно переносит кратковременные перегрузки тока.

Если вы имеете дело с мощным однофазным трансформатором, у которого клеммы для включения на 220/380 В и выход 36, а возможно, и 12 В, то проблем с его подключением не будет. Не исключено, что придется домотать несколько витков вторичной обмотки для повышения выходного напряжения. Для сварки подходят трансформаторы с диаметром провода первичной обмотки около 2 мм, имеющие площадь магнитопровода, как правило, до 60 см<sup>2</sup>.

Существуют трансформаторы на напряжение 36 В, предназначенные для включения в трехфазную сеть 380 В. Например, отлично работают в качестве сварочного понижающие трехфазные осветительные трансформаторы 380/36 В мощностью от 1,5 до 2,5 кВт типа ИВ-8, ИВ-10, С-Б22. Для переоборудования хорошо подходят трансформаторы с мощностью 2,5 кВА. Другие – 1,25 или 1,5 кВА – тоже можно использовать в качестве сварочного трансформатора, но только в кратковременном режиме, так как их обмотки при значительных для них перегрузках быстро перегреваются. Трансформаторы данного типа часто встроены в металлический корпус с ручками и откидной крышкой, что очень удобно для переоборудования их в сварочные аппараты. Процесс преобразования таких трансформаторов в сварочный несложен, поскольку не требуется ни переделка, ни перемотка катушек и т. п. При сравнительно малом весе и небольшой мощности железа благодаря взаимной индукции первичных и вторичных обмоток трансформатор способен выдавать довольно большие токи.

Для питания трехфазных трансформаторов от однофазной сети 220 В их обмотки необходимо соединить между собой определенным образом. Тогда при нормальном напряжении в сети мощности трансформатора будет достаточно для работы электродом #4 мм.

Обычно такие трансформаторы изготовлены на трехплечевом Ш-образном магнитопроводе с сечением одного плеча не менее 25 см<sup>2</sup> (рис. 54, а). На каждом плече намотано по две обмотки – внутри первичная и поверх нее вторичная. Для начала необходимо разобрать соединения всех шести обмоток и найти начала и концы каждой из них.



В одном из вариантов подключения катушки среднего плеча не понадобятся вообще – работать будут только обмотки на крайних плечах. Две первичные обмотки с крайних плеч нужно соединить между собой параллельно.

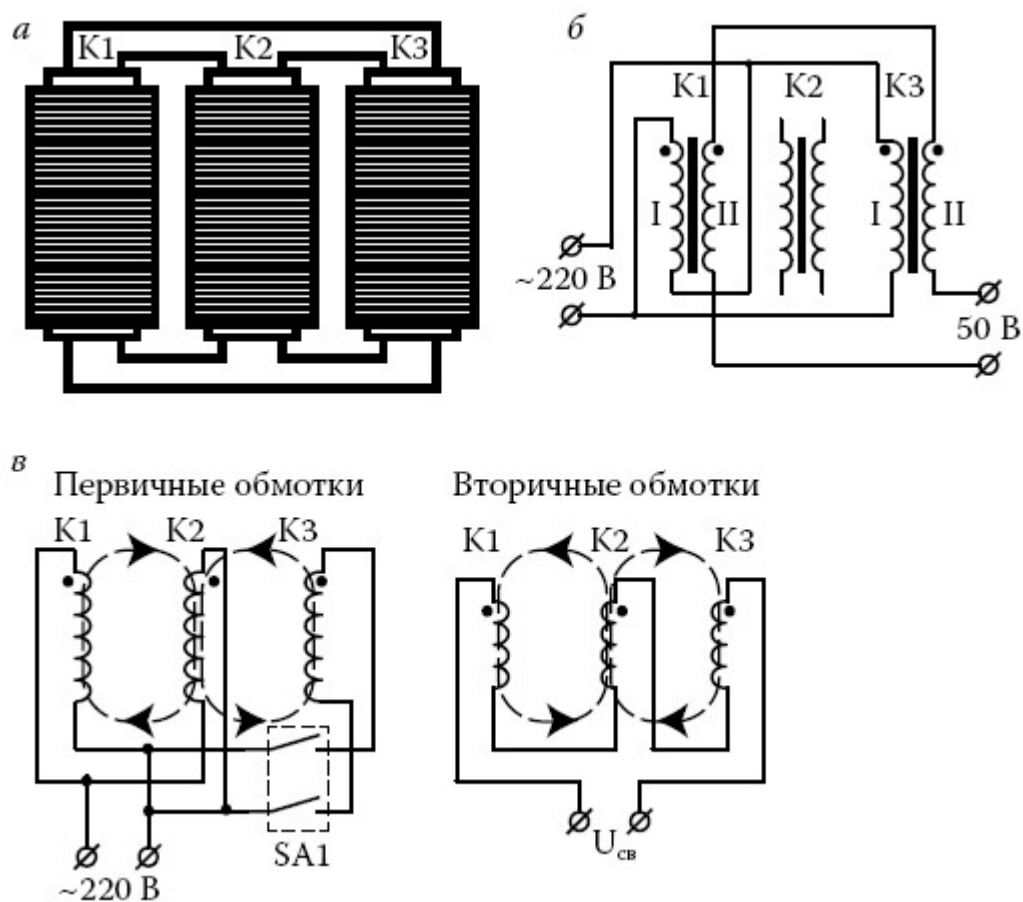


Рис. 54. Схемы подключения обмоток осветительного трансформатора 220–380/36 В мощностью 3,5 (2,5) кВт для проведения сварочных работ:

а – расположение катушек на магнитопроводе; б – вариант с двумя рабочими обмотками; в – вариант со всеми рабочими обмотками. Пунктиром со стрелками показаны магнитные потоки в железе (для первичных обмоток) и магнитные потоки взаимной индукции (для вторичных обмоток)

Ввиду того что магнитный поток должен циркулировать в магнитопроводе в одном направлении – по замкнутому кругу, катушки на противоположных плечах должны создавать потоки в противоположные стороны относительно, скажем, оси центрального плеча – одна вверх, другая вниз. Так как катушки намотаны одинаково, то токи в них должны течь в противоположных направлениях. Значит, при параллельном соединении начало 1-й нужно соединить с концом 2-й, конец 1-й – с началом 2-й. Вторичные обмотки соединяются последовательно, соединяясь между собой концами либо началами (рис. 54, б). Если обмотки подключены правильно, то выходное напряжение холостого хода должно ненамного превышать 50 В.

Можно задействовать и все три катушки. Схема такого подключения приведена на рис. 54, в. Три вторичные обмотки включают последовательно. Подключение двух катушек первичной обмотки такое же, как и в предыдущей схеме. В таком режиме СТ будет работать с электродом #3 мм, не перегреваясь, очень долго, а дуга на электроде будет исключи-

тельно устойчива. Если же замкнуть пакетный переключатель SA1, в цепь включается третья катушка, и можно использовать электроды #4 мм. При работе от обычной розетки 220 В ток, потребляемый СТ с таким подключением, не превышает 20 А.

## Регулирование переменного сварочного тока

Большинство промышленных схем регулирования мощности слишком сложны для полноценной реализации на самодельных СТ, да и вряд ли оправданно их использование для бытовых нужд. Рассмотрим упрощенные, реально используемые в самодельном исполнении способы регулирования тока СТ.

Как упоминалось выше, можно регулировать ток СТ, переключая промежуточные отводы обмоток (см. рис. 38). Однако такой способ подходит больше для подстройки тока, нежели для его регулировки в широких пределах. Ведь, чтобы уменьшить ток в 2–3 раза, придется слишком увеличивать количество витков первичной обмотки, что неизбежно приведет к падению напряжения во вторичной цепи.

Самое широкое распространение получил очень простой и надежный способ регулировки тока с помощью включенного на выходе вторичной обмотки балластного сопротивления. Его сопротивление составляет порядка сотых или десятых долей ома, и подбирается оно экспериментально. Издавна с этой целью используют мощные проволочные сопротивления, применявшиеся в подъемных кранах и троллейбусах, а также отрезки спиралей ТЭНов или куски толстой высокоомной проволоки. Несколько уменьшить ток можно даже с помощью растянутой дверной пружины из стали. **Балластное сопротивление** можно включать стационарно (рис. 55, а) или так, чтобы потом можно было относительно легко выбрать нужный ток. Большинство проволочных резисторов высокой мощности изготовлены в виде открытой спирали, установленной на керамический каркас длиной до полуметра. Как правило, в спираль смотана и проволока от ТЭНов. Один конец такого сопротивления подключают к выходу СТ, а конец провода «массы» или держателя электродов оборудуют съемным зажимом, который легко перебросить по длине спирали сопротивления, выбирая нужный ток (рис. 55, б). К недостаткам такого способа регулировки надо отнести громоздкость сопротивлений, их сильный нагрев при работе, неудобство при переключении. Зато балластные сопротивления, пусть даже и грубой и примитивной конструкции, улучшают динамическую характеристику СТ, сдвигая ее в сторону крутопадающей.

И всё же регулировка тока во вторичной цепи СТ связана с определенными проблемами. Через регулирующее устройство проходят значительные токи, что приводит к его громоздкости. Кроме того, для вторичной цепи практически невозможно подобрать столь мощные стандартные переключатели, чтобы они выдерживали ток до 200 А. Другое дело цепь первичной обмотки, где токи в пять раз меньше, переключатели для которых являются ширпотребом. Последовательно с первичной обмоткой можно включать активные и реактивные сопротивления. Только в этом случае сопротивления резисторов и индуктивности дросселей должны быть значительно большими, чем в цепи вторичной обмотки. Так, батарея из нескольких параллельно соединенных резисторов ПЭВ-50-100 суммарным сопротивлением 6–8 Ом способна понизить выходной ток 100 А вдвое. Можно собрать несколько батарей и установить переключатель. Если же нет в распоряжении мощного переключателя, то можно обойтись несколькими. Установив резисторы по схеме, приведенной на рис. 55, в, можно добиться комбинации 0; 4; 6; 10 Ом.

Вместо резисторов, которые при работе будут сильно нагреваться, можно установить **реактивное сопротивление – дроссель**, который можно намотать на каркасе от трансформатора 200–300 Вт, например от телевизора, сделав отводы через каждые 40–60 витков, подключенные к переключателю (рис. 55, г). Погасить мощность можно, включив в качестве дросселя вторичную обмотку такого трансформатора, рассчитанную примерно на 40 В. Дроссель можно изготовить и на незамкнутом – прямом – сердечнике. Это удобно, когда уже есть готовая катушка с 200–400 витками подходящего провода. Тогда внутрь ее надо набить

пакет прямых пластин из трансформаторного железа. Необходимое реактивное сопротивление подбирают в зависимости от толщины пакета, ориентируясь по сварочному току СТ. Например, дроссель, изготовленный из катушки, содержащей около 400 витков провода диаметром 1,4 мм, набит пакетом железа с общим сечением 4,5 см<sup>2</sup> и длиной, равной длине катушки (14 см). Это позволит уменьшить ток СТ примерно в 2 раза.

Дроссель такого типа можно сделать и с плавно регулируемым реактивным сопротивлением. Надо изготовить конструкцию для регулировки глубины ввода стержня сердечника в полость катушки (рис. 55, д). Катушка без сердечника обладает ничтожным сопротивлением, а при полностью введенном стержне ее сопротивление максимально.

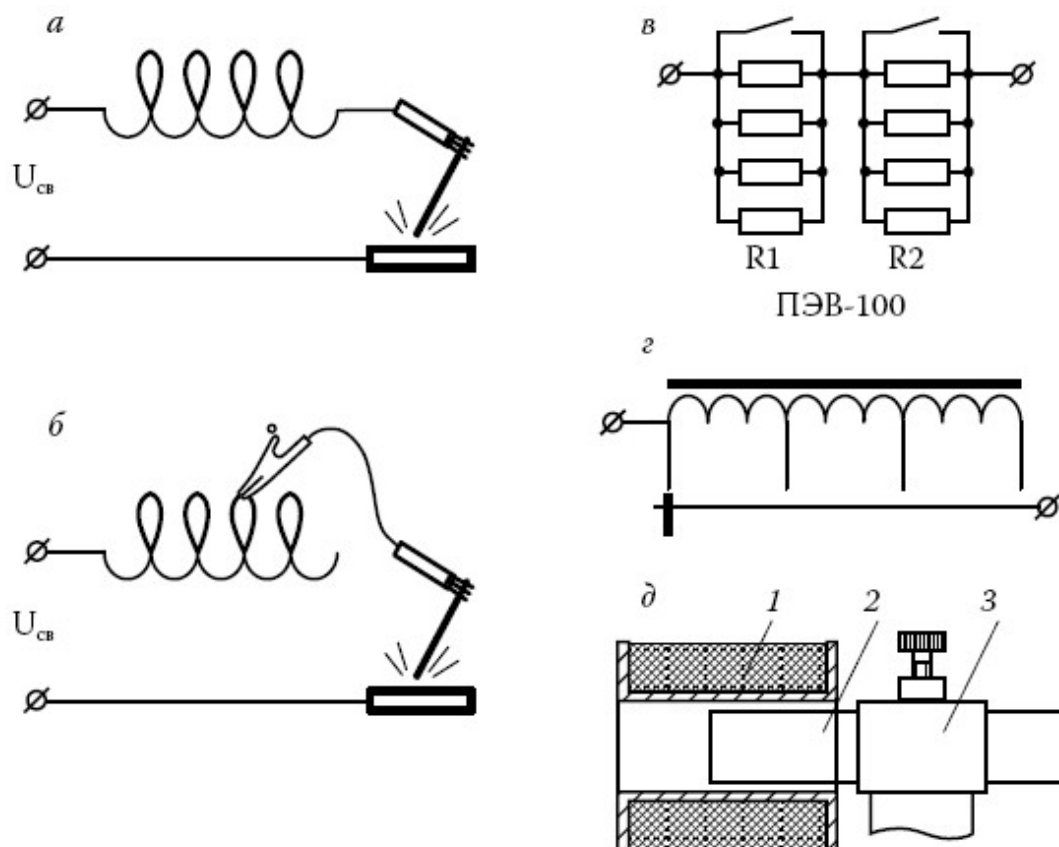


Рис. 55. Регулировка тока СТ:

а – нерегулируемым балластным сопротивлением; б – регулируемым балластным сопротивлением; в – магазином сопротивлений; г – переключаемым дросселем; д – регулируемым дросселем (1 – катушка; 2 – сердечник; 3 – фиксатор)

Следует отметить, что дроссель, намотанный подходящим проводом, мало греется, но у него сильно вибрирует сердечник. Это надо учитывать при стяжке и фиксации набора пластин железа. Кроме того, у трансформаторов с небольшими токами холостого хода (0,1–0,2 А) вышеописанные сопротивления в цепи первичной обмотки СТ практически не влияют на их выходное напряжение холостого хода, и это не сказывается на процессе зажигания дуги. Но у СТ с током холостого хода 1–2 А при внесении в первичную цепь балластного сопротивления выходное напряжение уменьшается уже ощутимо.

Каких-либо выраженных отрицательных влияний на зажигание и горение дуги добавленные последовательно первичной обмотке активные и реактивные сопротивления не оказывают. Однако качество дуги, по сравнению с включением гасящего резистора в цепь вто-

ричной обмотки, все же ухудшается. Впрочем, вполне допустимо комбинировать регуляторы или ограничители тока разных типов.

## Простой электронный регулятор сварочного тока

Принципиальная электрическая схема этого несложного устройства приведена на рис. 56. Основные его элементы – тиристоры VS1 и VS2 – включены встречно-параллельно друг другу. Они открываются поочередно импульсами тока, формируемыми транзисторами VT1 и VT2.

При включении регулятора в сеть оба тиристора закрыты, конденсаторы C1 и C2 начинают заряжаться через переменный резистор R7. Как только напряжение на одном из конденсаторов достигает величины лавинного пробоя транзистора, последний открывается и через него идет ток разряда соединенного с ним конденсатора. Это приводит к открытию соответствующего тиристора, который подключает сварочный аппарат к сети. После начала следующего, противоположного по знаку полупериода переменного тока тиристор закрывается и начинается новый цикл зарядки конденсаторов, но уже в обратной полярности. Теперь открывается второй транзистор, и второй тиристор снова подключает сварочный аппарат к сети. Изменением сопротивления переменного резистора R7 можно регулировать момент включения тиристоров в течение полупериода, что приведет к изменению сварочного тока.

Регулятор собирают на тиристорах, рассчитанных на прямой ток более 40 А и напряжение не менее 400 В, типа Т131-40-4, Т132-50-4, Т141-63-4 и др. Транзисторы VT1 и VT2 – маломощные, высокочастотные типа П416, П422—П423, ГТ 308, ГТ320, ГТ338. Конденсаторы – типа МБМ, К73 или другие аналогичные на напряжение не менее 40 В. Резисторы – типа МЛТ-0,5. Переменный резистор R7 ввиду гальванической связи сети с элементами регулятора должен быть с пластмассовой осью. Правильно собранный регулятор практически не требует налаживания. Для увеличения пределов и плавности регулирования сварочного тока значение переменного резистора рекомендуется установить опытным путем.

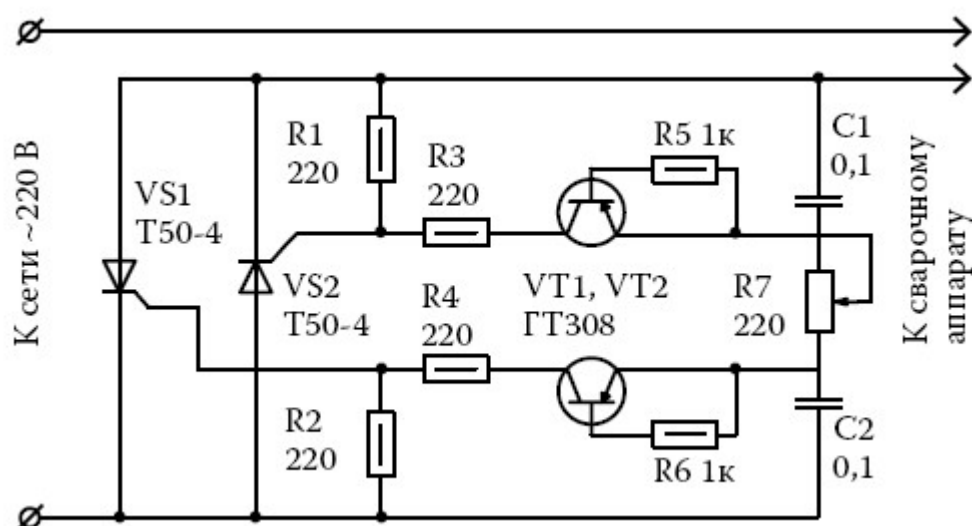


Рис. 56. Схема простого блока регулировки сварочного тока

Схему собирают в отдельном корпусе из изоляционного материала с вентиляционными отверстиями и включают в разрыв жилы сетевого провода СТ.

Необходимо помнить, что форма сварочного тока в устройствах с тиристорным регулированием отличается от синусоидальной и действующее значение тока, характеризующее

тепловые потери в обмотках, регулирующем тиристоре, больше среднего значения сварочного тока. В общем случае это приводит к необходимости увеличивать сечение проводов обмоток трансформаторов, применять более мощные тиристоры и устанавливать их на радиаторы большей площади. Если же применять устройство с уже имеющимся трансформатором с недостаточным сечением проводов обмоток, необходимо строго выдерживать режим работы – повторно-кратковременный, особенно при работе на больших сварочных токах. Особенно быстро происходит нагрев в режиме резки металла, поэтому и «отдыхать» аппарат в этом случае должен чаще и дольше. Дополнительно увеличить продолжительность включения трансформатора можно, установив на его корпусе вентилятор принудительного охлаждения.

Недостатком данного регулятора является то, что зажигание сварочной дуги на малых токах требует на начальном этапе определенной сноровки. Однако этот недостаток не проявляется при работе на средних и больших токах. Поэтому можно рекомендовать зажигать дугу на больших или средних токах и, не прерывая ее горения, регулятором уменьшать сварочный ток до необходимого.

## **Сварочный трансформатор с электронной регулировкой тока**

Этот трансформатор с питанием от однофазной сети переменного тока напряжением 220 В предназначен для электродуговой сварки изделий из конструкционных сталей электродами диаметром 2–5 мм. Электронный регулятор тока позволяет плавно изменять сварочный ток от 20 до 200 А, что дает возможность сваривать детали различной толщины. Одним из достоинств конструкции является отсутствие дорогих и дефицитных деталей.

Как следует из принципиальной электрической схемы (рис. 57), данное устройство состоит из собственно силового трансформатора Tr1, регулирующих тиристоров VS1 и VS2, включенных в цепь силовой обмотки II, и блока электронной регулировки, вырабатывающего управляющие импульсы. Дополнительная обмотка III стабилизирует горение дуги и позволяет улучшить процесс ее образования в начальный момент сварки. Обмотка IV питает блок электронной регулировки тока.

Трансформатор Tr1 изготовлен на основе статорного сердечника асинхронного двигателя переменного тока мощностью 15, 18,5 или 22 кВт. Его первичная обмотка I содержит 220 витков провода марки ПЭВ-2 (медного) или АПСО (алюминиевого) #2,5 мм. Провод наматывается равномерно по всему сечению магнитопровода.

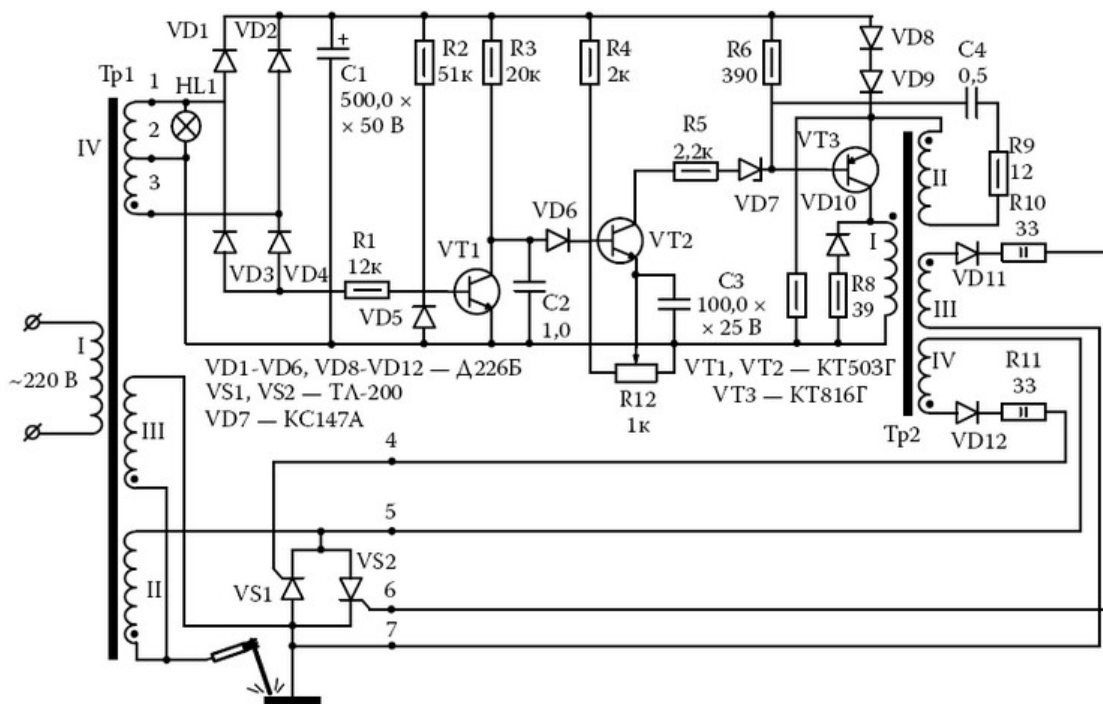


Рис. 57. Принципиальная электрическая схема сварочного трансформатора

Если провода требуемого диаметра нет, обмотку можно выполнить двумя проводами, при этом их суммарное сечение должно составлять  $5 \text{ мм}^2$ . Ток холостого хода первичной обмотки не должен превышать  $0,3\text{--}0,5 \text{ А}$ .

Вторичную обмотку II выполняют проводом сечением  $35 \text{ мм}^2$ , она содержит 60 витков. В качестве провода может служить медная или алюминиевая шина с надежной изоляцией. Рядом с обмоткой II на магнитопроводе размещают обмотку III, которая содержит тоже 60 витков провода, но уже потоньше – марки ПЭВ-2 #2,5 мм. Обмотка IV содержит 40 витков провода марки ПЭВ-2 #0,7 мм с отводом от середины. При указанном ранее токе холостого хода на обмотках II и III должно быть напряжение 60 В, а на обмотке IV – 40 В.

В основе блока электронной регулировки тока лежит схема аналогичного устройства промышленного изготовления, а именно трансформатора ТС-200. Монтажная схема регулятора выполняется печатным или навесным способом, но в любом случае регулятор должен быть заключен в собственный надежный корпус.

Трансформатор Tr2 наматывают на магнитопроводе Ш16 с толщиной набора 16 мм. Его обмотка I содержит 140 витков провода марки ПЭВ-2 #0,5 мм, обмотка II – 70 витков провода ПЭВ-2 #0,1 мм, обмотки III и IV содержат по 90 витков провода ПЭВ-2 #0,5 мм.

Резисторы R1—R9 – типа МЛТ-0,5; R10, R11 – типа МЛТ-2; R12 – типа СП2—6А.

Конденсаторы C1 и C3 – типа К-50-6; C2 и C4 – типа К73. Тиристоры VS1 и VS2 устанавливают на теплоотводах с площадью поверхности  $1000 \text{ мм}^2$  каждый.

Блок, собранный без ошибок и из исправных деталей, в наладке не нуждается.

Один из вариантов конструктивного оформления СТ представлен на рис. 58. Трансформатор Tr1 закреплен на круглом основании #400 мм из текстолита толщиной 10 мм или из фанеры толщиной 15 мм. Под трансформатор следует подложить два бруска из твердого дерева сечением  $30 \times 30 \text{ мм}$  и длиной 350 мм для обеспечения циркуляции воздуха и улучшения охлаждения его при работе. К основанию трансформатор крепится стяжным болтом М12 соответствующей длины. На верхней пластине крепят радиаторы с тиристорами.

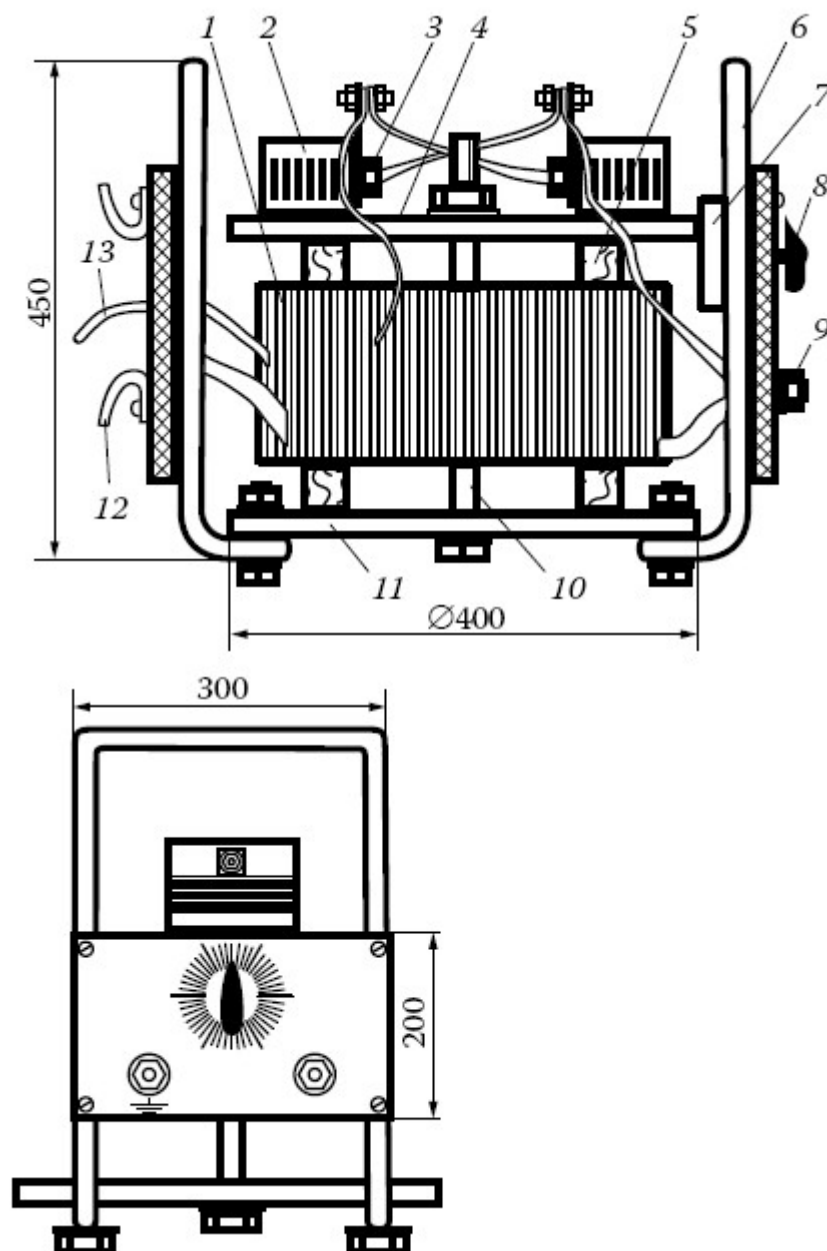


Рис. 58. Монтажная схема трансформатора:

1 – обмотка трансформатора; 2 – радиатор тиристора; 3 – тиристор; 4 – верхняя пластина; 5 – брусок; 6 – ручки для переноски; 7 – корпус блока регулировки; 8 – потенциометр (R12); 9 – клемма для подсоединения сварочного кабеля; 10 – крепежный болт; 11 – нижняя пластина; 12 – скоба для намотки сетевого кабеля; 13 – сетевой кабель

Основание имеет две ручки для переноски трансформатора, изготовленные из стальной трубы 1/2". К этим же ручкам прикреплены две текстолитовые пластины толщиной 6 мм. На одной из них установлен блок регулировки тока, потенциометр R12, а также закреплены клеммы для подсоединения сварочного кабеля (болты M12). На второй пластине установлены две скобы для намотки сетевого кабеля после окончания работы. Здесь же можно установить и автоматический выключатель, рассчитанный на ток не менее 25 А.



Трансформатор допускает следующий режим эксплуатации: работа – 1 ч, перерыв – 10 мин. Сварку производят электродами марки Э-5РА УОНИ-13/55-2,5 УД-1 требуемого диаметра.

## Сварочные источники постоянного тока

Все рассмотренные ранее сварочные источники являются источниками переменного тока. Они довольно просты в изготовлении и надежны в эксплуатации. Однако использование постоянного тока позволяет во многих случаях улучшить качество сварки, что рассматривалось в первом разделе данной книги. Кроме того, некоторые типы электродов, например для нержавеющей стали, требуют только постоянный ток, а электроды, предназначенные для переменного тока, нормально работают и на постоянном токе. Даже надоедливое (и даже вредно действующее на людей) треска при сварке постоянным током нет. А все потому, что отсутствует главная, присущая сварочным аппаратам переменного тока особенность, – прерывистое горение дуги при перетекании синусоиды питающего напряжения через ноль.

### Простые выпрямительные устройства

**Сварочные аппараты постоянного тока** состоят из уже хорошо нам известного сварочного трансформатора и устройства, преобразующего переменный ток в постоянный. Причем переделан может быть любой СТ, поэтому их конструкции мы более рассматривать не будем. Займемся тем, что позволяет получить постоянный (а также регулируемый) сварочный ток.

Самый простой способ получить сварочный аппарат постоянного тока – подключить к выводам вторичной обмотки СТ мостовой выпрямитель (рис. 59).

Выпрямительный мост в любительских схемах чаще всего выполнен на основе мощных диодов типа Д161-200, Д161-320, В200. Эти диоды имеют внушительные размеры, а их корпус посажен на алюминиевые радиаторы. Причем корпус диода, а значит, и крупный радиатор находятся под напряжением, поэтому диоды с радиаторами должны крепиться так, чтобы не касаться токопроводящих частей корпуса аппарата. При этом должны использоваться две группы разнополярных диодов: одна пара с катодом на резьбовом выводе и пара, у которой на резьбовом выводе анод<sup>23</sup>. Благодаря этой особенности пары радиаторов в каждой из двух групп диодов можно не изолировать друг от друга. Но радиаторы групп между собой ни в коем случае не должны иметь контакт. Как показано на рис. 60, пары радиаторов соединены между собой шпильками #8 мм. Резьбовые концы этих же шпилек одновременно являются выходными клеммами выпрямителя: «+» и «—». Между двумя группами радиаторов при сборке установлена изолирующая прокладка из резины толщиной 5 мм.

---

<sup>23</sup> В обозначениях силовых выпрямительных диодов, выпускающихся в соответствии с ГОСТ-20859, для маркировки диодов с обратной полярностью введен специальный символ «Х». Например, Д161-200Х-8. Это расшифровывается так: диод силовой, выпрямительный, первой модификации, со штыревой конструкцией корпуса и гибким выводом, размер шестигранника под ключ 32 мм, максимальный выпрямленный ток 200 А, максимальное повторяющееся обратное напряжение 800 В, обратной полярности («—» – катодом является основание). Диод того же типа, но без символа «Х» в маркировке: Д161-200-8 – то же, прямой полярности («+» – анодом является основание). Подавляющее большинство силовых выпрямительных диодов выпускают как в прямой, так и в обратной полярности.

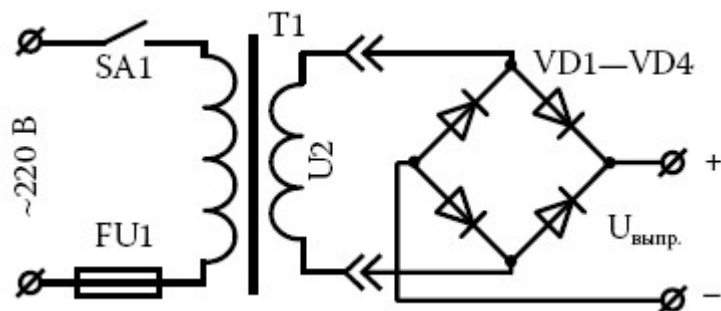


Рис. 59. Мостовой выпрямитель в составе простого сварочного аппарата:

SA1 – сетевой выключатель питания; FU1 – предохранитель 10–16 А; T1 – сварочный трансформатор; U2 – выходное переменное напряжение сварочного трансформатора; VD1—VD4 – выпрямительный мост (диоды В200, ВД161 и т. п.)

После монтажа на корпус СП верхнюю часть выпрямителя – гибкие выводы диодов – лучше закрыть П-образной крышкой. Однако такой выпрямитель можно собрать и как самостоятельное изделие, подключая к трансформатору лишь тогда, когда нужна сварка постоянным током. Тогда его следует заключить в собственный корпус. Весит такой выпрямитель не более 5 кг.

Если ваш сварочный аппарат не развивает высокую мощность и сварочные работы планируются от случая к случаю, покупать мощные, тяжелые и дорогие диоды не обязательно. Можно приобрести интегрированные в одном корпусе диодные мосты импортного производства. Размер одного такого интегрального выпрямителя сопоставим с размерами спичечного коробка или одного диода В-200 без радиатора. Он выдерживает максимальный ток 30–50 А. Если такие мосты соединить параллельно (рис. 61), то вместе они смогут выдерживать более значительные токи. Строго говоря, суммарный ток объединенного выпрямителя не равняется сумме максимальных токов входящих в него диодных мостов. Ведь они не могут обладать абсолютно одинаковыми параметрами, а значит, каждый пропускает через себя различающиеся по величине токи. Поэтому не исключен пробой диодов сборки при ударном импульсе тока, возникающем при зажигании дуги.

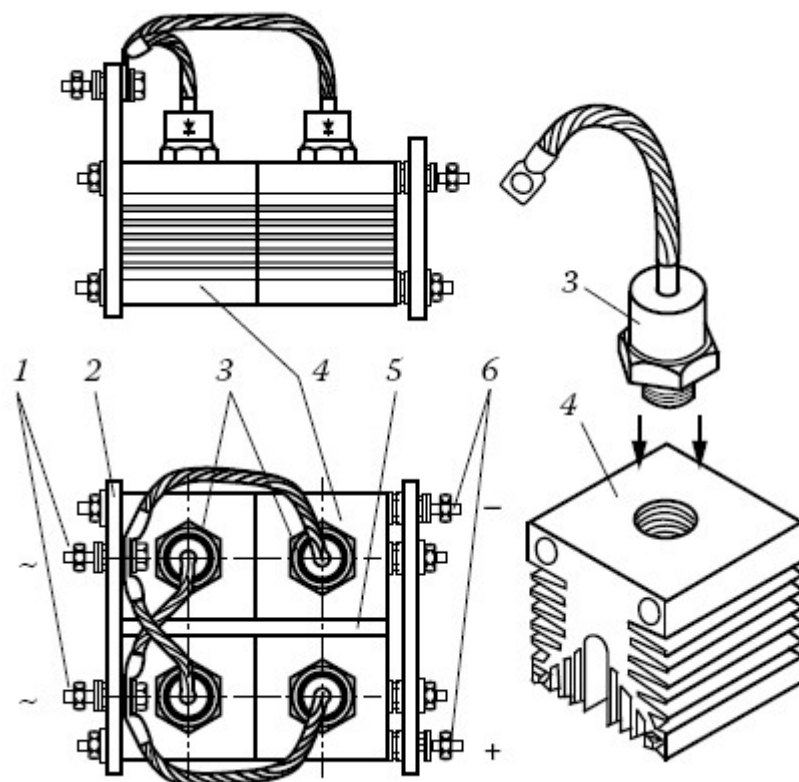


Рис. 60. Конструкция выпрямительного блока:

1 – выводы переменного напряжения; 2 – плата (фанера или текстолит  $S = 10 \text{ мм}$ ); 3 – диоды; 4 – охлаждающие радиаторы; 5 – изолирующая прокладка (резина,  $S = 5 \text{ мм}$ ); 6 – стягивающие шпильки М8 (выводы постоянного напряжения)

Однако если собрать эту схему с некоторым запасом по мощности, учитывая ток короткого замыкания, то можно добиться не только существенной экономии, но и более компактных размеров, чем в случае с В-200 и другими мощными диодами. Дело в том, что корпуса диодных мостиков не находятся под напряжением. Их можно прикрепить к одному общему радиатору и разместить в любом удобном месте внутри корпуса сварочного аппарата.

Для такого составного выпрямителя обычно используют 4–6 интегрированных диодных мостиков, обязательно одной и той же марки. Как показывает практика, они не сильно греются и даже без проблем могут выдерживать кратковременные перегрузки, притом, что сварочный аппарат большей частью вообще работает в кратковременном режиме. Например, соединив параллельно шесть диодных сборок КВРС5010, каждая из которых рассчитана на ток 50 А, получаем один диодный мост, рассчитанный на ток 300 А. Для охлаждения подойдет алюминиевый радиатор площадью примерно  $800 \text{ см}^2$ , на которой равномерно размещают сборки и закрепляют болтами М6, под которые в центре корпуса имеются отверстия.

Для улучшения теплоотдачи желательно использовать теплопроводную пасту КПТ-8. После этого схему распаивают медной шиной сечением  $10 \text{ мм}^2$ , а для подключения всего выпрямителя к источнику тока и для выхода сварочного тока –  $20 \text{ мм}^2$ . Не забудьте обработать все места пайки лаком.

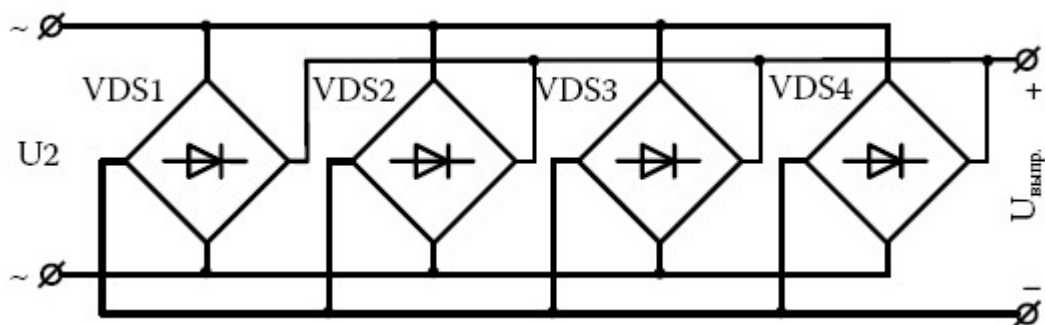


Рис. 61. Схема составного выпрямительного моста из четырех диодных сборок

Радиатор такого диодного моста при токе сварки 100 А в интенсивном режиме (непрерывная работа электродом #3 мм в течение 10 мин) должен нагреваться до температуры не выше 50–60 °С.

Если же планируется использовать более мощные токи, можно увеличить количество сборок. Кроме того, выпрямителю не повредит обдув вентилятором. Если принудительное охлаждение применяется для СТ, то имеет смысл разместить радиатор выпрямителя так, чтобы он тоже находился в потоке воздуха.



Обязательно припаивайте шины к выводам диодных мостов.

Если вы соедините мосты только с помощью клемм, то концы выводов мостов будут очень сильно греться.

Сразу следует оговорить, что оснащение СТ диодным мостом еще не позволяет считать сварочный аппарат завершенным. Дело в том, что на диодных мостах происходит неизбежное падение напряжения, поэтому на выходе источника питания постоянного тока напряжение будет где-то на 4–5 В меньше, чем напряжение холостого хода трансформатора. При этом напряжение на выходе не будет строго постоянным – его форма будет пульсирующей (рис. 62, б), а эффективное значение постоянного пульсирующего напряжения в  $\sqrt{2}$  раз меньше напряжения пиков максимумов амплитуды переменного тока. Из-за этого на вторичной обмотке приходилось бы поддерживать заведомо завышенное напряжение, достигающее до 80 В<sup>24</sup>, хотя для поддержки горения дуги и наплавления металла в зоне сварки достаточно 25–36 В. Разумеется, лишние вольты отразились бы в виде непомерно большой массы и габаритов СА, повышенного расходования электроэнергии. Снизив же напряжение, трансформируемое во вторичную цепь, до 36 В, можно в 5–6 раз облегчить вес устройства и уменьшить его размеры до приемлемых для переноски с одновременным улучшением остальных эксплуатационных характеристик. Но как при низковольтной обмотке зажечь дугу?

Для сглаживания пульсаций напряжения один из выводов выпрямителя подсоединяют к держателю электродов через дроссель (рис. 62, г<sup>25</sup>). Он представляет собой катушку из 10–

<sup>24</sup> Напряжение на выходе сварочного источника не должно превышать 80 В по требованиям электробезопасности согласно ГОСТ 95-77Е.

<sup>25</sup> Здесь показано подключение СА для сварки тонколистового металла на «обратной» полярности: «+» на электроде, «—» – на свариваемой детали.

15 витков медной шины сечением 25–35 мм<sup>2</sup>, намотанной на любом сердечнике, например от магнитного пускателя.

Но кардинальным решением проблемы стал ввод конденсатора большой емкости во вторичную цепь диодного моста. В результате напряжение на выходе увеличивается почти в 1,5 раза, а характеристика СА также получается крутопадающей (рис. 62, в).

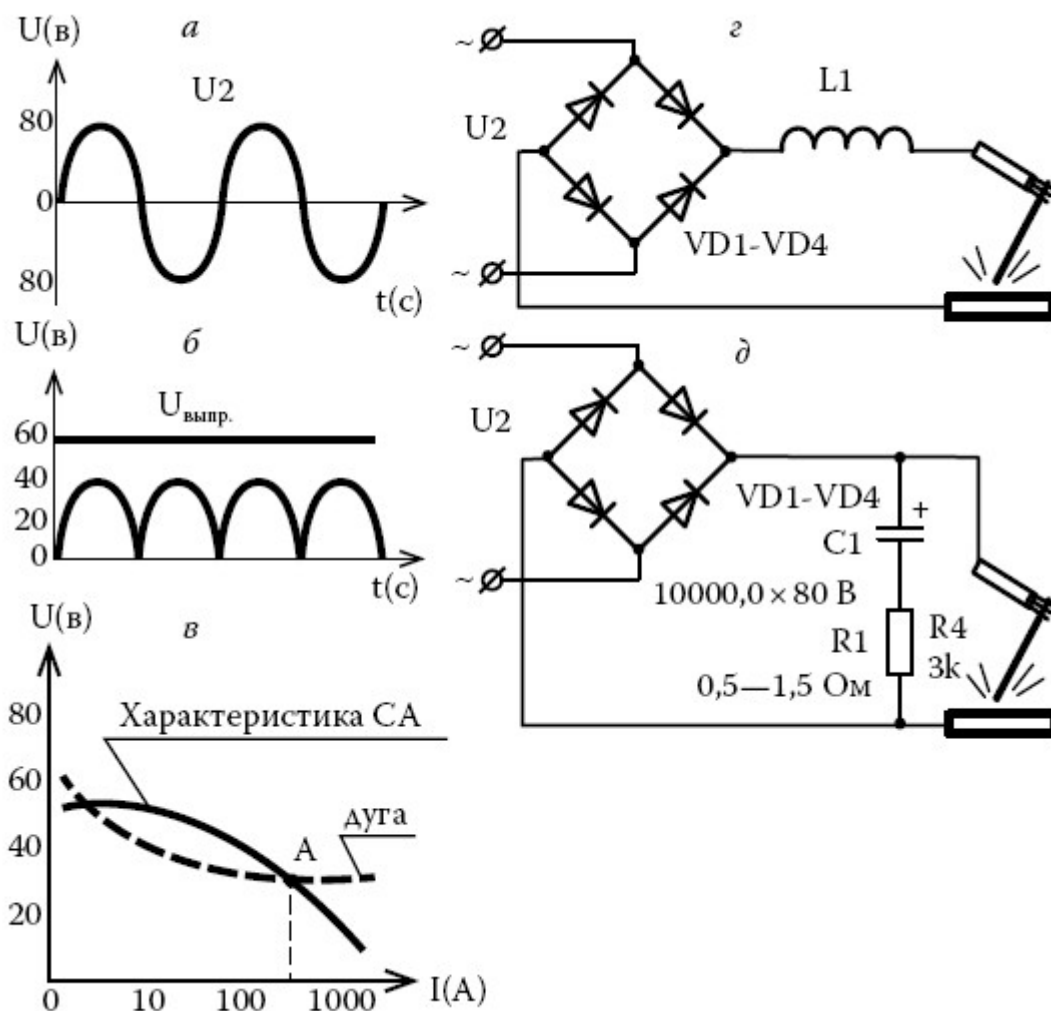


Рис. 62. Сглаживание пульсаций выпрямленного тока:

а – переменный ток на выходе СТ; б – пульсирующее напряжение после диодного моста; в – крутопадающая характеристика СА при сглаживании пульсаций конденсатором; г – сглаживание пульсаций дросселем; д – сглаживание пульсаций конденсатором

Создаваемое конденсатором начальное повышенное напряжение облегчает зажигание дуги. А когда потенциал на сварочном электроде упадет до напряжения вторичной обмотки трансформатора (рабочая точка «А»), возникнет процесс устойчивого горения дуги с наплавлением металла в зоне сварки. Чтобы создать такое «энергетическое чудо», требуется конденсатор емкостью 5000—10 000 мкф. В этом случае он на холостом ходу будет заряжаться до уровня максимального по амплитуде напряжения.

Особенно рекомендуется ставить конденсатор в том случае, если источник питания имеет низкое выходное напряжение (меньше 40 В) и возникают трудности в момент зажигания сварочной дуги. При этом конденсатор лучше включить через сопротивление 0,5–1,5 Ом

(рис. 62, д). Присутствие резистора обусловлено тем, что в момент зажигания дуги происходит касание конца электрода о металл изделия, т. е. короткое замыкание. Если сопротивления в цепи конденсатора нет, то происходит мгновенный разряд конденсатора большой емкости, импульс высокого тока сопровождается громким щелчком, а часто и разрушением кончика электрода или его мгновенным привариванием к металлу изделия. Работать с таким источником весьма неудобно, треск разрядов действует на нервы. Дополнительный же резистор ограничивает ток, сглаживает разряд конденсатора, делая зажигание дуги легче и мягче.

## Выпрямитель с вольтдобавкой

И все же зажечь дугу при невысоком напряжении непросто. Для маломощного сварочного аппарата это самый тяжелый режим, так как происходит замыкание вторичной обмотки на короткое время до момента отведения электрода от детали. Проблему можно решить следующим способом: напряжение холостого хода заранее повышено устройством вольтдобавки, а после зажигания дуги оно уменьшается до оптимальных 30–40 В. Схема такого аппарата показана на рис. 63, а.

Сварочный трансформатор Т1 с диодным выпрямителем VD1—VD4 дополнен еще одной обмоткой III, выпрямителем VD5—VD8, дросселем L1 и переключающим диодом VD9. Обмотка III намотана на отдельном каркасе и расположена рядом с катушкой, содержащей сетевую и основную обмотки I и II соответственно.

Основная вторичная обмотка II рассчитана на напряжение 30–40 В и ток 100–120 А. Она обеспечивает рабочий сварочный ток в дуге. Дополнительная вторичная обмотка III рассчитана на напряжение 12–14 В при токе 10 А. Она-то и формирует напряжение вольтдобавки.

До момента касания электродом свариваемых деталей напряжение на нем равно сумме значений выпрямленного напряжения обеих обмоток, поскольку переключающий диод VD9 оказывается закрытым выходным напряжением моста VD5—VD8, а оба моста – включены последовательно. Напряжение на электроде равно 42–54 В.

При касании электродом детали диод VD9 открывается, напряжение на нем уменьшается до 1,5 В, обеспечивая сварочный ток через зажженную дугу. Поскольку через диоды VD5—VD8 и дроссель L1 сварочный ток не протекает, для этого моста достаточно десятиамперных диодов, а дроссель можно намотать на любом магнитопроводе сечением 10–12 см<sup>2</sup>. Обмотку выполняют проводом ПЭВ-2 #1,6–1,8 мм до заполнения окна. При сборке магнитопровода необходимо предусмотреть немагнитный зазор между его частями, вложив прокладку из прессшпана толщиной 0,5–1 мм.

Вместо КД242Б можно использовать диоды Д305, Д214, КД213А, КД213В, КД2999А – КД2999В. Их надо установить на пластинчатые теплоотводы размерами 100 × 100 × 5 мм. Вместо ВК2-200 подойдут диоды Д161-250, Д161-320. Эти диоды лучше всего смонтировать на ребристые или игольчатые теплоотводы.

Конструктивно устройство вольтдобавки может быть выполнено и в виде приставки к СТ, переведенному на постоянный ток. Схема такой приставки показана на рис. 63, б. В ней использован сетевой трансформатор ТС-270 от старых ламповых телевизоров со своей «родной» сетевой обмоткой. Вторичную обмотку на 12 В при токе до 15 А надо намотать самостоятельно. Целесообразно предусмотреть у этой обмотки выводы на 13, 14 и 15 В для того, чтобы приставку можно было использовать и для других целей, в частности для зарядки аккумуляторных батарей. Переключающий диод VD5 входит в состав приставки. Дроссель L1 такой же, как указано выше.

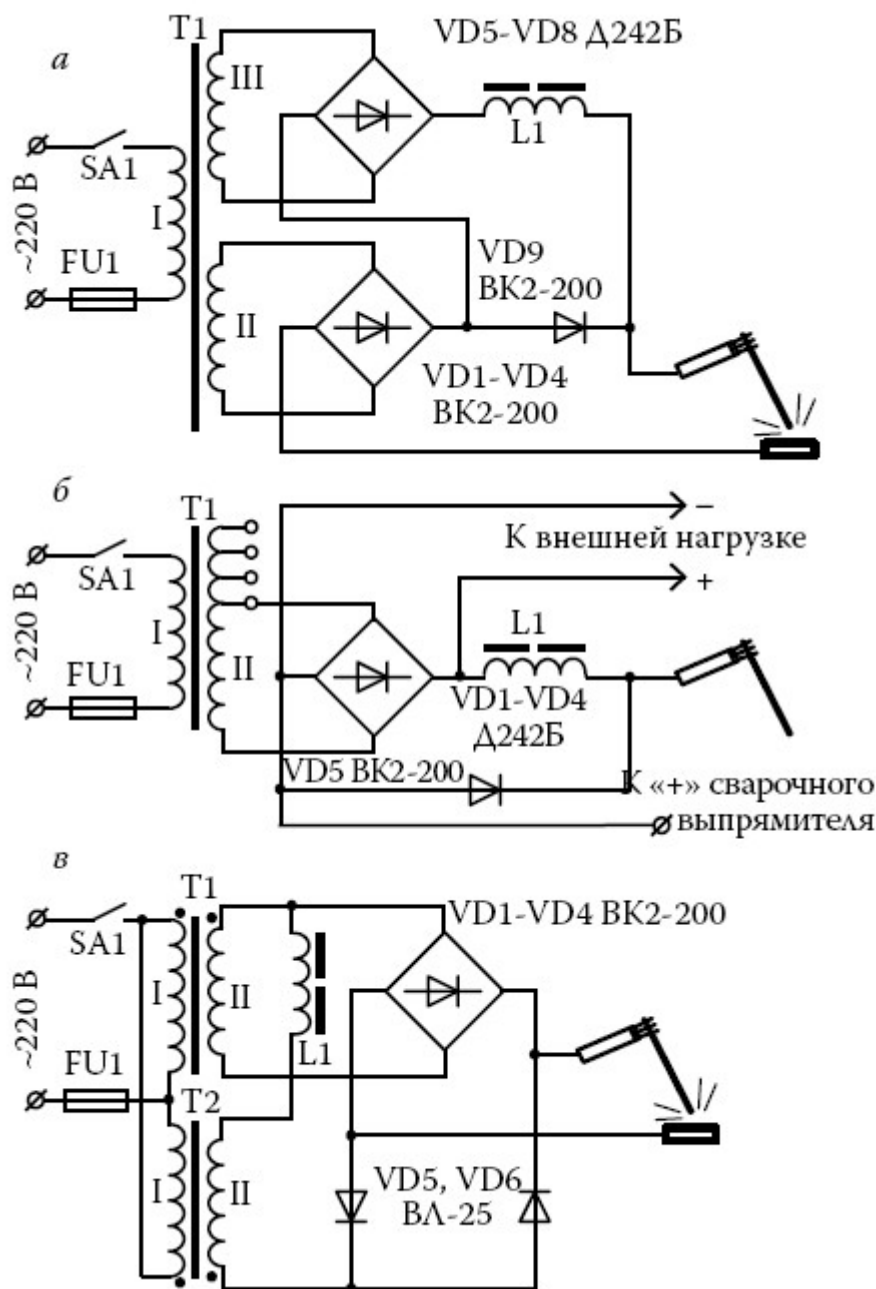


Рис. 63. Схемы вольтдобавки для надежного зажигания сварочной дуги:

а – с дополнительной обмоткой СТ; б – приставка к СА постоянного тока; в – экономичная схема

Если еще немного изменить схему, можно уменьшить число необходимых диодов, а значит, и громоздких теплоотводов для них. Такой вариант показан на рис. 63, в. Работа этого узла аналогична работе описанного выше, разница лишь в том, что роль переключающих выполняют два диода VD1, VD3 выпрямительного моста аппарата. Они открываются поочередно на половину периода сетевого напряжения, когда дуга еще не зажжена, и закрыты, когда дуга горит.



## Регулирование постоянного сварочного тока

Для плавного регулирования выпрямленного сварочного тока используют более сложные, как правило, электронные схемы. Зато в силовых цепях отсутствуют переключатели, подвижные элементы и т. п. ненадежные детали и узлы – «слабые звенья» многих любительских конструкций. К тому же ступенчатая регулировка тока ограничивает возможность выбора оптимальной величины сварочного тока, а наличие отводов усложняет конструкцию сварочного трансформатора. Подвижный шунт позволяет плавно регулировать ток, но также усложняет конструкцию трансформатора и является источником шума.

Преимущества регуляторов постоянного тока – в их универсальности. Диапазон изменения напряжений составляет  $0,1-0,9 U_{xx}$ , что позволяет использовать их не только для плавной регулировки тока сварки, но и для зарядки аккумуляторных батарей, питания электронагревательных элементов и других целей.

Довольно широкое распространение получили тиристорные и симисторные схемы регулировки мощности. Тиристоры и симисторы являются не полностью управляемыми электронными ключами. Они могут находиться только в двух состояниях: закрытом или открытом. Тиристор, подобно диоду, пропускает ток только в одном направлении. Для управления переменным током используют два встречно включенных тиристора или один симистор<sup>26</sup>. Внутренняя структура симистора содержит два встречно включенных тиристора, но управляются они при помощи одного внешнего управляющего электрода.

Однажды открытый симистор не реагирует на сигнал управления и сохраняет свое открытое состояние до тех пор, пока через него протекает больший по величине ток, чем ток удержания. По этой причине эти электронные приборы называются не полностью управляемыми.

В цепях периодического переменного тока каждые полпериода ток меняет свое направление, снижаясь до нуля. При этом каждый раз достигается автоматическое запирающее (гашение) симистора. Задерживая или сдвигая момент включения симистора относительно начала полупериода, можно осуществлять регулировку переменного тока.

Меняя длительность задержки от нуля до полупериода (фазовый сдвиг от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ ), можно осуществлять полную регулировку переменного тока. Иначе говоря, регулирование мощности происходит путем периодического отключения на фиксированный промежуток времени первичной или вторичной обмотки СТ на каждом полупериоде тока; среднее значение тока при этом уменьшается. Такие схемы позволяют регулировать мощность в широких пределах, но ток и напряжение после этого имеют не синусоидальную форму, а процесс горения дуги несколько ухудшается – с уменьшением мощности дуга начинает гореть отдельными все более кратковременными вспышками.

### ***Выпрямитель – регулятор постоянного тока***

Схема удобного и надежного регулятора постоянного тока представлена на рис. 64. Диапазон изменения напряжения – от 0 до  $0,86 \cdot U_2$ , что позволяет использовать регулятор для зарядки аккумуляторных батарей большой емкости, питания электронагревательных элементов и, разумеется, для проведения сварочных работ как обычным электродом, так и из нержавеющей стали, при плавной регулировке тока.

---

<sup>26</sup> Симистор – это симметричный тиристор, или триак (от англ. triac – triode for alternating current), что означает электронный прибор, предназначенный для управления переменным током.

Выпрямитель-регулятор может подключаться к любому сварочному трансформатору с напряжением вторичной обмотки  $U_2 = 50-90$  В. Предлагаемая конструкция очень компактна. Общие габариты не превышают размеры обычного нерегулируемого мостового выпрямителя для сварки постоянным током.

Схема регулятора состоит из двух блоков: управления А и силового В. Первый представляет собой фазоимпульсный генератор. Выполнен он на базе аналога однопереходного транзистора, собранного из двух полупроводниковых приборов n-p-n- и p-n-p-типов. Постоянный ток регулируется переменным резистором R2. В зависимости от положения его движка конденсатор С1 заряжается до 6,9 В с различной скоростью. При превышении этого напряжения транзисторы резко открываются, и С1 начинает разряжаться через них и обмотку импульсного трансформатора Т1. Тиристор, к аноду которого подходит положительная полуволна (импульс передается через вторичные обмотки), при этом открывается.

В качестве импульсного можно использовать промышленные трехобмоточные ТИ-3, ТИ-4, ТИ-5 с коэффициентом трансформации 1:1:1. Подойдут и другие изделия. Например, хорошие результаты дает использование двух двухобмоточных трансформаторов ТИ-1 при последовательном соединении первичных обмоток. Причем все названные типы ТИ позволяют изолировать генератор импульсов от управляющих электродов тиристоров.

Правда, мощность импульсов во вторичных обмотках ТИ недостаточна для включения соответствующих тиристоров в силовом блоке В. Поэтому для включения мощных тиристоров использована пара маломощных тиристоров VS1 и VS2 с высокой чувствительностью по управляющему электроду.

Силовой блок выполнен по однофазной мостовой несимметричной схеме. Здесь тиристоры VS3 и VS4 работают в одной фазе, а плечи на VD6 и VD7 при сварке работают как буферный диод.

Монтаж конструкции может быть навесным, когда детали размещаются непосредственно на выводах импульсного трансформатора и других относительно крупногабаритных элементах схемы. Правильно собранный регулятор должен начать работать сразу, без каких-либо наладок.

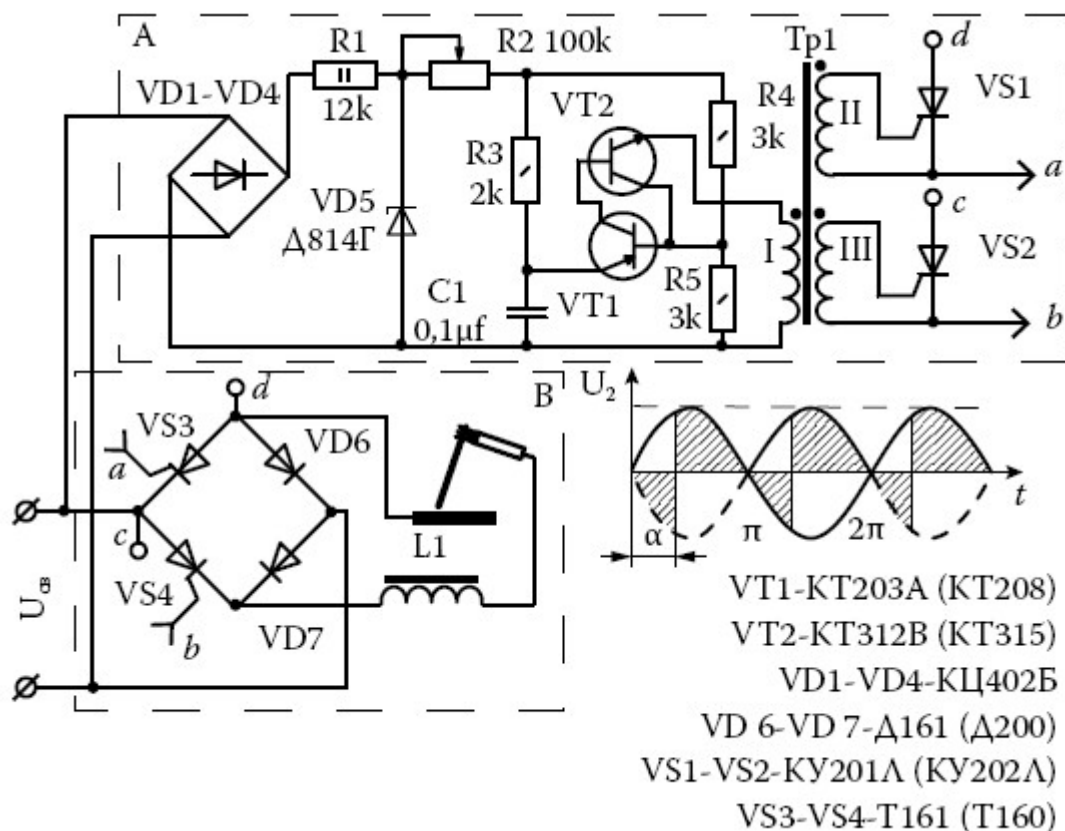


Рис. 64. Принципиальная электрическая схема регулятора постоянного тока. График поясняет работу силового блока, выполненного по однофазной мостовой несимметричной схеме ( $U_2$  – напряжение, поступающее со вторичной обмотки сварочного трансформатора,  $\alpha$  – фаза открывания тиристора,  $t$  – время)

### **Простой сварочный аппарат с регулятором тока**

Характерной особенностью этого сварочного аппарата является отсутствие дорогих и дефицитных деталей. В его основе – самодельный тороидальный трансформатор с внешним диаметром сердечника 260 мм, внутренним – 120 мм и высотой 90 мм.

Первичная обмотка намотана проводом ПЭВ-2 #2,0 мм, количество витков, рассчитанных на 220 В, примерно равно 170 (этот параметр во многом зависит от плотности сборки пластин). Точное количество витков можно проверить экспериментальным способом. Если ток холостого хода будет больше 1 А, то необходимо домотать витки, если существенно меньше – отмотать. Вторичная обмотка содержит 30 витков шины сечением 15–20 мм или провода ПВ-3 (провод гибкий с медной жилой и ПВХ-изоляцией). Она рассчитана на напряжение 40 В. При необходимости число витков можно увеличить. Третья обмотка содержит столько же витков и намотана проводом МГТФ-0,35.

После изготовления и испытания трансформатора можно приступить к изготовлению схемы управления. Она представляет собой фазовый регулятор тока (рис. 65). Переменное напряжение, снятое с третьей обмотки трансформатора, выпрямляется мостом на диодах VD5—VD8. Положительной полуволной через резисторы R, R2 заряжается конденсатор C1. Когда напряжение достигнет примерно 6 В, происходит пробой аналога низковольтного динистора, собранного на стабилитроне VD9 и тиристоре VS3, и через диод VD3 открывает тиристор VS1, емкость C1 при этом разряжается. То же самое происходит при отрицательной полуволне, только открываются диод VD4 и тиристор VS2. Резистор R3 служит для ограничения тока через аналог динистора.



## Контактно-точечная сварка

В мелкосерийном производстве и мастерских домашних умельцев достойное место занимают переносные или небольшие стационарные аппараты электроконтактной (точечной) сварки (ЭСА). По конструкции они представляют собой СА переменного тока, имеющие ряд принципиальных конструктивных и технологических особенностей. Эти особенности связаны в первую очередь с достаточно большим током, протекающим во вторичной (сварочной) обмотке (тысячи ампер), и конструкцией сварочных электродов. Однако те, кто имеет некоторый опыт сборки и налаживания обычных сварочных аппаратов, без особых проблем смогут собрать аппарат и для электроконтактной сварки.

### Особенности конструирования любительских ЭСА

ЭСА состоит из собственно трансформатора, двух электродов и механизма их крепления. При достаточной его мощности толщина свариваемых изделий может достигать 3–4 мм.

Для нормальной работы ЭСА в первую очередь необходимо:

1. Обеспечить номинальный сварочный ток ( $I_{св}$ ), величина которого может колебаться от 1,5 до 5–6 тыс. ампер в зависимости от типа и толщины свариваемых изделий.

Например, тонколистовые кузовные детали автомобилей сваривают током 4000–4500 А.

2. Обеспечить требуемое усилие прижима электродов и длительность сварки, которое устанавливают эмпирическим путем после проверки качества сварки на опытном образце.

Как правило, усилие при сварке не превышает 20–25 кг, а длительность его – 0,8–0,9 с.

3. Обеспечить оперативное включение и выключение ЭСА.

В отличие от обычного сварочного аппарата, выходное напряжение холостого хода ( $U_{хх}$ ) ЭСА не имеет существенного значения и в зависимости от его конструкции может изменяться в достаточно широком диапазоне – от 1–2 В до 5–7 В и более, однако чаще всего не превышает 4–5 В.

В любительском ЭСА коммутация первичных и тем более вторичных обмоток, в отличие от промышленных аппаратов, использующих сложный в изготовлении механизм переключения, не предусматривается. Соответственно, дополнительные отводы от первичной и вторичной обмоток трансформатора делать нецелесообразно. Для обеспечения требуемого тока сварки при различной толщине свариваемого металла возможно использование балластного сопротивления, которое состоит из куска нихромовой проволоки #3–4 мм соответствующей длины. Балластное сопротивление включают последовательно в цепь сварочной обмотки и подбирают опытным путем.

Необходимо обеспечить аппарат удобными и безопасными зажимами для сварки и короткими, с большим сечением сварочными проводами.

Для изготовления промышленных ЭСА используются магнитопроводы стержневого типа, как более технологичные. В бытовых ЭСА обычно тоже используют сердечники данного типа. Магнитопровод трансформатора набирают из изолированных друг от друга пластин электротехнической стали, стянутых шпильками. При подборе сердечника необходимо учитывать размеры окна, чтобы поместились обмотки сварочного аппарата, и площадь поперечного сечения сердечника (керна), которая должна быть не менее 50–55 см<sup>2</sup>. Сечение сердечника менее 45 см<sup>2</sup> брать не рекомендуется.



ЭСА на тороидальных магнитопроводах благодаря высоким электротехническим характеристикам тоже неплохо себя зарекомендовали. При этом трудозатраты на изготовление тороидов, в отличие от СТ для обычной электросварки, не намного выше, чем на сердечниках стержневого типа. Во-первых, ЭСА имеют большую площадь поперечного сечения сердечника (керна), а следовательно, и небольшое число витков первичной обмотки. Во-вторых, низкое  $U_{\text{хх}}$  сварочной обмотки предопределяет малое число ее витков (обычно не более 3–5).

Правила намотки обмоток те же, что и для обычных СТ. Первичную обмотку отделяют от вторичной и от магнитопровода изоляционным картоном. Вторичная обмотка трансформатора состоит из нескольких секций, соединенных параллельно.

Подбор сечения обмоточных проводов проводится с учетом специфики работы ЭСА – периодически-кратковременной. При токе сварки 4000–5500 А мощность вторичной обмотки составит 4–5,5 кВт, мощность первичной обмотки с учетом потерь составит порядка 5,5–6 кВт, а следовательно, максимальный ток первичной обмотки может достигать 25–30 А.

Следовательно, сечение провода первичной обмотки  $S_1$  должно быть не менее 5–6 мм<sup>2</sup>. На практике желательно использовать провод сечением 6–7 мм<sup>2</sup>. Это либо прямоугольная шина, либо медный обмоточный провод #2,6–3 мм (без изоляции).

При недостаточном сечении провода возможна намотка в два провода. При использовании алюминиевого провода его сечение необходимо увеличить в 1,4–1,6 раза.

Число витков первичной обмотки определяется из следующего соотношения:

$$W_1 = \frac{[(30 - 35)]}{S} U_P$$

где 30–35 – постоянный коэффициент;  $S$  – сечение керна, см<sup>2</sup>;  $U_1$  – напряжение сети, В. Для  $U_1 = 220$  В и сечения керна  $S = 50$ –55 см<sup>2</sup>  $W_1 \approx 140$ –145 витков.

Вторичная обмотка  $W_2$  должна содержать 4–5 витков медной изолированной шины суммарным сечением не менее 200 мм<sup>2</sup> (лучше сечением 240–250 мм<sup>2</sup>). Вполне подойдет и гибкий многожильный провод (например, сварочный) и трехфазный силовой многожильный кабель. Главное – сечение силовой обмотки не должно быть меньше требуемого, а изоляция – теплостойкой и надежной. Однако выполнить вторичную обмотку из одного толстого провода требуемого сечения трудно. Легче сделать несколько обмоток и соединить их параллельно. Такой метод в основном и используется при изготовлении большинства самодельных ЭСА.

При расположении обмоток на магнитопроводе стержневого типа сетевая обмотка чаще всего состоит из двух одинаковых обмоток  $W_1^1$  и  $W_1^2$ , расположенных на разных сторонах сердечника, соединенных параллельно и имеющих одинаковое сечение проводов. Намотку первичной обмотки выполняют равномерно по всей длине сердечника, после чего проверяют на предмет наличия короткозамкнутых витков и правильности выбранного числа

витков. Трансформатор включают в сеть через плавкий предохранитель (4–6 А). Если предохранитель сгорает или сильно греется – это явный признак короткозамкнутого витка. Следовательно, первичную обмотку придется перемотать, обратив особое внимание на качество изоляции. Если сварочный аппарат сильно гудит, а потребляемый ток превышает 2–3 А, то это означает, что число первичной обмотки занижено и необходимо подмотать еще некоторое количество витков.

Вторичную обмотку ЭСА также наматывают на двух сторонах сердечника поверх первичной. Намотка секционная, равномерная. Например, если на одной стороне керна намотано три секции по пять витков, то и на противоположной стороне должно быть намотано такое же количество секций и витков. Все вторичные обмотки соединяют параллельно.

Порядок намотки и расположения обмоток на магнитопроводе тороидального типа более прост. Сетевая обмотка состоит из одной обмотки  $W_1$ , равномерно намотанной по всей окружности сердечника. Вторичная обмотка состоит из нескольких параллельно соединенных обмоток, также равномерно намотанных по всей длине окружности сердечника. Число обмоток (секций) определяется толщиной провода и может составлять от двух-трех до пяти-шести суммарным сечением не менее требуемого.

Контактно-точечную сварку производят с помощью электродов, изготавливаемых из медных прутков, не тоньше #15 мм. Концы электродов заточены на конус с плоской контактной поверхностью. Диаметр этой поверхности должен быть на 3 мм больше двойной толщины свариваемых листов, т. е.  $D = 2S + 3$ , где  $D$  – диаметр контактной поверхности, мм;  $S$  – толщина свариваемого материала, мм.



С течением времени контактная поверхность электродов изнашивается. Она становится значительно больше первоначальной, что изменяет режим сварки и снижает ее прочность. Чтобы качество сварки было всегда высоким, электроды необходимо периодически зачищать напильником с мелкой насечкой, приводя их контактную поверхность в первоначальный вид.

Вышеприведенные правила и методики относятся к стабильно работающим образцам ЭСА. В то же время при изготовлении самодельных устройств от некоторых из них можно слегка отступить в силу того, что у многих любителей ЭСА обычно работает редко, а толщина соединяемых деталей невелика. В частности, число витков первичной обмотки можно взять минимально расчетное в связи с кратковременностью работы СА, а для нужд радиолюбителя и мощность аппарата (и, соответственно, сечение магнитопровода) может быть немного меньшей. Кроме того, мощность, отдаваемая в момент сварки, должна быть максимальной, но не более 5–5,5 кВт. В этом случае потребляемый из сети ток не превысит 25 А.

Рассмотрим несколько подобных конструкций.

## Настольный аппарат точечной сварки

Этот сварочный аппарат позволяет надежно соединять листовую сталь толщиной до 3 мм. А если его оснастить угольными электродами, то можно использовать для сварки алюминия, пайки медью и серебром, для нагрева металлических изделий перед изгибанием или термической обработкой. Отлично сваривается нержавеющей сталь, поскольку имеет хорошую теплопроводность и низкую температуру плавления.

Регулировка величины тока в СА не предусмотрена. Ход сварки определяется временем нагрева (т. е. прохождением тока) и контролируется визуально – по цвету расплавляемого металла. Для некоторой автоматизации можно оснастить СА любым электронным реле времени с диапазоном выдержки 0,5–5 с.

В качестве базового трансформатора используется серийный ОСМ-1,0 мощностью 1–2,5 кВА. Первичную обмотку у него можно оставить без каких-либо изменений. Хотя здесь всего 200 витков ПЭВ-2 #1,9 мм, но импульсный режим работы позволяет эксплуатацию трансформатора в таком тяжелом режиме. Вторичные обмотки удаляют и вместо них проводом ПВЗ-50 наматывают новую – две трехвитковые полуобмотки, включенные параллельно, чтобы общее сечение составляло 100 мм<sup>2</sup>.

Держатели электродов изготовлены из дюралюминиевого прутка #30 мм (рис. 66, а). Причем нижний, как показывает практика, лучше сделать неподвижным, изолированным от щечек текстолитовыми шайбами, а от крепежных болтов М8 – лакотканью или защитной клейкой лентой на хлопчатобумажной основе. Верхний держатель подвижный, он приводится в движение с помощью рукоятки. Сами электроды должны быть медными #12–15 мм. Они закрепляются в держателях при помощи прямоугольной латунной шайбы и двух винтов М6, для которых в специальных стальных вкладышах выполняется соответствующая резьба.

В исходном положении держатели с электродами разведены пружиной с подходящими габаритами (например, от старой кровати-раскладушки). Но надо сделать так, чтобы пружина не создавала короткого замыкания на выводах вторичной обмотки во время работы сварочного трансформатора. Нижний конец пружины должен быть электрически изолирован от всех остальных деталей СА при любых, даже самых невероятных ситуациях. Одним из вполне приемлемых технических решений является вариант с применением разделительной пластмассовой втулки, закрепленной в торце неподвижного держателя электрода винтом М6. В случае размещения конструкции в закрытом корпусе имеет смысл сделать отдельный от токоведущих частей кронштейн для крепления пружины и прикрепить его к корпусу, предусмотрев соответствующую изоляцию.

Подсоединять сварочный аппарат к сети желательно по хорошо зарекомендовавшей себя принципиальной электрической схеме (рис. 66, б) через автоматический 20-амперный выключатель. На такой же (как минимум!) ток должен быть рассчитан и электросчетчик. Корпус и вторичную обмотку трансформатора необходимо заземлить.

Непосредственное управление СА осуществляется с помощью магнитного пускателя К1, включаемого педалью с кнопкой S2 типа «грибок». Соединяемые детали зажимают между электродами, протекающий между ними ток разогревает металл, после чего отключается электричество, увеличивается сила сжатия электродов, и в итоге образуется сварное соединение.



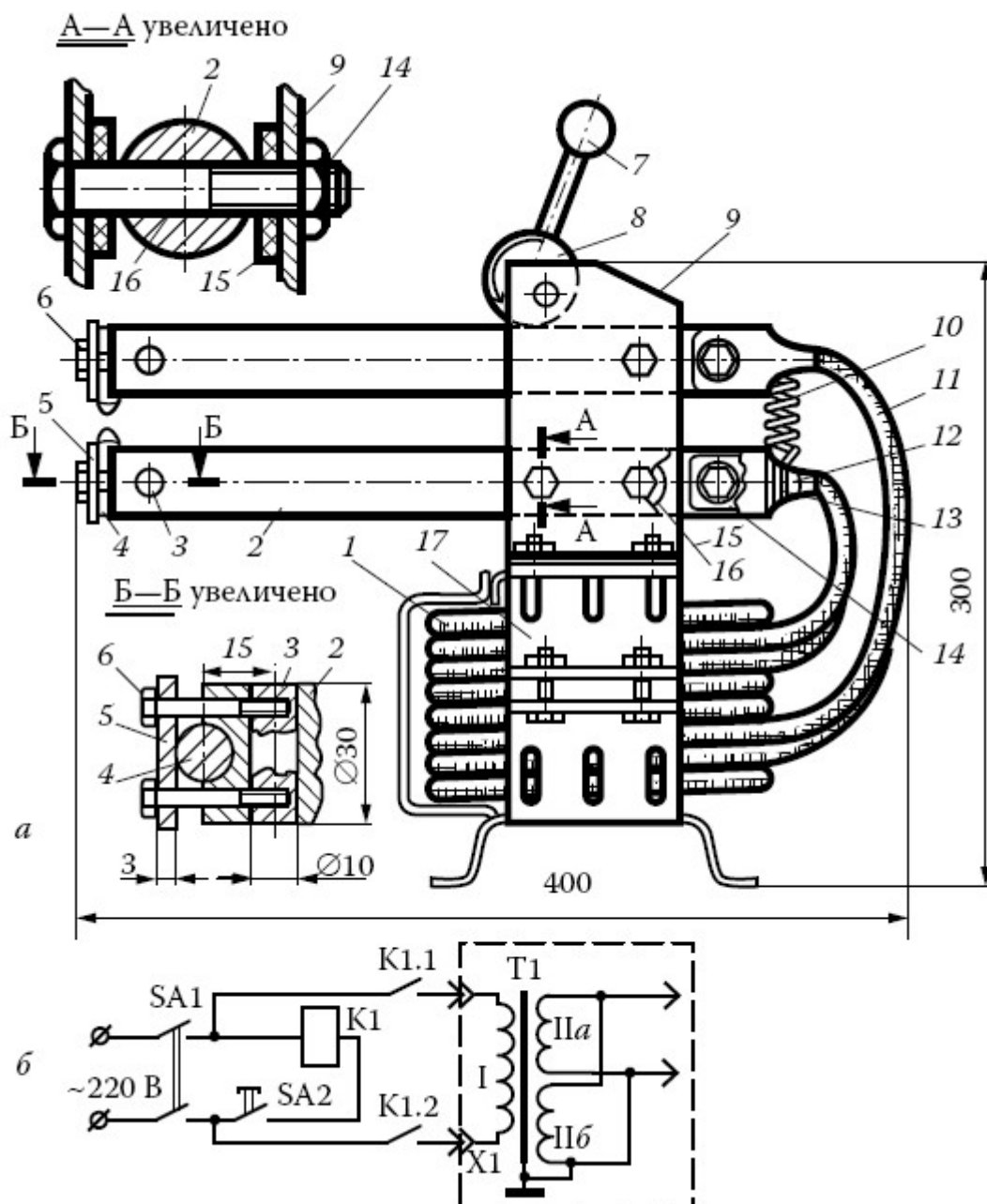


Рис. 66. Аппарат для точечной сварки листовой стали:

а – держатели электродов; б – схема подсоединения сварочного аппарата к сети; 1 – трансформатор; 2 – токопровод (дюралюминиевый пруток #30, L= 300 мм, 2 шт.); 3 – вкладыш (стальной пруток #10, L = 30 мм, 2 шт.); 4 – электрод (медный пруток #12, L = 50 мм, 2 шт.); 5 – шайба латунная (2 шт.); 6, 12 – винты М6; 7 – рукоятка; 8 – эксцентрик; 9 – щека (2 шт.); 10 – пружина; 11 – вывод половины вторичной обмотки (4 шт.); 13 – втулка текстолитовая (с канавкой под концевую петлю пружины); 14 – болт М8 (6 шт.); 15 – шайба текстолитовая (4 шт.); 16 – покрытие изоляционное (лакоткань или защитная клейкая лента на тканевой основе, 2 шт.); 17 – кожух трансформатора



Включать и выключать аппарат надо только при сжатых электродах. Несоблюдение этого простого правила грозит возникновением интенсивного искрения, что приводит к подгоранию электродов с крайне нежелательными последствиями.

Во время сварки следует постоянно следить за температурным режимом, поскольку принудительное охлаждение не предусмотрено ни для трансформатора, ни для токопроводов и электродов. По мере необходимости следует делать перерывы в работе, но ни в коем случае не допускать перегрева устройства.

## Точечная сварка для домашней мастерской

Этот ЭСА позволяет сваривать листовой металл толщиной до 1 мм, прутки и проволоку диаметром до 4 мм. При питании от сети 220 В выходное напряжение холостого хода составляет 4–6 В, а максимальный импульсный сварочный ток – до 1500 А.

Его схема (рис. 67, а) содержит три узла: сварочный трансформатор, полупроводниковый тиристорный ключ и устройство выдержки времени, обеспечивающее требуемую длительность сварочного импульса.

Первичная обмотка СТ Т2 подключена к сети через тиристорный бесконтактный пускатель Р1 типа МТТ4К и автоматический выключатель SA1. Реле времени собрано на трансформаторе Тр1, диодном мосте КЦ402, электролитических конденсаторах С1—С6, реле К1 и коммутирующих переключателях.

В положении, показанном на схеме при включении сетевого питания автоматом SA1, конденсаторы С1—С6 начинают заряжаться до напряжения 15–30 В. Конденсаторы подключаются к диодному мосту при помощи переключателя П2К с независимой фиксации, что позволяет подключать различное количество конденсаторов. Величиной емкости, а следовательно, и запасенной ею энергией определяется время удержания реле РЭС в замкнутом состоянии. С целью уменьшения количества конденсаторов и переключателей П2К для подборки времени цикла сварки их можно собирать в параллельную цепь.

В цепи заряда конденсаторов установлен резистор R1, ограничивающий зарядный ток конденсаторов в начальный момент зарядки. Это позволяет увеличить срок службы конденсаторов. Грубую подстройку тока сварки осуществляют путем переключения отводов силового трансформатора Т2. Более точное время цикла сварки подбирают переменным резистором R2.

Зарядка конденсаторов происходит через нормально замкнутый контакт кнопки SA2. При нажатии на кнопку SA2 замыкается ее нормально разомкнутый контакт, который подключает реле К1 к конденсаторному блоку. Нормально замкнутый контакт в это время размыкается, что препятствует подключению реле К1 непосредственно к выпрямительному мосту. При разряде времязадающих конденсаторов реле срабатывает, своими контактами замыкает управляющие контакты тиристорного реле Р1, которое и включает сварочный трансформатор. После того как конденсаторы разрядятся, реле отключится, сварочный импульс прекратится. Для подготовки к следующему импульсу кнопку КН1 нужно отпустить.

В качестве реле К1 подойдет герконовое реле типа РЭС42, РЭС43 или подобное с напряжением срабатывания 15–20 В. При этом чем меньший ток срабатывания реле, тем

больше выдержка времени. Ток между контактами 4 и 5 тиристорного пускателя не превышает 100 мА, поэтому подойдет любое слаботочное реле.

Ориентировочные номиналы емкостей С1 и С2 по 47,0 мкФ, С3, С4 – 100,0 мкФ, С5 и С6 – 470,0 мкФ; все емкости – на рабочее напряжение не ниже зарядного 30 В. С таким набором время цикла сварки путем прохождения силового тока через ключ МТТ4К 80-8 может меняться от единиц до десятков периодов сетевого напряжения.

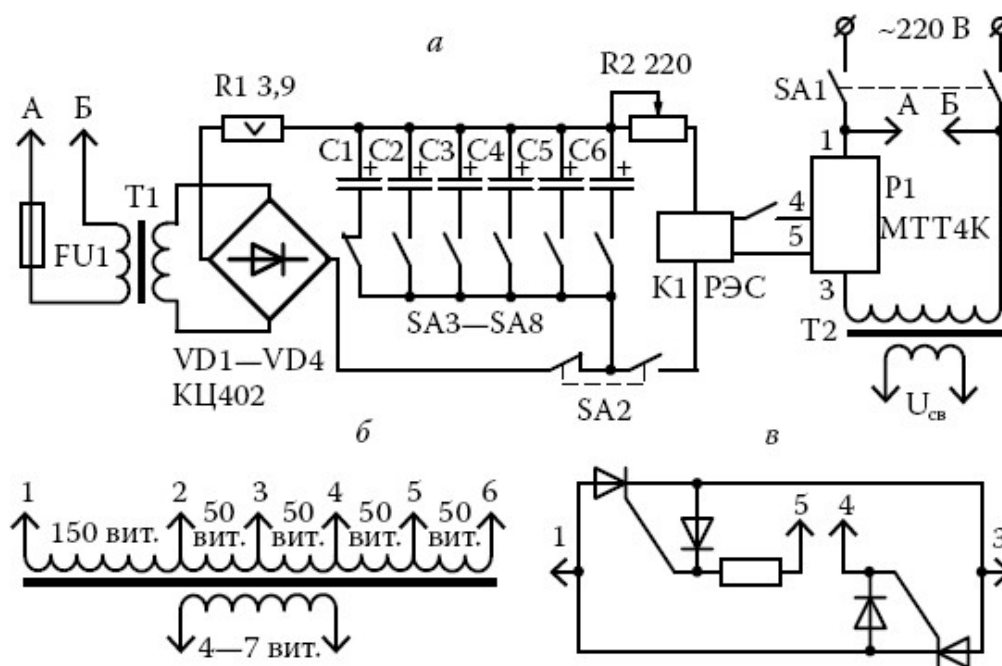


Рис. 67. Принципиальная схема ЭСА: а – основные узлы ЭСА; б – количество витков; в – схема силового ключа МТТ4К

Функционально предлагаемое устройство состоит из трех узлов: блока управления; сварочного трансформатора; контактно-сварочного узла.

Для изготовления блока управления понадобится трансформатор мощностью 10–20 Вт с напряжением сетевой обмотки 220 В, 50 Гц и напряжением вторичной обмотки 20–25 В; набор электролитических конденсаторов типа К50-35; реле герконовое типа РЭС42; РЭС43; РЭС55 или другое электромеханическое с малым током срабатывания и рабочим напряжением 15–25 В; кнопка переключающая типа КМ-1 или другая; блок переключателей типа П2К независимого включения на 6 позиций для подключения конденсаторов; переменный резистор мощностью 1–3 Вт группы А или проволочный; диодный мост типа КЦ402—КЦ407. Выпрямительный мост можно собрать и из отдельных диодов с подходящими параметрами.

Основной деталью блока управления является силовой ключ МТТ4К – однофазный бесконтактный тиристорный пускатель на ток 40–80 А и напряжением 600–800 В, выпускаемый ООО «Элемент-Преобразователь» (г. Запорожье). Схема этого модуля достаточно проста (рис. 67, в) и содержит два тиристора, включенных встречно-параллельно, два диода и резистор. Контакты 1 и 3 коммутируют нагрузку в то время, когда замкнуты контакты 4 и 5. В данном случае они замыкаются при помощи контактной группы реле К1. Если купить заводской ключ не удалось, его можно составить самостоятельно. В этой схеме можно применять тиристоры типа Т122, Т131, Т132 и т. п., диоды КД105, КД208, КД209, КД226 и т. п.

Величину сопротивления – 10–20 Ом – нужно будет подобрать в режиме отладки для надежного срабатывания ключа.

Для изготовления силового сварочного трансформатора Т2 подойдет магнитопровод от неисправного ЛАТРа на 2,5 А. Удалив старую обмотку, вырезаем из электрокартона толщиной 0,5–1,0 мм две шайбы, которые накладываем на торцы магнитопровода с напуском 1–2 мм по внутреннему и наружному диаметру с последующим бандажированием лакотканью или подобным материалом. Желательно использовать не менее трех слоев бандажа. Диаметр провода сетевой обмотки выбран 1,2–1,5 мм, желательно в тканевой изоляции для более качественной пропитки лаком. Провод укладываем виток к витку равномерно по всему периметру магнитопровода. Количество витков показано на рис. 67, б (с помощью отводов можно осуществлять грубую регулировку сварочного тока). После намотки первичной обмотки ее бандажируют хлопчатобумажной лентой и пропитывают лаком типа КС521, ЭП730 или аналогичным.

Вторичная обмотка содержит 4–7 витков медного многожильного провода диаметром не менее 20 мм и сечением не менее 300 мм<sup>2</sup> в кремнийорганической изоляции или аналогичного жгута. На концы обмотки следует надеть соответствующие наконечники с последующим пропаиванием для достижения минимального сопротивления контактного перехода.

Контактно-сварочный узел изготавливают по тому же принципу, что и в предыдущей конструкции. Материалом для электродов может служить медь, бериллиевая бронза и их заменители. Для создания качественного сварочного ядра контактная площадь электрода должна быть минимальной. Также необходимо обеспечить плотное прилегание и сжатие свариваемых деталей силой не менее 20 кг/см<sup>2</sup> (это усилие подбирают при отработке технологического процесса).

При сборке устройства особое внимание надо уделить качеству соединений для получения минимальных потерь на переходных сопротивлениях контактов.

Необходимо установить силовой ключ МТТ4К на радиатор охлаждения площадью 400–600 см<sup>2</sup> или использовать теплоотводящую площадь корпуса устройства, не забывая о том, что на силовых контактах и контактах управления присутствует сетевое напряжение. Для защиты от аварийных ситуаций схема содержит автоматический выключатель SA1, который одновременно выполняет функцию общего выключателя питания устройства.

## Конструкции самодельных электрододержателей

В течение всего времени развития сварки совершенствовались и модифицировались и держатели сварочных электродов. Многие сварщики, особенно времен советской закалки, до сих пор пользуются «вилкой». Это относительно удобный и, безусловно, самый дешевый вид держака. Трезубец легко изготавливается и долго служит, почти не обгорая.

Делают его из трех отрезков арматурного прута #6–8 мм, выгнув концы двух из них и сварив у основания трезубца (рис. 68, а). Сварочный провод пропускают между длинными концами ручки «вилки» и обматывают их вокруг нее. Сверху надевают резиновую трубку (кусок шланга), которую и держит в руках сварщик.



Чтобы держатель не так сильно грелся, провод нужно приваривать поближе к рогам вилки, а не с краю ручки. Вместо сварки можно использовать обжим провода и вилки стальным хомутом с винтовой стяжкой.

Увы, такая простая конструкция таит в себе весьма существенные недостатки. Из-за плохо зафиксированного контакта между сварочным проводом и прутьями трезубца держатель сильно греется, а огарки приходится выбивать или вытаскивать другим электродом, плоскогубцами или «выкорчевывать» о какую-нибудь прочную поверхность. Иной раз такая поверхность оказывается гальванически связанной с «землей» сварочного аппарата, и тогда сварщик, как правило, получает лучевой ожог глаз и нередко – кожи. К тому же трезубец потенциально опасен, потому что большая часть его открытой поверхности находится под напряжением. Поэтому на сегодня он запрещен для использования во всех странах мира, поскольку представляет опасность для здоровья самого сварщика и для окружающих его людей.

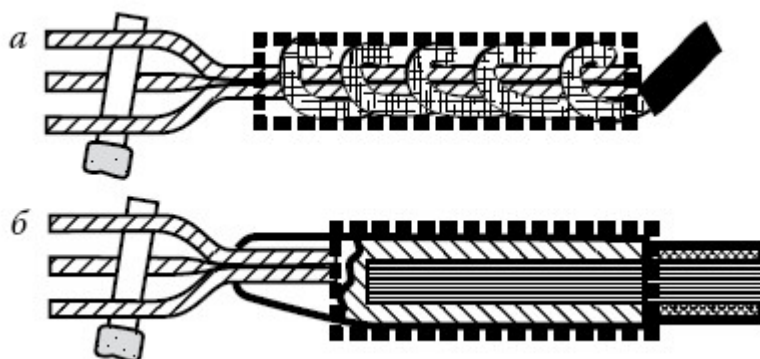


Рис. 68. Самодельные электрододержатели:  
а – обычная «вилка»-трезубец; б – модифицированная «вилка»

Немного удобнее работать с модифицированной «вилкой» (рис. 68, б) – она не так сильно греется. Это обусловлено тем, что рукоятка сделана из стальной трубки, в которую запрессовывается зачищенный конец сварочного провода. Трезубец в таком держателе можно сделать двумя способами. В первом случае его делают так же, как и в обычной «вилке», но без длинной ручки, и просто приваривают к трубке-рукоятке. Можно поступить

и по-другому: берут подлиннее трубку для рукоятки и со стороны, противоположной вводу сварочного провода, пропиливают вдоль так, чтобы получились три зубца. Их и выгибают в виде трезубца. В обоих случаях на рукоять надевают резиновый шланг.

И все же «вилки» опасны. Их категорически не рекомендуют применять даже в любительских условиях. Да это и не нужно. Любителями сварки давно разработаны весьма неплохие конструкции электрододержателей. Рассмотрим некоторые из них.

## Простой электрододержатель

Этот держатель рассчитан на использование наиболее распространенных электродов #3–4 мм. Его основой служит 300-мм отрезок полудюймовой толстостенной стальной трубы (рис. 69, а). В один из торцов впрессована обточенная на конус гайка М10 – под болт фиксации электрода. Можно ее и просто приварить к торцу трубы. Электрод вставляют в сквозное отверстие #4 мм, просверленное перпендикулярно оси трубы в 25 мм от этого торца, и поджимают болтом с накаткой на головке.

Еще через 25 мм от этого же торца в заготовке выполнено отверстие #9 мм, и в этом месте соосно с отверстием приварена гайка М8. В нее вворачивают соответствующий болт для зажима наконечника силового кабеля от сварочного агрегата. Наконечником может служить любая подходящая по диаметру медная (хуже – латунная или стальная) тонкостенная трубка, которая надевается на очищенный от изоляции конец сварочного кабеля и обжимает его. Без наконечника контакт кабеля с держателем будет плохим, что приведет к сильному нагреву рукоятки и даже снижению сварочного тока.

Рукоятку следует оформить, намотав на нее виток к витку толстый провод в термостойкой изоляции и закрепив его слоем прорезиненной изолянты. Можно поступить и традиционно, надев на рукоятку отрезок толстостенного резинового шланга.

## Резьбовой электрододержатель

Этот держатель делается из отрезка водопроводной трубы 1/2" с резьбой на одном конце и соединительной муфты (рис. 69, б). В муфте ближе к одному из краев перпендикулярно оси просверливают сквозное отверстие #5 мм. Электрод вставляют в это отверстие и муфту навинчивают на резьбовой конец трубы. Удобна такая простая конструкция тем, что обеспечивает надежный контакт электрода с трубой и позволяет быстро его сменить: стоит чуть ослабить муфту, и огарок выпадет.

Противоположный от резьбы конец трубы сплющивают, просверливают отверстие и болтом с гайкой прикрепляют наконечник, в который запрессован гибкий сварочный кабель. На трубу с наконечником надевают резиновый шланг в качестве ручки.

## Электрододержатель с рычажным фиксатором

Здесь для корпуса, так же как и у вышеописанных держателей, приспособлен отрезок полудюймовой толстостенной стальной трубы длиной 200–250 мм (рис. 69, в). И наружное оформление (изоляция) делается тем же способом – обрезком шланга.

Особенность данной конструкции – в фиксаторе, которым удерживается электрод и который позволяет очень легко менять последний.

Фиксатор вырезают из стальной полосы толщиной 6 мм. Для скобы используется стальная проволока #1,5–2 мм. Пружина нужна довольно тугая, прекрасно подойдет пружина от старой раскладушки. В качестве оси пружины хорошо подходит отрезок гвоздя #3 мм.

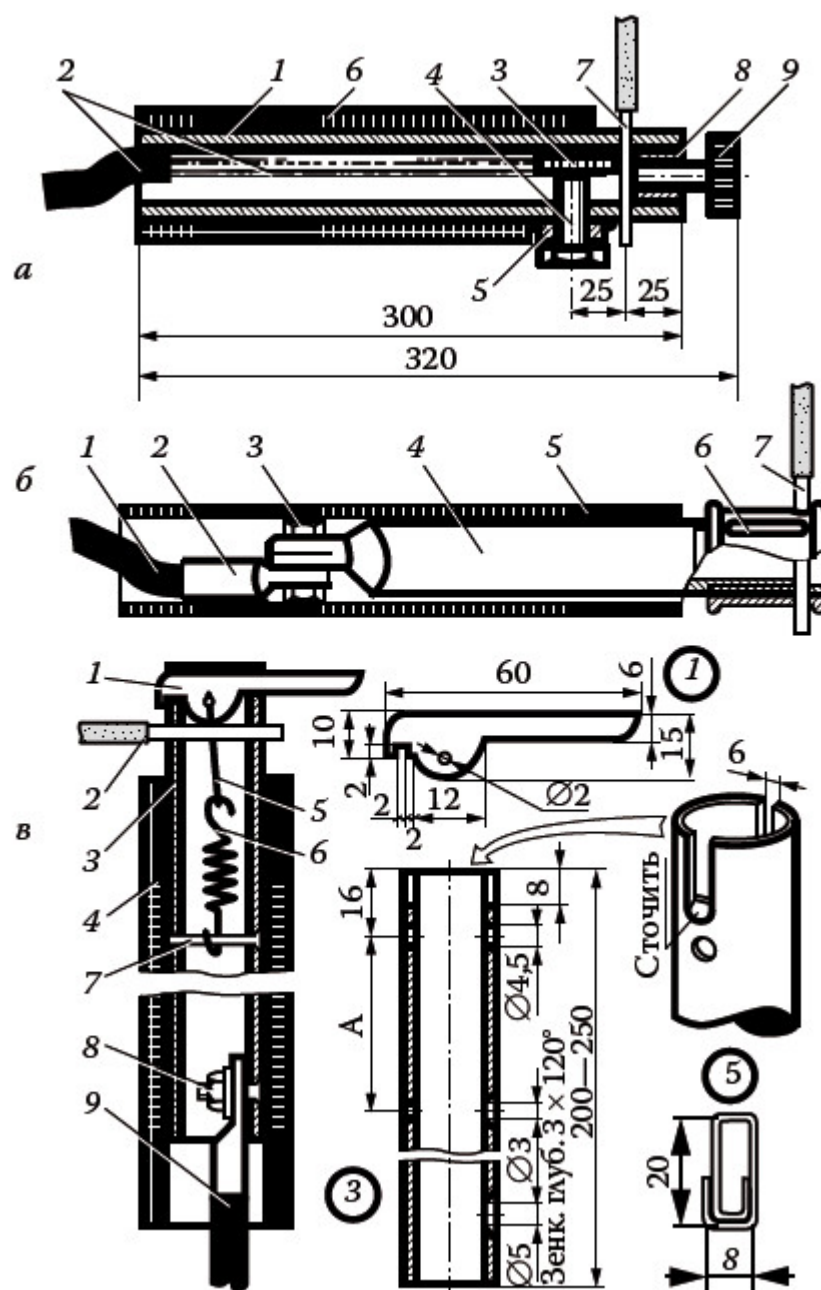


Рис. 69. Самодельные электрододержатели:

а – простой электрододержатель (1 – основание (отрезок трубы 1/2"); 2 – кабель силовой; 3 – наконечник кабеля; 4 – болт М8; 5 – гайка М8; 6 – защита рукоятки (обмотка из провода ПРППМ 2–1,2 или отрезок шланга); 7 – электрод; 8 – гайка М10; 9 – болт М10 с накаткой); б – резьбовой (1 – кабель силовой; 2 – наконечник кабеля; 3 – болт с гайкой М8; 4 – рукоятка (отрезок трубы 1/2"); 5 – отрезок резинового шланга; 6 – муфта 1/2"; 7 – электрод); в – с фиксатором (1 – фиксатор; 2 – электрод; 3 – корпус (отрезок трубы); 4 – отрезок резинового шланга; 5 – скоба; 6 – пружина; 7 – ось пружины; 8 – винт с гайкой М5 (М6); 9 – сварочный кабель)

В корпусе под фиксатор пропиливают паз той же ширины (6 мм). С одной стороны полку паза нужно сточить надфилем под углом 30–40°, чтобы передний крючок фиксатора надежнее цеплялся и в то же время позволял поднимать фиксатор при смене электрода. Под

пазом, согласно указанным на чертеже размерам, нужно просверлить отверстие, в которое будут вставляться электрод.

При сборке корпус держателя следует зажать в тиски. Зацепите пружину за отверстие в фиксаторе. В другой крючок пружины проденьте капроновый шнур и, сложив его вдвое, пропустите вниз через корпус. Фиксатор устанавливают вырезом на сточенный край паза. Остается лишь, потянув за шнур, растянуть пружину и зацепить ее за ось, продетую в соответствующее отверстие в корпусе. Под шляпку гвоздя, который исполняет роль оси, в корпусе выполнена зенковка. С другой стороны гвоздь обрезают заподлицо с корпусом. Чтобы ось не вылетела, оберните корпус в этом месте полоской из тонкой жести (потом она прижмется шлангом). Но можно и не обрезать гвоздь, а просто загнуть его конец.

Электрический кабель сварочного аппарата соединяют с корпусом винтом М5 или М6 с потайной головкой. Если под рукой такого винта не нашлось, сделайте его из подходящего по диаметру шурупа: удалите у него нарезную часть, а на гладкой нарежьте резьбу.

Сверху на держатель натягивают ручку – традиционный отрезок толстого резинового шланга. Шланг должен быть такой длины, чтобы с одной стороны закрывать нижнюю часть корпуса и медный наконечник кабеля, а с другой – на 15–20 мм не доходить до отверстия, в которое вставляется электрод.

## **Электрододержатель со штоковым фиксатором**

Держатель состоит из полого корпуса, в котором размещен подпружиненный сердечник с отверстием под электрод (рис. 70, а). Для установки или смены электрода достаточно нажатием на наконечник совместить отверстия в корпусе и сердечнике. После отпускания наконечника электрод надежно зажимается благодаря силе пружины.

Для корпуса понадобится отрезок водопроводной трубы длиной 170 мм и #16 мм. Выровняйте на токарном станке его торцы и рассверлите трубу до внутреннего диаметра 13 мм. Последняя операция необходима для удаления сварочного шва внутри трубы (впрочем, эту операцию можно выполнить и вручную круглым напильником, зажав отрезок трубы в тисках).

Затем при помощи ролика (также на токарном станке) нужно завальцевать один конец трубки. После этого в завальцованном торце просверлите отверстие #8,5 мм под ось сердечника. Здесь тоже можно обойтись без токарного станка и выполнить завальцовку вручную. Для этого в торце трубки надо сделать 3–4 продольных пропила глубиной 2–3 мм. Полученные лепестки загните внутрь плоскогубцами с узкими губками, аккуратно догибая ударами молотка. Отверстие в завальцовке можно сформировать тонким круглым напильником или надфилем.

Но дальше токарный станок всё же понадобится – нужно выточить сердечник. Затем вставьте сердечник вместе с дистанционными шайбами до упора в корпус и зафиксируйте гайкой с технологической втулкой (рис. 70, б). Теперь просверлите отверстие #5,5 мм под электрод одновременно в корпусе и сердечнике. Угол наклона относительно корпуса держателя может быть таким, какой удобен вам для работы: от 90° до 115°.

Положение отверстия для упора зависит от размеров пружины, и его следует определить опытным путем. Пружина должна обеспечивать надежное крепление электрода в корпусе и в то же время его замену без особых усилий.

Перед сборкой на задний торец сердечника наклейте изолирующую шайбу, вырезанную из паронита. Она нужна для того, чтобы сварочный ток не протекал через пружину, нагревая и отпуская ее.



На собранный держатель сверху наденьте кусок резинового шланга подходящего размера. Если шланг держится на корпусе слишком свободно, его можно зафиксировать проволочными хомутами.

На выступающий конец сердечника наденьте и приклейте или привинтите винтом М4 с потайной головкой наконечник из текстолита или другого диэлектрика. Желательно, чтобы его вертикальный размер превышал диаметр держателя в сборе. Тогда держатель без электрода можно смело класть на сварочный стол, не опасаясь замыкания.

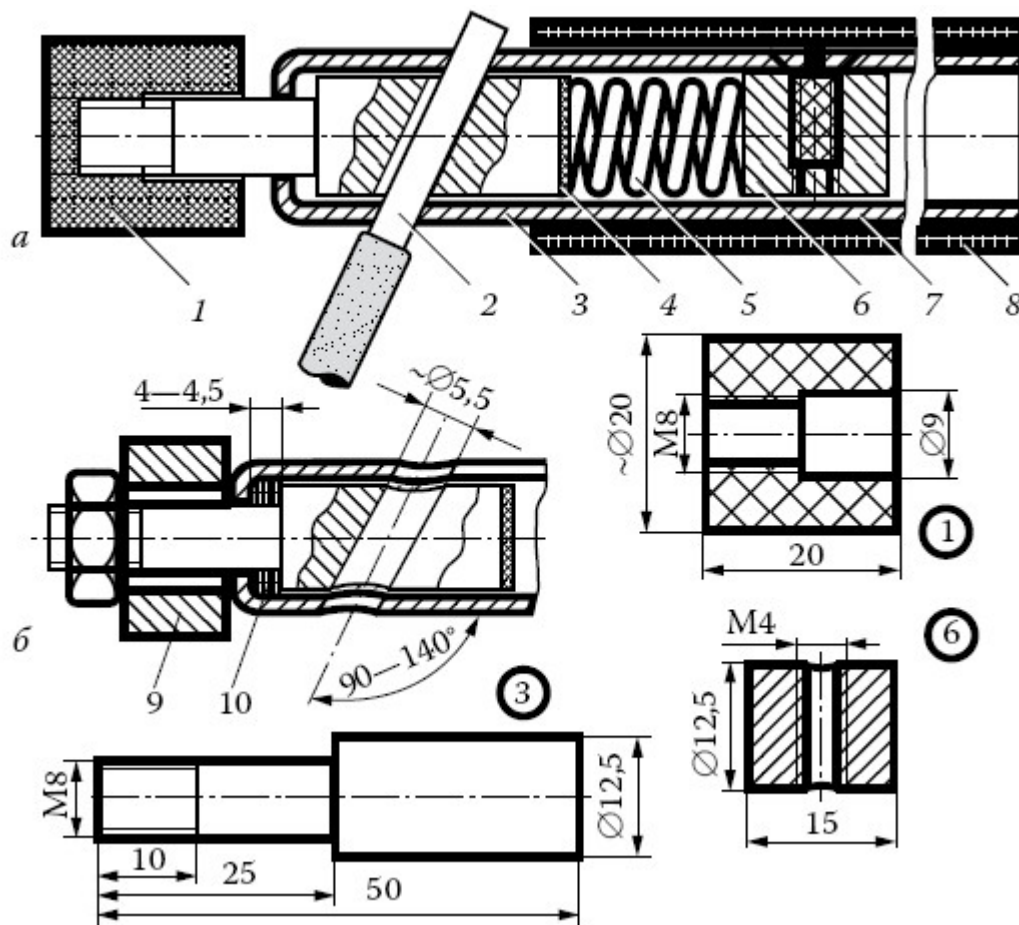


Рис. 70. Электродержатель:

а – общий вид; б – сверление наклонного отверстия; 1 – наконечник (втулка); 2 – электрод; 3 – сердечник; 4 – изоляционная прокладка; 5 – пружина; 6 – упор; 7 – корпус; 8 – резиновый шланг; 9 – технологическая втулка; 10 – дистанционные шайбы

## Самодельные газовые горелки

Предлагаемые мощные газовые горелки можно использовать при гибке труб, отопреве водопровода, разогреве большого паяльника, для пайки автомобильных радиаторов и во многих других случаях. В основе их – промышленные вентили, бывшие в употреблении, но еще способные работать без утечки газа. Эти горелки удобно использовать с 50-литровым газовым баллоном с угловым вентилем и редуктором.

### Горелка с вентилем ВК-74

На рис. 71 изображена горелка, в которой применен вентиль ВК-74 от кислородного баллона. На его выход с конической резьбой К3/4" установлен удлиненный самодельный штуцер-рукоятка, к которому присоединен резиноканевый шланг от редуктора. На резьбу, с помощью которой вентиль вкручивался в кислородный баллон, установлен колпачок с резьбовым отверстием для жиклера. Жиклер можно взять от газовой плиты или паяльной лампы. Сопло изготовлено из отрезка стальной трубы 1/4" длиной 100 мм и приварено к колпачку на двух отрезках проволоки #5 мм. Между колпачком и соплом следует оставить расстояние 15 мм для поступления воздуха в зону горения.

Чтобы зажечь горелку, открывают вентиль на баллоне, подносят к соплу зажженную спичку и открывают вентиль горелки. Газ загорается. Вентилем на горелке регулируют пламя. Наибольшая температура пламени – в конце зелено-голубой части факела. Чтобы расположить пламя в центре сопла, регулируют положение сопла, подгибая проволочные держатели.

Если негде изготовить колпачок с конической резьбой, можно использовать такую же деталь с метрической резьбой (М22 × 1,5). В таком случае и на вентиле надо вместо конической нарезать резьбу М22 × 1,5. Лучше эту операцию выполнить на токарном станке.

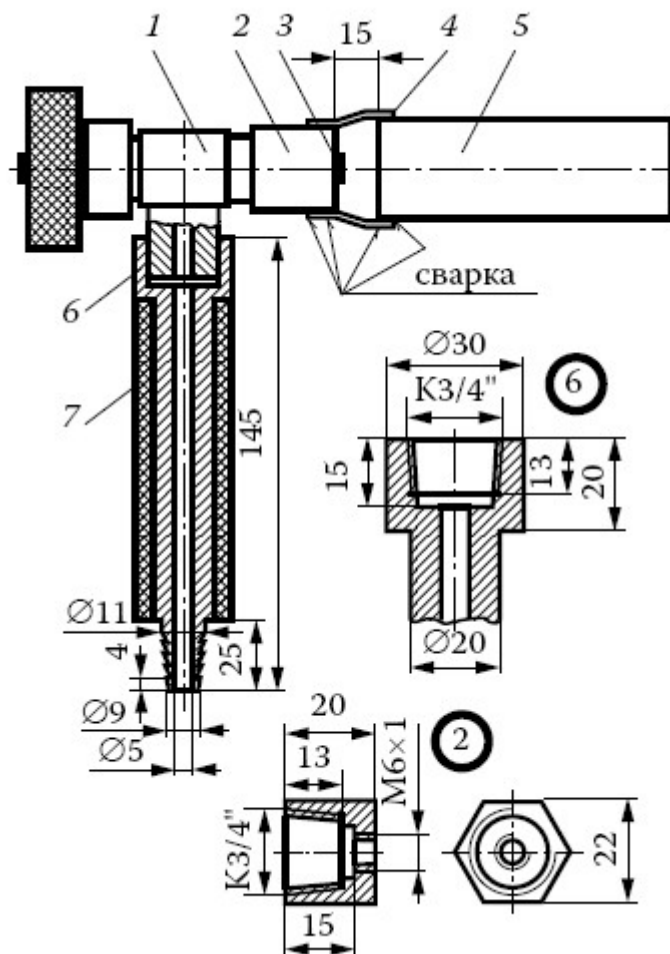


Рис. 71. Горелка с вентилем ВК-74:

1 – вентиль ВК-74; 2 – накидная гайка; 3 – жиклер; 4 – проволочные держатели; 5 – сопло; 6 – штуцер-рукоятка; 7 – резиновая трубка (оформление ручки)

К сожалению, эта простая и удобная конструкция имеет существенный недостаток. Вентиль ВК-74 в ней установлен так, что направление потока газа в нем противоположно его нормальному положению. При этом давление газа постоянно (в том числе и при закрытом вентиле) действует на сальниковое уплотнение. Если уплотнение недостаточно плотное, возможна утечка газа. Поэтому перед работой горелки необходимо проверить герметичность уплотнений.

При работе с горелкой вентиль ВК-74 надо использовать только для регулирования пламени, а перекрывать газ следует вентилем на баллоне. Поэтому при изготовлении горелки этой конструкции установить вентиль ВК-74 лучше таким образом, чтобы направление потока газа через него соответствовало стрелке на корпусе, а маховик вентиле был вверх.

## Горелка, переделанная из ацетиленового газореза

В этой конструкции использована переделанная горелка ацетиленовой сварки (газореза), в которой вышел из строя краник, перекрывающий кислород. Устройство ее показано на рис. 72.

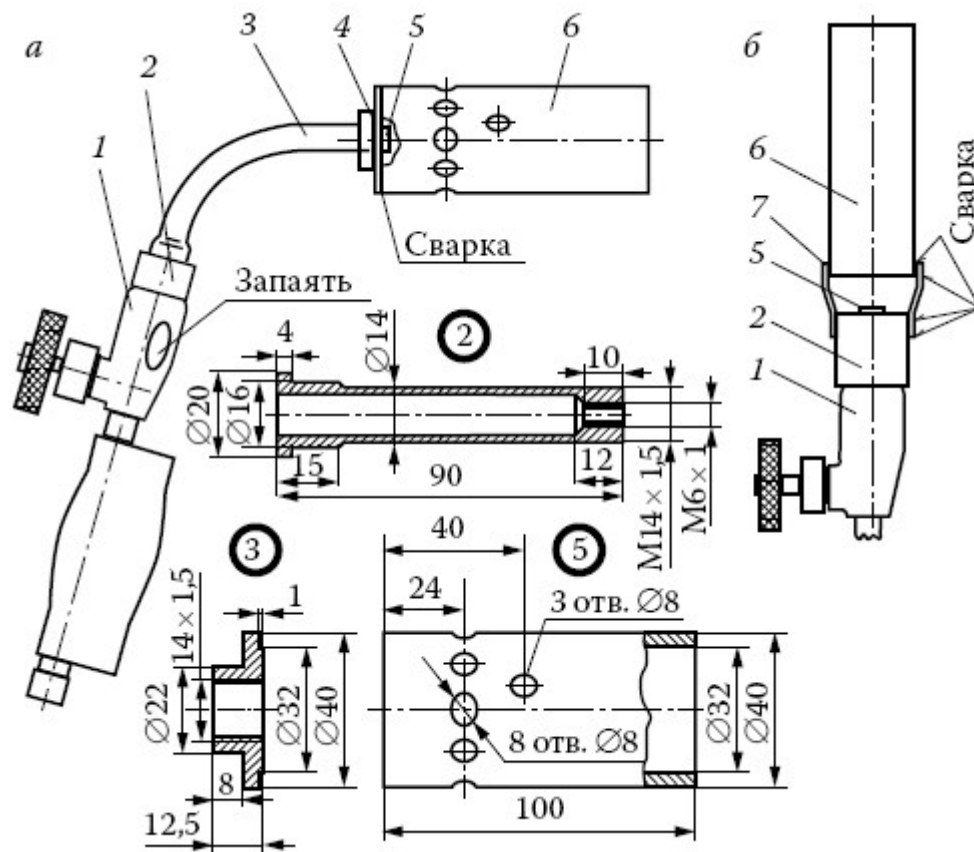


Рис. 72. Горелка из ацетиленового газореза:

а – общий вид; б – вариант сопла; 1 – смесительная камера; 2 – накидная гайка; 3 – наконечник; 4 – фланец; 5 – жиклер; 6 – сопло; 7 – проволочные держатели

От промышленной горелки осталась только ручка с краниками. Для уменьшения веса ствол и краник, подающий кислород, удалены, отверстие в смесительной камере запаяно твердым припоем. Шланг, идущий от редуктора газового баллона, присоединен к штуцеру с левой резьбой  $M16 \times 1,5$ .

Накидной гайкой на смесительной камере закреплен самодельный наконечник, согнутый под  $45^\circ$ , чтобы было удобнее работать с горелкой. На резьбу наконечника накрут фланец с приваренным к нему соплом.

Одним из вариантов исполнения такой горелки является использование колпачка с резьбой  $M22 \times 1,5$ . Конструкция сопла здесь аналогична соплу вышеописанной горелки (рис. 72, б).

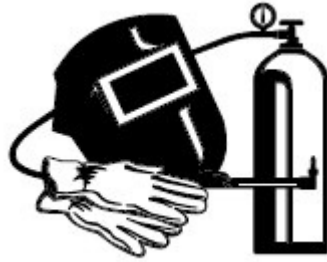
## Горелка с вентилем от газового баллона

Горелка, изображенная на рис. 73, почти полностью собрана из готовых деталей, механическая обработка здесь сведена к минимуму. В ее основе – готовый стальной вентиль от баллона со сжиженным газом.

На резьбу входного патрубка устанавливают заглушку, которую применяют при транспортировке газовых баллонов. В ней нужно сделать резьбовое отверстие для жиклера. Жиклер с отверстием  $\#0,8$  мм подойдет от паяльной лампы. Перед жиклером на кронштейне установлено сопло – отрезок трубы с внутренним диаметром 30 мм. Для доступа воздуха в зону горения сопло отстоит на 10 мм от жиклера.



## Практикум сварщика-любителя



Любая теория немного стоит, если она не подтверждена практикой. Поэтому ниже приводим описания конкретных изделий, при изготовлении которых не обойтись без сварки.

## Изготовление металлических ворот, решеток, заборов

В местах расположения частных домовладений и садово-огородных делянок, пожалуй, наиболее часто сварку используют для создания защитных решеток, заборов и их элементов – ворот и калиток. И это не случайно, ведь металлическая ограда обычно имеет большие сквозные площади и поэтому мало заметна на фоне природы. Она всегда выглядит аккуратно и стильно, при этом хорошо сочетается с зеленью, особенно вьющейся. У металлического ограждения много достоинств: оно долговечно, устойчиво к механическим повреждениям и требует минимального ухода. Металлическую ограду делают из сетки-рабицы, профнастила, сварных или кованых решеток, а также из решеток, выполненных методом художественного литья.

Металлические конструкции монтируют, как правило, на каркасе из металлических, кирпичных или каменных столбов и продольных силовых элементов. Для монтажа используют закладные детали, замоноличенные в теле железобетонной конструкции во время ее изготовления. В дальнейшем к ним можно приварить различные металлические детали.



Сварные металлические заборы являются оптимальным решением для ограждения периметра, поскольку они легко вписываются в интерьер любого дома или приусадебного участка.

Кованые ограды дороги не только глазу, но и кошельку.

Профнастил характеризуют доступность, долговечность и защитные качества.

Для больших участков с природным фоном оптимальны сетчатые заборы.

## Оконная решетка

В качестве тренировки попробуем что-нибудь совсем простое. Например, решетку на окно садового домика или городской квартиры. Обычно она имеет прямоугольную форму с размерами 1045 × 1010 мм и изготовлена из арматурного прута. Но размеры вы выбираете, разумеется, исходя из параметров конкретного строения.

**Шаг первый: размечаем и нарезаем заготовки.** Решетка может закрывать полностью оконный проем, тогда она крепится к внешней плоскости стены и имеет несколько больший размер, чем у проема. Но чаще ее делают такой, чтобы она помещалась внутрь проема, прилегая к оконной раме или находясь от нее на небольшом расстоянии. В таком случае она и крепится в оконном проеме, и имеет соответствующий ему размер.

Исходя из этого, размечаете арматурные прутья и нарежете заготовки с помощью болгарки или обычной ножовки по металлу. Не спешите резать сразу всё – подготовьте только 4 прута для внешней рамки. Может быть, когда вы закончите ее изготовление, у вас появятся новые идеи насчет того, какой именно решеткой ее заполнить.

**Шаг второй: варим рамку.** Разложите заготовки на земле и выровняйте их по угольнику. Желательно зафиксировать их положение, например, струбцинами, оставив нескрепленным только один узел, с которого будете начинать работу (рис. 74, а). Не спешите сразу

варить: сделайте несколько швов на ненужном обрезке прута. «Пощупайте» этот конкретный металл электродом, почувствуйте, какой длины для него необходимо держать дугу.

Перед тем как сваривать изделие, необходимо прихватить его основные части. Переходим к первому узлу решетки и стыкуем один прут с другим. Не задерживайте дугу: просто поставьте крепкую каплю сварки. Сбейте молоточком шлак (рис. 74, б). Если, после того как шлак сбит, конструкция держится, можете смело прихватывать следующий прут. Обейте шлак и переходите к следующему.

В результате получилась прямоугольная рамка. Теперь берем угольник и смотрим, чтоб конструкция была ровная. Полезно также измерить диагонали рамки: если они равны, то конструкция получилась действительно прямоугольной. Если же ее перекосило – подгибаем. Не бойтесь сломать рамку – даже одна капля сварки выдерживает нагрузку 300 кг. Проверяем снова и, если углы ровные, окончательно обвариваем прутья в узлах (рис. 74, в).

**Шаг третий: развариваем решетку.** Итак, получилась прочная прямоугольная рама. Теперь размечаем места, где будут прутья решетки. Они могут быть как ровными, так и фигурными (рис. 74, д – ж). Самая простая фигура – это дуга. Выгнуть прутья дугой несложно, особенно если сделать шаблон. Можно гнуть прутья, зафиксировав один конец вокруг пня или толстого ствола дерева. Главное, чтобы все заготовки получились одинаковыми.

Разметив сетку на раме с помощью мела, начинаем заполнять раму. Не приваривайте все прутья сразу. Прихватите один, сбейте шлак и только потом приваривайте. Так же со следующим. Вначале наварите все прутья одного направления, затем приступайте к заполнению в другом направлении и уже после этого прихватите пересечения прутьев во внутренних узлах.

**Шаг четвертый: привариваем кронштейны.** Для закрепления к плоскости стены здания к решетке необходимо приварить кронштейны в виде стальных пластин с отверстиями для болтов (рис. 74, г, I). Если же решетка крепится в проеме, есть разные варианты ее закрепления.



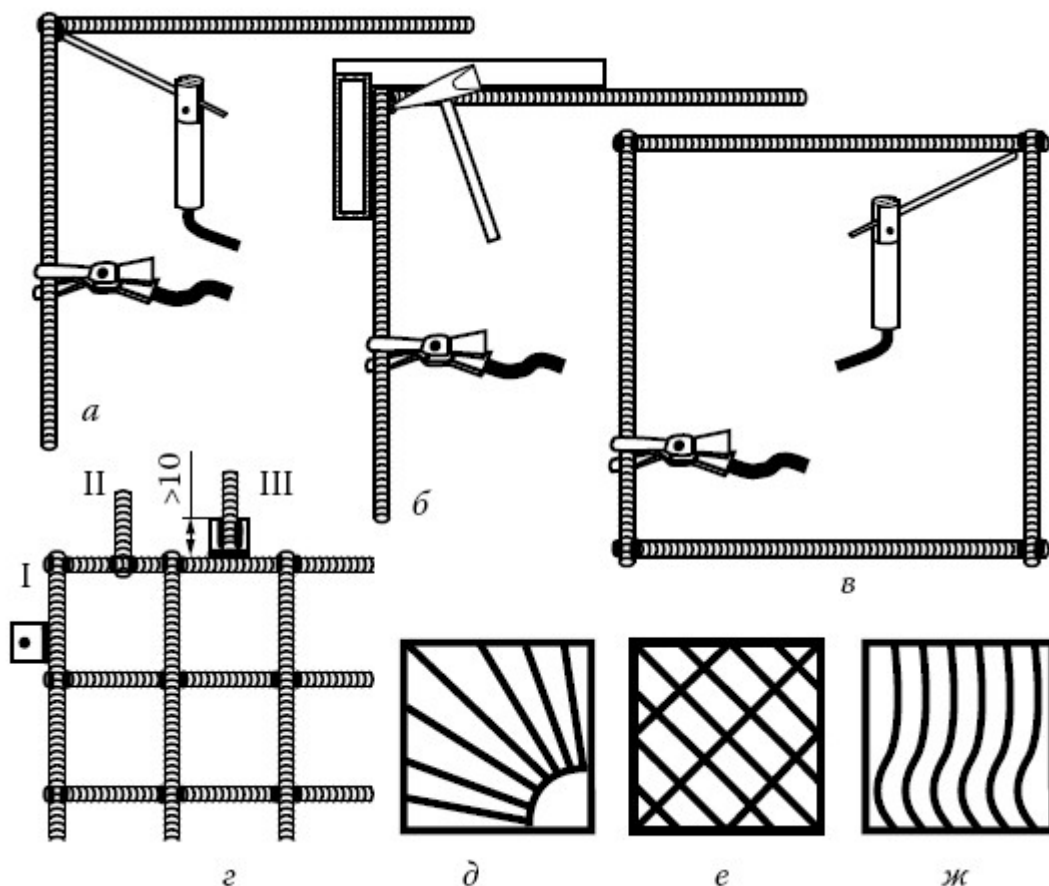


Рис. 74. Простая сварная решетка:  
а – прихватывание первого узла; б – обивка шлака и контроль прямоугольности; в – обваривание рамы; г – монтаж кронштейнов крепления решетки; д – ж – разные формы рисунка оконных решеток

В любом случае в проеме высверливают или выбивают отверстия, в которые вставляют отрезки тех же арматурных прутьев или аналогичный стальной крепеж. Далее можно приварить их просто к решетке (рис. 74, г, II), а можно – к кронштейнам. Как правило, последний вариант крепления смотрится более аккуратно. В таком случае отверстия в последних не нужны, а длина их должна быть достаточной (не менее 10 мм), чтобы приварить к ним закрепленный в стене крепеж, который будет прочно удерживать решетку (рис. 74, г, III).

На завершающем этапе отбиваете с кронштейнов шлак и ждете, пока сварные швы остынут. После этого решетку можно покрасить.

## Забор из металлической сетки

Заборы из сетки-рабицы, пожалуй, самые популярные, простые и доступные (особенно для владельцев маленьких участков). Это легкое, но прочное и долговечное ограждение, не препятствующее проникновению на дачный участок воздуха и солнечного света. По форме ячеек сетка-рабица подразделяется на ромбическую и квадратную. Сырьем для ее изготовления служит низкоуглеродистая стальная проволока. Наряду с этим используется проволока с антикоррозионным слоем из полимерного материала и оцинкованная. Производят рабицу в рулонах с шириной полотна 1,5; 1,8 и 2,0 м и длиной 10 или 15 м. Размеры ячейки могут колебаться от 15 до 100 мм. Диаметр проволоки также бывает различным – от

1 до 8 мм. Стандартной считается продукция с ячейкой  $50 \times 50$  мм в рулоне высотой 1,5 м. Именно такая сетка находит широчайшее применение для формирования изгородей.



Забор из прозрачной сетки-рабицы визуально увеличивает участок.

Самым простым типом ограждения, возводимого из сетки-рабицы, является натяжной забор, в котором сетка привязана к натянутым между столбами двум рядам стальной проволоки #3–6 мм. Но такая конструкция не лишена недостатков – со временем столбы расшатываются, а сетка провисает. Гораздо надежнее будет служить ограждение, несущая конструкция которого, кроме столбов, содержит жесткие продольные элементы (рис. 75).

Первый вариант – сделать забор секционным. Такой способ особенно хорош, если сетка искусственно утяжелена массой декоративных растений и ей приходится выдерживать немалую нагрузку. Для этого сетку крепят внутри сварных металлических рам, которые потом и крепят к столбам. Не менее надежен другой вариант: ограждение делают сплошным, а в качестве прожилин используют либо традиционные деревянные слезы, либо стальной уголок (прочнее и долговечнее, разумеется, последний).

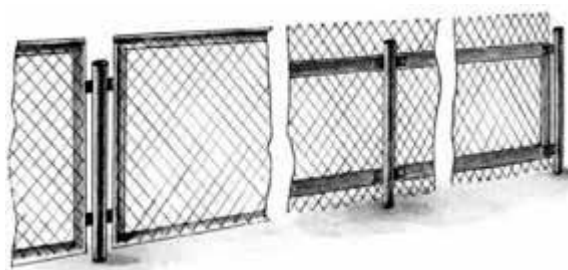


Рис. 75. Секционное сетчатое ограждение из металлических рам

Кроме сетки-рабицы, для забора потребуются металлические столбы #40–50 мм и высотой 2–2,5 м. Необходимое количество столбов вычисляют исходя из условия, что их устанавливают с шагом, не превышающим 3 м. Для крепления рам нужны стальные пластины длиной 150–200 мм и толщиной 3–4 мм (по 2 шт. на каждый столб). Для изготовления прожилин требуется металлический профиль, а для рам – стальной уголок (впрочем, он подойдет и для прожилин). Выбирают обычно равнобокий уголок с полочкой 32 мм и более или разнобокий –  $40 \times 25$  мм и более. Исходя из стандартной длины уголка 9 м, секции получаются длиной 3 м: одного уголка как раз хватает на одну секцию (два отрезка по 3 м и два по 1,5 м). Кроме того, надо запастись стальной проволокой #6 мм.

Чтобы сделать секционную ограду, вначале изготавливают секции пролетов. Уголок распиливают на отрезки нужной длины и запиливают под углом  $45^\circ$  их концы (разметку угловых запилов проще всего сделать в столярном стусле). Заготовки выравнивают по угольнику и сваривают обрамления секций.

Изнутри к стальным уголкам рам по периметру приваривают отрезки проволоки #6 мм длиной 6–7 см с шагом 8–10 см. Это будут крючки крепления сетки. Вначале к ним цепляют сетчатое полотно с одной из коротких сторон. Сетку натягивают и цепляют к крючкам на другой короткой стороне обрамления. Подтягивая сетку, ее зацепляют в середине одной длинной стороны, другой, а затем и по всему периметру.

Когда все секции готовы, можно приступать к разметке забора. Для этого потребуется шнур необходимой длины, рулетка и колышки. Как говорилось выше, металлические столбы #40–50 мм и высотой 2–2,5 м устанавливают с шагом, не превышающим 3 м, заглубляя в землю на треть высоты. Предварительно к каждому из них приваривают по 2 стальные пластины длиной 150–200 мм для крепления рам.

Столбы либо устанавливают по отвесу в вырытые или пробуренные ямы и бетонируют, либо забивают в землю. Угловые стойки, несущие максимальную нагрузку, укрепляют подкосами. А чтобы дождевая вода не попадала внутрь, верх столбов необходимо закрыть. Для этого можно приварить к их торцам стальные «пятаки» или точеные «шишки».

Теперь к соединительным пластинам столбов крепят рамы или прожилыны. Стальные рамы с закрепленной сеткой можно приварить к пластинам или использовать для крепления болты. То же самое делают со стальным профилем (уголком), используемым в качестве прожилин в случае сплошного ограждения. В последнем случае к прожилинам предварительно приваривают крючки (так же, как и к рамам).

В завершающей фазе работы рулон раскатывают вдоль забора во всю длину, выравнивают и вешают на крючки. Затем через ячейки сетки чуть ниже крючков пропускают прут-струну из проволоки #8 мм, полотно немного приподнимают и вешают на крючки уже не за ячейки, а за прутки. Концы крючков загибают молотком (рис. 76).

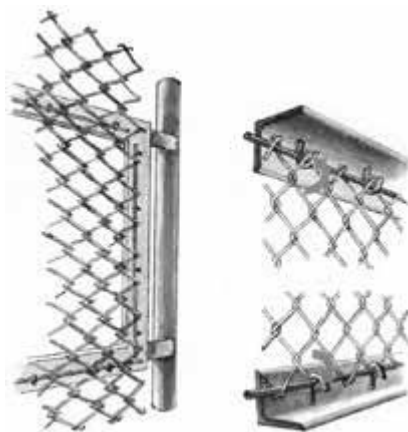


Рис. 76. Крепление сетки:  
а – к прожилинам; б – к стальному уголку

После этого в ячейки сетки чуть выше нижних крючков пропускают другой прутки, который оттягивают вниз до крючков и фиксируют. Натягивать сетку нужно последовательно (или строго слева направо, или наоборот – справа налево). Перетягивать сетку нежелательно, так как это может привести к перекосу полотна. В начале первого и в конце последнего пролета сетку нужно натянуть не только сверху и снизу, но и сбоку. Для равномерного натяжения сетки по всей высоте в крайний ряд ячеек вставляют металлическую полосу, которую крепят потом к столбу. После того как полотно натянуто, раскручивают следующий рулон и все операции повторяют в той же последовательности.

Если полотна нужно соединить, то в местах стыка рулонов сетку оставляют ненапрянутой, а место соединения лучше расположить у столбика. Полотна соединяют довольно просто – изымают крайнюю строчку одного из соединяемых рулонов, полотна сводят, после чего «ковылек» вплетают в место соединения. Заготовку фрагментов для вставки в рамы производят аналогичным образом: на нужной длине извлекают элемент сетки и полотно разъединяют.

## Металлические сварные заборы

Металлические сварные заборы (рис. 77) изготавливают из металла различного сечения (профильные трубы, прут, квадрат, полоса и др.).

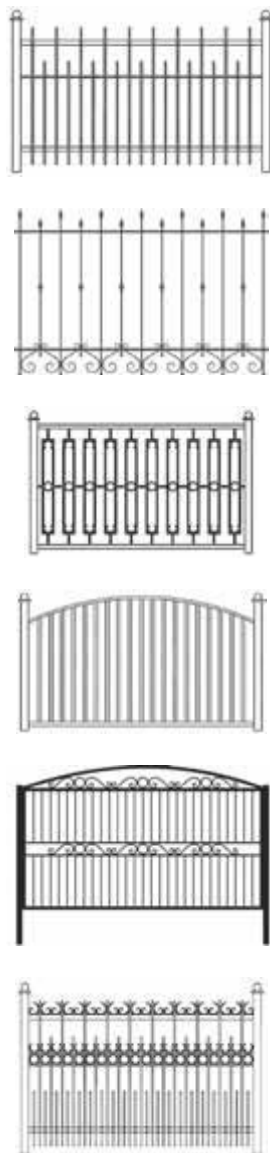


Рис. 77. Внешний вид секций наиболее распространенных металлических сварных заборов

Обычно секции сварных заборов состоят из горизонтальных профилей  $25 \times 25$  мм или полос  $40 \times 4$  мм и вертикального набора из профиля  $15 \times 15$  мм, кованого квадрата  $10 \times 10$  мм или прутьев #10–15 мм, приваренных с двух сторон. Сверху забор зачастую украшен литыми или коваными пиками.

Типовые секции имеют длину 2–3 м, высоту 1,5–2 м, при этом их внешний вид очень разнообразен. Украшения секций могут быть изготовлены как методом художественнойковки, так и с помощью холодного деформирования металла – сгибанием, скручиванием и прочими слесарными методами.

## Ажурная решетка

Легкая ограда представлена на рис. 78.

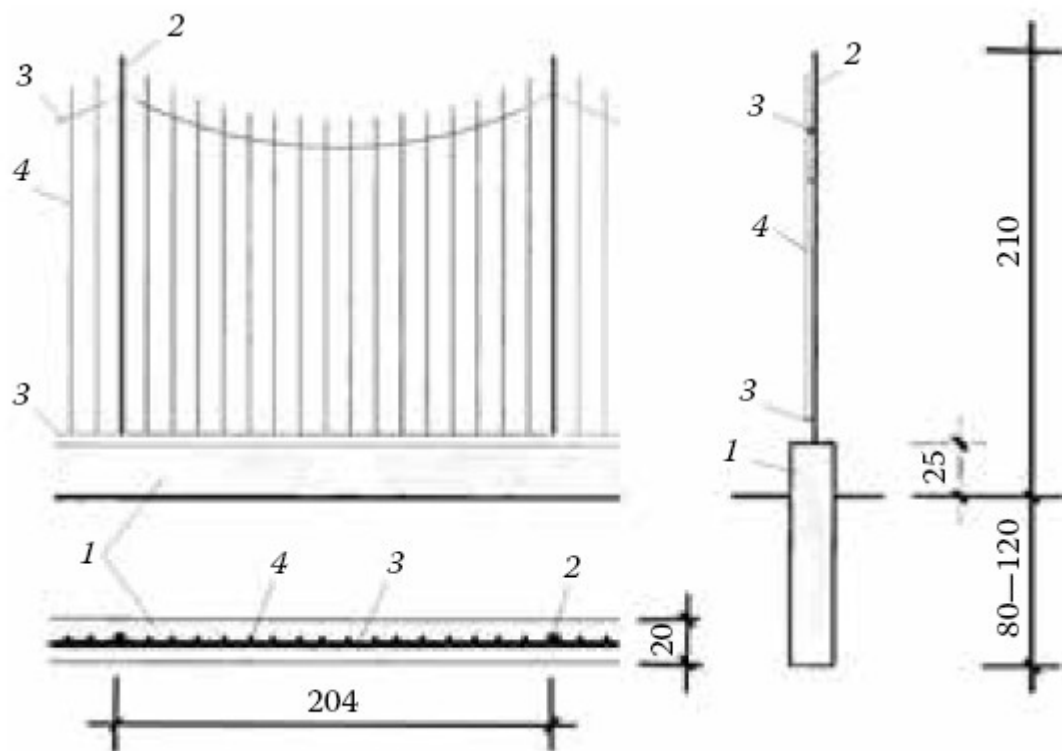


Рис. 78. Ажурная решетка:

1 – бетонный цоколь; 2 – столб (прямоугольная труба с сечением  $60 \times 40$  мм); 3 – металлическая полоса  $3,5 \times 0,2 \times 204$  см; 4 – прутья #10 мм, приваренные с интервалом 120 мм

Металлические решетчатые пролеты установлены между металлическими столбами, которые закреплены в бетонном цоколе. Впрочем, можно отказаться от цоколя и бетонировать каждый столб отдельно. Вертикальные прутья приварены к двум металлическим полосам, из которых нижняя – ровная, а верхняя имеет вогнутый вид. Расстояние между вертикальными элементами в пролетах не должно превышать 15 см. Если промежуток между прутьями будет слишком большим, сквозь решетку можно будет проникнуть. Как следствие – ограда либо совсем утратит свою защитную функцию, либо станет «капканом» для людей и животных.

Заполнить пролеты можно и сетчатыми секциями. Поможет в этом все та же рабица, которую крепят внутри сварных металлических рам и используют в качестве пролетов.

## Плетение из металла

Интересную «плетеную» изгородь можно изготовить из отходов штамповочного производства, обрезков полосовой стали и прочего металлолома. Выпрямите обрезки, нарежьте на равные куски. Для того чтобы получилась плетеная изгородь, полосы нужно разложить, как показано на рис. 79, а, и сварить между собой. Концы наклонных полос по краям каждой секции приварите к прямым полосам, имеющим три пластины для крепления к столбу.

Рисунок секции может быть и более интересным. Последовательность работ при этом следующая. Сначала задумывают узор. Потом для формовки частей узора изготавливают кондуктор. Например, чтобы сделать фигурные детали решетки с узором «пчелиные соты», нужен всего один кондуктор (рис. 79, б). Эти детали и отрезки полосы в процессе сборки сваривают друг с другом.

Такую ограду можно поставить на летних террасах, беседках, палисадниках. Из стальных полос можно делать и различные декоративные решетки для окон дач, гаражей, сараев и т. д.

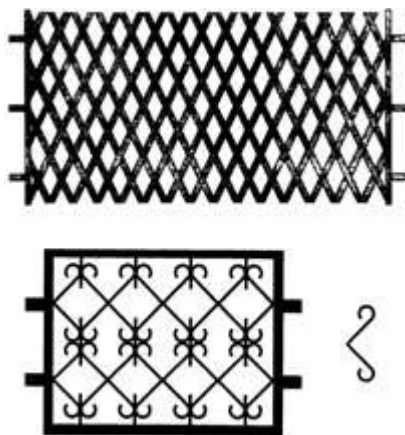


Рис. 79. Изгороди из металлических полос:

а – плетеная изгородь; б – решетка с узором «пчелиные соты» с отдельной фигурной деталью для сборки решетки

#### Ограды из готовых кованных деталей

Самыми красивыми и при этом самыми дорогими металлическими ограждениями являются кованные. Ажурные кованные решетки смотрятся необыкновенно изысканно как на участке, так и со стороны улицы. Летом кованные элементы деликатно оттеняют и подчеркивают естественную красоту цветов, деревьев, кустарников, а зимой вносят разнообразие в окружающий пейзаж. При должном уходе такой забор будет верой и правдой служить не одному поколению.

Основным сырьем для изготовления кованных деталей забора служит металлический прут квадратного сечения, который принимает причудливые формы под воздействием огня и ударов молота. Элементы решетки собирают с помощью сварки и хомутов.

Изделия художественнойковки, впрочем, как и другие предметы ручного изготовления, довольно дороги. Но появление в продаже готовых кованных элементов позволяет собирать изящные декоративные изделия. На рынке кузнечных изделий можно найти кованные балясины, корзинки и розетки, пики и навершия, завитки и волюты, декоративные полосы, профили и поручни. Причем цена отдельных деталей относительно невысокая. Так что самостоятельно изготовить красивое кованое изделие, используя готовые элементы, вовсе не сложно. Достаточно купить нужное количество металлической полосы  $20 \times 4$  мм и квадратного прутка  $10 \times 10$  мм, готовые корзинки и розетки, чтобы, используя электродуговую или газовую сварку, самостоятельно выполнить пролет кованого ограждения (рис. 80).

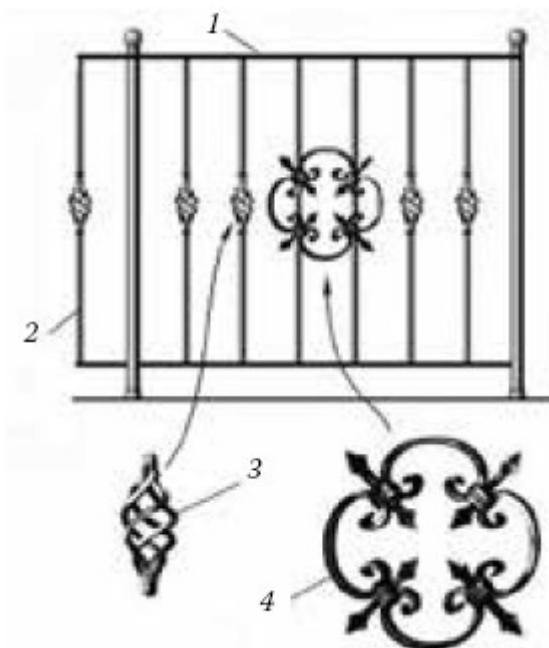


Рис. 80. Фрагмент ограды из готовых кованных деталей:  
1 – полоса каркаса; 2 – пруток; 3 – корзинка; 4 – розетка

А чтобы сэкономить еще больше, кованные элементы можно использовать по одному-два на пролет, заполнив секцию гнутыми элементами, изготовленными самостоятельно по методике, описанной в главе «Подготовительные слесарные операции».

## Металл и камень

Рассмотренные выше заборы полностью выполнены из металла. Совершенно по-иному будет выглядеть забор, в котором цоколь выполнен из бутового камня. Фундамент для него стоит сделать столбчатым. Он будет нести каркас сооружения, в котором удобно выкладывать камни, а бутовая кладка будет надежно держаться (рис. 81).

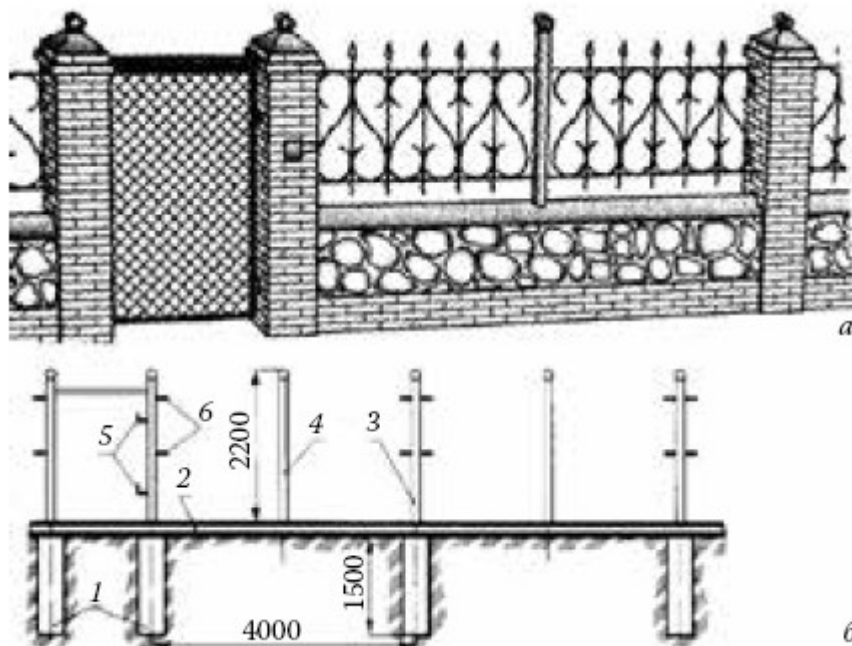


Рис. 81. Забор из кирпича и камня с металлическими пролетами:  
а – общий вид; б – устройство каркаса ограды; 1 – фундаменты; 2 – спаренные рельсы; 3 – основная стойка; 4 – промежуточная стойка; 5 – оси калитки; 6 – закладные детали

Кроме того, он обеспечит крепление металлических пролетов. Для устройства такого фундамента могут быть использованы куски железобетонных свай длиной 1,5 м, которые вкапывают вертикально через каждые 4 м периметра. В верхней части свай оголена арматура, и к ней приварены два рельса подошвой вверх. На рельсах зафиксированы сваркой стойки из труб: основные – через 4 м, дополнительные – между ними. Затем основные стойки обкладывают кирпичом. Через кирпичную кладку необходимо выпустить закладные полосы для приваривания декоративных решеток. По рельсам выкладывают 3–4 ряда кирпича, а уже по ним – камни. Чтобы камни не выпадали и лежали ровно, устанавливают временную опалубку. Ее роль могут выполнять щиты из досок, ДСП или старых дверей. Щиты крепят стальными прутками, воткнутыми в землю, а сверху связывают деревянными брусками. После снятия опалубки пустоты между камнями заделывают раствором.

Для предотвращения перекашивания столбов калитки вверху между стойками варивают мощную перекладину, а внизу стойки и фундаменты соединяют связями. Цоколь забора сверху закрывают кровельным железом, которое прибивают к деревянным закладным деталям.

В процессе кладки швы между кирпичами расшивают, поверхность очищают от раствора. Бутовую кладку чистят металлической щеткой.

Когда каменные работы будут закончены, приваривают декоративные решетки и навешивают калитку. Для установки домофона к каркасу необходимо заранее приварить стальную коробку и для протаскивания проводов заложить стальную проволоку.

Стальные элементы грунтуют и окрашивают, кирпичную кладку покрывают светлым лаком.

## Металлические ворота

Распашные ворота строят, как правило, по одной схеме – из двух половин (створок) высотой 1,6–1,8 м. Общая ширина ворот должна составлять 3,2–3,5 м для въезда во двор



грузовых автомашин и 2,4–2,6 м – легковых. Каждая створка представляет собой металлическую или деревянную раму, обшитую каким-либо материалом. Если проем распашных ворот не превышает 3 м, то можно сделать их и одностворчатыми, но это создаст чрезмерно большую нагрузку на подвес. В распашных воротах створки навешивают на петли амбарного типа, которые крепятся к воротным столбам по краям проема. В зависимости от тяжести ворот на каждой стойке монтируют две или три петли. Створки распахивают на улицу или во двор в зависимости от места крепления петель и наличия свободного пространства перед забором или за ним. А для частого прохода во двор обычно делают небольшую калитку, обычно шириной около 1 м. Она может быть как отдельно стоящей, так и встроенной, составляя с одной из створок ворот единую конструкцию. По стилистике калитка – это ворота в миниатюре. Обычно ее выполняют из тех же материалов, что и забор с воротами.

Все столбы для ворот сооружаются на фундаменте, заложенном ниже глубины промерзания. Обычно шурф для установки столба бурят глубиной 1,5–1,7 м. Если на участке преобладают пучинистые грунты, то в этом случае в земле на той же глубине бетонируют рамную конструкцию П-образной формы по всей ширине проема. Потом к ее арматуре приваривают трубу столба, чтобы при подвижках почвы вся конструкция ворот «гуляла» целиком. Только в этом случае ворота не перекосятся, створки будут всегда сходиться, а язык щеколды – совпадать с проушиной. У металлических столбов полезно нижнюю часть столба промазать солидолом, тавотом или другой консистентной машинной смазкой. Такая конструкция при пучинистом грунте не будет плотно обжиматься и не позволит при промерзании и оттаивании вытолкнуть столбы с воротами вверх. Кроме того, смазка предохранит металл от коррозии.

Расстояние между уровнем дороги и нижней кромкой ворот или калитки обычно составляет около 5 см. Если же этот зазор оставить в пределах 10–15 см, то ворота без затруднения откроются и при достаточно толстом снежном покрове.

## Ворота из профнастила

Вначале нужно определиться с шириной и высотой ворот. Обычно их ширина редко превышает 3 м, а высота равна высоте забора. Если ворота будут устанавливаться в уже имеющийся забор с бетонными или кирпичными столбами, следует учесть размеры боковых стоек ворот, которые нужно будет прикрепить к заборным столбам. Такие стойки изготавливают из профилированной трубы  $60 \times 60 \times 2$  мм или  $40 \times 60 \times 2$  мм. Если есть возможность вплотную к столбу вырыть котлован, стойки надо забетонировать, приварив внизу к ним отрезки арматуры или полосы (рис. 82). Стойки строго вертикально выставляют с помощью отвеса или уровня и крепят к столбу с помощью анкеров, после чего заливают котлован бетоном. Если же забетонировать стойки невозможно (например, из-за имеющегося фундамента, который нежелательно взламывать), придется обойтись только анкерным креплением. В любом случае стойки должны иметь длину немного ниже, чем высота столба, – вровень с верхним обрезом ворот.

Если же работа ведется с новым забором, целесообразно установить стойки ворот из профилированной трубы  $80 \times 100$  мм с толщиной стенок 7 мм. При желании их впоследствии с трех сторон можно обложить кирпичом или скрыть за настилом забора.

После того как застынет бетон, можно приварить к опорам петли.

Для изготовления створок понадобятся профилированные трубы  $40 \times 20 \times 2$ . Можно использовать и водопроводные трубы  $1/2''$ – $3/4''$ , а также уголок с полкой от 40 мм. При использовании уголка в них следует перед сваркой вырезать полки (рис. 82, узел II). Но в любом случае сваривать раму нужно только на идеально ровной поверхности, не допуская ни малейших перекосов в плоскости створки, выверив ее по горизонтали уровнем и проверяя каждое соединение угольником как до, так и после сварки. Затем измерьте и сравните диаго-

нали рамки, чтобы убедиться в ее прямоугольности, после чего можно приварить укосины. Их рисунок может быть разным, главное – обеспечить створкам жесткость. Дополнительно по углам рамы можно наварить треугольные косынки из листовой стали толщиной 3 мм.

Для того чтобы стопорить ворота в закрытом положении, понадобятся задвижки – по одной на каждую створку, если у ворот не предусмотрена верхняя перемычка, или по две, если ворота сверху перекрыты. Задвижки можно купить готовые, а можно их сделать самостоятельно. Для нижних задвижек используются отрезки оцинкованной трубы 3/4" и арматурной стали #12 мм (рис. 82, А – А).

Более сложные верхние задвижки можно изготовить из отрезков оцинкованного стального уголка 32 × 50 × 4 мм, оцинкованных труб 3/4" и 1/2", стального прутка #12 мм и стального уголка 25 × 25 × 4 мм (рис. 82, узел III). Такие задвижки обеспечивают плотное закрытие створок ворот относительно верхней перемычки и при необходимости их запора на верхний навесной замок.

Сначала нарежьте все детали задвижек на нужные отрезки. Затем на верстаке к уголку 32 × 50 × 4 мм надо приварить отрезок стальной оцинкованной трубы 1/2", вложив в нее для контроля стальной прутки #12 мм. К последнему приваривается под углом 90° небольшой отрезок прутка с кольцом из оцинкованной трубы 3/4" и ограничители хода шкворня из стального уголка 25 × 25 × 4 мм. Под шкворни в короткой полке надо сделать небольшие прорезы. Как верхние, так и нижние задвижки приваривают к створкам, прикрутив их в нужном месте мягкой проволокой к профилю рамы.

Для крепления створок к ним и к стойкам ворот нужно приварить петли. Так как стальная труба створки имеет толщину стенки 2 мм, для усиления крепления под каждую нижнюю часть цилиндрической воротной петли нужно приварить отрезок уголка с полкой 25 мм (рис. 82, узел II). Такое же усиление нужно и для стойки, если она сделана из профилированной трубы с толщиной стенки 2 мм. Но вначале надо приварить петли к створкам.

После того как все сварочные работы со створками закончены, к ним саморезами по металлу крепятся листы профнастила. Постарайтесь так подобрать направление обшивки, чтобы листы не имели швов в пределах одной створки. Предварительно следует всю конструкцию покрыть грунтом и покрасить.

Если же створки обшивают не профнастилом, а листовой сталью или кровельным железом, то целесообразно вначале зашить раму листами с помощью сварки, а уже затем монтировать на ней навесы и задвижки.

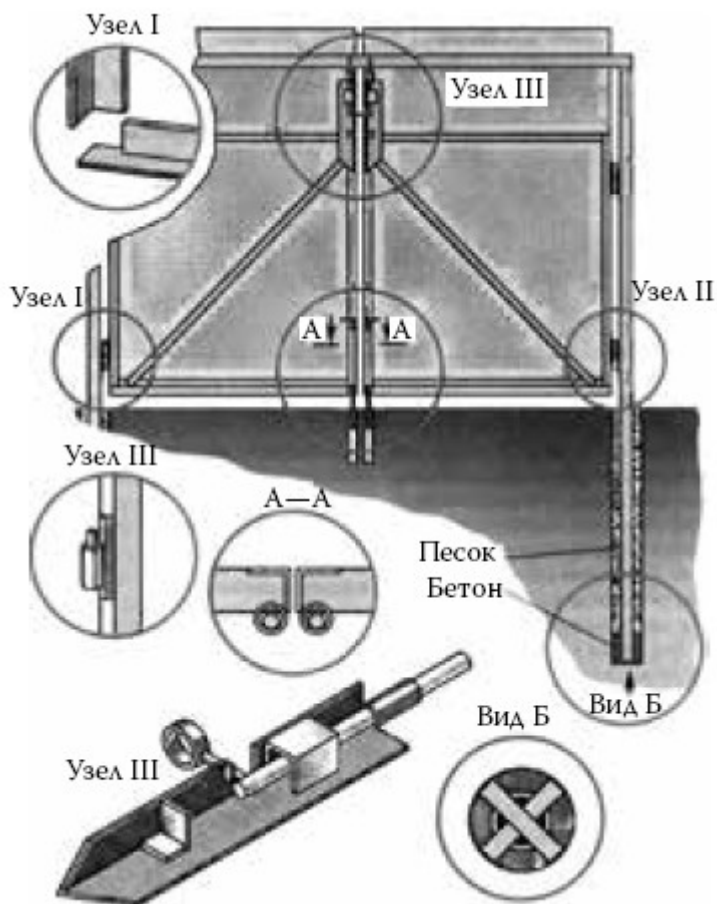


Рис. 82. Ворота из профнастила

Готовые створки поставьте к стойкам на кирпичи, выставьте их по горизонтали и вертикали, зафиксируйте относительно стоек мягкой проволокой, после чего приваривайте петли. В завершение работ сделайте под воротами при помощи бура отверстия глубиной примерно 0,5 м, вставьте в них металлические трубы, куда будут входить нижние засовы, и забетонируйте их.

## Ворота из сетки-рабицы

При изготовлении створок ворот можно использовать и сетку-рабицу. В этом случае обе половины ворот делают так же, как и соответствующие секции забора (разумеется, соответствующей ширины), но обязательно ставят раскосы (рис. 83). Петли приваривают к секциям и закрепляют их на столбах. Петли для замка приваривают в середине обеих створок ворот.

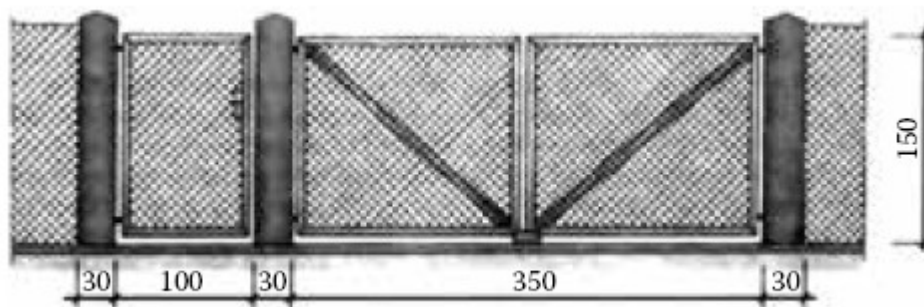


Рис. 83. Ворота и калитка из металлической сетки

## Сварные конструкции для сада и огорода

Частное домовладение предоставляет сварщику поистине безграничное поле для деятельности. Ведь забор – это только внешняя сторона насыщенной жизни мастера-хозяина. На подворье для сварочного аппарата найдется уйма работы. Не верите? Убедитесь сами.

### Инструменты для бурения грунта

При прокладке водопроводных труб, установке столбов и посадке растений часто приходится работать в стесненных условиях – рядом с забором или стеной. В таких случаях гораздо удобнее просверлить отверстие в грунте, а не копать траншею или яму. Для этого подойдет простой почвенный бурав.

Бурав сварен из двух отрезков стального арматурного прутка #16 мм (рис. 84, а). Короткий прутки служит рукояткой. Его концы следует обмотать изолентой или оснастить ручками от велосипеда. На нижнем заостренном конце длинного прутка под углом 15° к вертикальной оси бурава приварены два стальных лезвия толщиной 4 мм с остро заточенными передними режущими кромками. Задние кромки лезвий скруглены.

При работе бурав углубляют в землю и поворачивают на 5–6 оборотов. Затем его вынимают вместе со срезанным грунтом. Операции повторяют до достижения необходимой глубины отверстия. В плотных грунтах может потребоваться промежуточная штыковка дна ямы узкой лопатой с длинным черенком.

Незаменимым помощником на участке станет и перфоратор. Подкормить деревья, взять почву для анализа, проделать отверстие для кола – во всех этих и других случаях без перфоратора не обойтись. Работать им несложно: одним движением инструмент всаживают в землю, затем проворачивают вокруг вертикальной оси и вынимают вместе со столбиком грунта.

В конструкции перфоратора могут быть использованы любые подходящие металлические трубы. Часть цилиндрической поверхности трубы стачивают на точиле или срезают болгаркой. Затем края разреза несколько разводят и затачивают напильником. Сверху на трубу надета и приварена подножка (на нее наступают ногой при работе). Верх перфоратора венчает Т-образная перекладина – ручка (рис. 84, б). Длину рабочей части подбирают по своему росту.

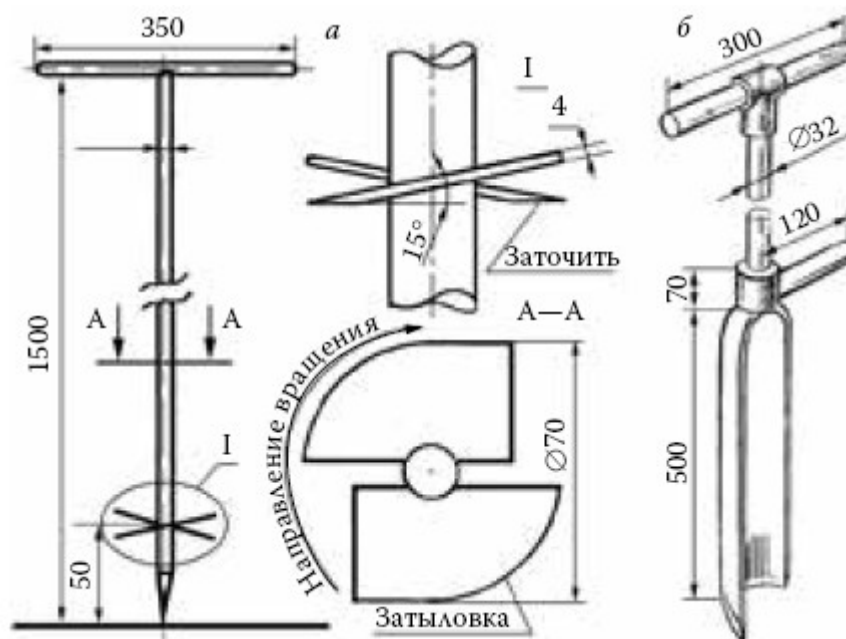


Рис. 84. Инструменты для бурения грунта:  
а – простой почвенный бурав; б – перфоратор

## Мотыги

Мотыга – древнейшее ручное орудие для обработки земли, известное с каменного века. Она представляет собой нечто среднее между киркой и лопатой и состоит из налопатника (рабочего полотна) и длинной рукоятки, с которой образует угол от  $60^\circ$  до  $90^\circ$ . При насадке под углом  $60^\circ$  мотыга при ударе о землю срежет лишь тонкий слой земли. Для изготовления налопатников хорошо подходят сломанные дисковые пилы или лемешная сталь от старых плугов.

Для разных видов работ используют разные мотыги, поэтому стоит заготовить целый комплект мотыг.

Основной мотыгой производится посадка картофеля, а иногда и окучивание. Ширина рабочей части основной (большой) мотыги (рис. 85, а) – около 210 мм. Радиус образующей рабочей кромки – приблизительно 140–160 мм. Внутренний диаметр металлической втулки, соединяющей рабочую часть с деревянной рукоятью, должен быть не менее 4 см. Так достигают необходимой жесткости инструмента при весьма длинной рукояти (порядка 2 м). Металлические детали соединяют при помощи сварки. При этом необходимо обеспечить угол между рабочей частью и втулкой в горизонтальной плоскости порядка  $5\text{--}10^\circ$ , а в вертикальной плоскости – около  $8^\circ$ . Наличие таких углов в сочетании с длинной рукоятью обеспечивает большее удобство при работе с мотыгой.

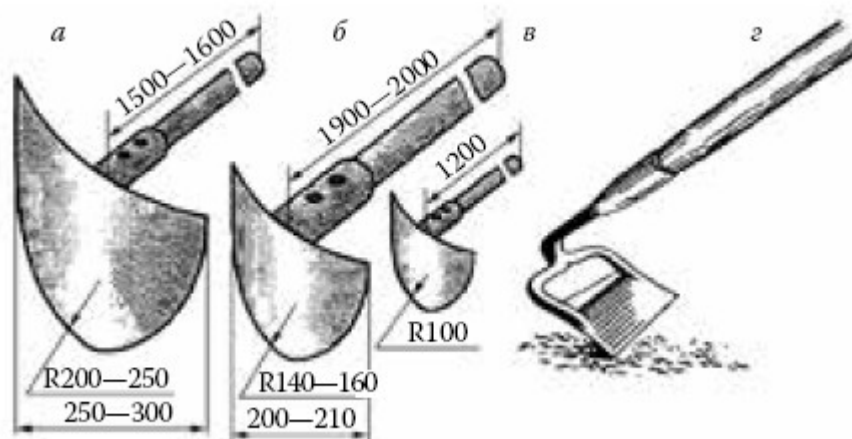


Рис. 85. Комплект самодельных мотыг:

а – большая мотыга; б – средняя мотыга; в – малая мотыга; г – мотыга для липкого грунта

Средняя мотыга (рис. 85, б) используется исключительно при окучивании. У нее увеличены размеры рабочей части: ширина около 25–30 см, а радиус образующей рабочей кромки – около 20 см. Рукоять значительно короче, чем у основной (около 1,5 м), но не менее 4,5 см в диаметре. Такой мотыгой можно быстро подсыпать землю под кусты картофеля на необходимую высоту, перемещаясь по дну борозд, образованных после предыдущих окучиваний. Разумеется, почва при этом должна быть достаточно рыхлой. Тяжелую или очень уплотненную почву предварительно разрыхляют при помощи малой мотыги или тяпки.

Размер рабочей части малой мотыги – 100 × 100 мм (рис. 85, в). Режущая кромка, как и у «старших сестер», тоже имеет полукруглую форму. Рукоять относительно небольшой длины. Это удобный инструмент для работы в промежутках между кустами картофеля в рядах (гребнях) и под кронами деревьев или кустов.

Мотыга для липкого грунта больше похожа на тяпку, отличается окошком, расположенным выше полотна (рис. 85, г). Окошко можно прорезать в рабочей плоскости или приварить полотно к кронштейнам, сходящимся у тулейки. При работе этим инструментом влажная земля не налипает на поверхность лезвия, поскольку при каждом последующем ударе она сдвигается в проем.

## Вилы для копания картофеля

Выкапывание картофеля – операция трудоемкая. На легких и сухих грунтах этот корнеплод обычно убирают штыковой лопатой. Но тяжелая или увлажненная почва прилипает к лопате, затрудняя работу. В таких условиях лучше использовать вилы, которые легче вводить в почву. Однако обычные вилы для подобной работы не приспособлены – зубья у них загибаются, нажимать ногой неудобно, да и прочность их невелика.

Для работы на тяжелых почвах к тулейке обычных вилок можно приварить жесткую косынку из стали толщиной 2,5–3 мм (рис. 86, а). Нижняя часть ее имеет продольную площадку, которая при работе опирается на почву, а край является «осью», вокруг которой поворачиваются вилы, взрыхляя почву.

Однако и такая модернизация не сделает инструмент полностью удобным: картофель через зубья обычных вилок проваливается. Поэтому для регулярной копки картофеля стоит сделать специальные вилы (рис. 86, б).





а – модернизированные; б – специализированные (1 – зуб, сталь, круг 1, 7 шт.; 2 – траверса, труба 25 × 2,5; 3 – тулейка, труба 45 × 2,5; 4 – черенок, береза, #40; 5 – шуруп #4, 2 шт.; 6 – заглушка, стальной лист s2, 2 шт.)

## Садовая тачка

Садоводу, огороднику, строителю не просто обойтись без такого древнего транспортного средства. При перемещении самых различных грузов тачка значительно облегчает тяжелый труд – экономит силы, время, а возможно, и здоровье, когда объемы перевозок значительны. Тачка незаменима даже для тех, у кого имеется мини-трактор или мотоблок с прицепом. Главные ее достоинства – экологичность и бесшумность, а потому тачку можно использовать даже внутри помещений. Чтобы тачкой было удобно пользоваться на небольшом приусадебном участке, она должна проходить по узким и неровным дорожкам, через достаточно узкие калитки. Поэтому ее целесообразно сделать одноколесной. При этом тачка должна иметь грузоподъемность порядка 80—120 кг, расстояние между ручками должно быть 60–65 см, а расстояние от ручек до земли в транспортном положении – порядка 70–75 см. Эти базовые параметры и заложены в конструкцию металлической одноколесной тачки (рис. 87).

Любая тачка состоит из кузова или платформы, ходовой части – колеса или колес и шасси, объединяющего кузов, ходовую часть и «органы управления» – ручки. Основным и наиболее сложным в изготовлении элементом тачки является кузов – емкость или платформа для размещения соответствующего груза. В предлагаемой тачке кузов имеет очень простую форму – это половина параллелепипеда. Сделать такой кузов очень легко. Для этого берем прямоугольный лист стали толщиной 1,6–2 мм, шириной 500 мм и длиной 1900 мм и разрезаем так, как показано на рис. 87, в. Заметим, что по линии ДЕ лист можно согнуть на угол АВС, равный приблизительно 100°. Из получившихся заготовок сваривают кузов (рис. 87, г). При указанных размерах объем кузова равен 82 л, его глубина – 360 мм, а вес – 10–15 кг в зависимости от толщины стального листа.

После того как изготовлен кузов, привариваем к нему элементы шасси. Конструктивная схема шасси (рис. 87, д) выбрана исходя из геометрии кузова. Кроме того, при такой компоновке минимизирован вращающий момент, действующий в транспортном положении на линии «ось колеса – ручки», т. е. груз в кузове располагается как можно ближе к оси колеса.

Для рычагов и рукояток используют стальной уголок 32 × 32 мм и отрезки водопроводной трубы 3/4". Чтобы конструкция тачки была достаточно прочной и жесткой, применены ребра, стойки и накладки из стального уголка 25 × 25 мм. Основание тачки изготовлено из уголка 40 × 40 мм. Оси колеса фиксируют стальными планками.

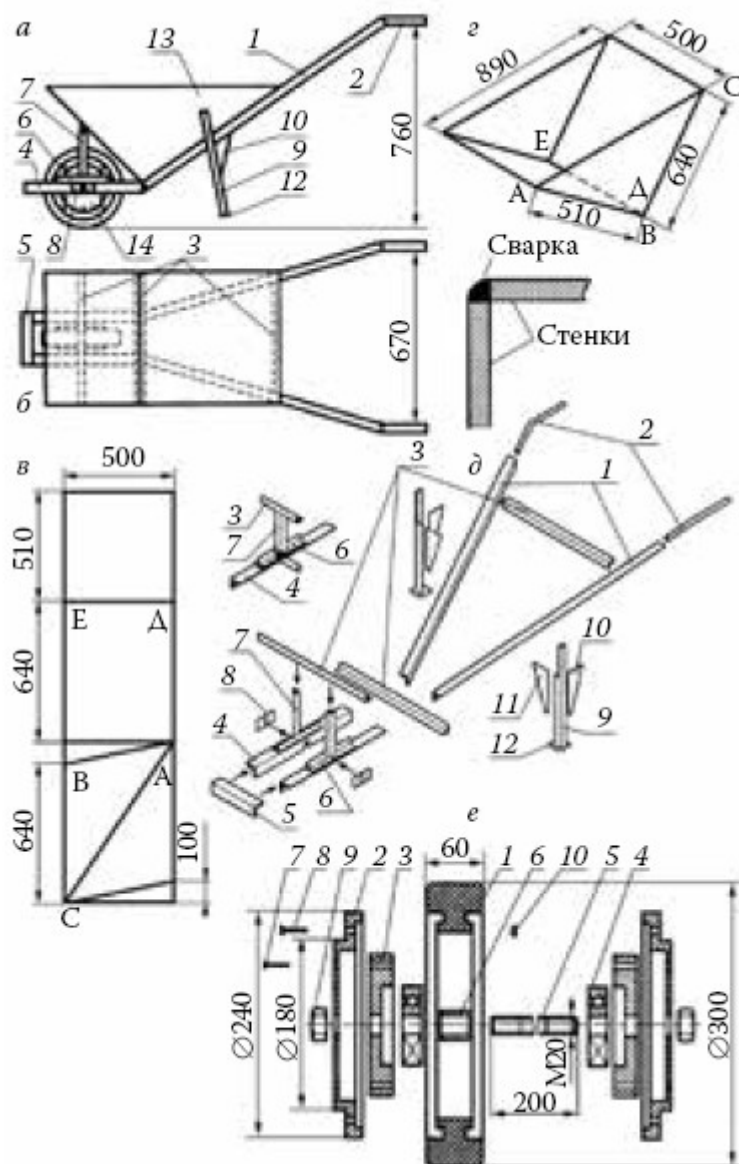


Рис. 87. Простая одноколесная тачка:

а, б – компоновочная схема, виды сбоку и сверху (1 – рычаг; 2 – рукоятка; 3 – ребро; 4, 5 – основание; 6 – накладка; 7 – стойка; 8 – планка; 9 – стояночная стойка; 10, 11 – поперечная косынка; 12 – опора; 13 – кузов; 14 – колесо); в – раскрой заготовок для кузова; г – компоновка кузова; д – сборочная схема шасси; е – чертеж колесного узла (1 – резиновый обод; 2 – крышка; 3 – обойма; 4 – подшипник № 204; 5 – ось; 6 – втулка; 7, 8 – винты М5; 9 – гайка М20; 10 – гайка М5)

К боковым стенкам кузова приварены стояночные стойки из уголка  $25 \times 25$  мм. Они усилены треугольными продольными и поперечными косынками, изготовленными из остатков раскроя кузова. При сборке тачки необходимо обеспечить зазор около 10 мм между ободом колеса и передней стенкой кузова.

Чтобы тачка имела хорошие ходовые качества, имеет смысл сделать колесо с осью на подшипниках. Можно взять готовое колесо диаметром 280–350 мм, желательно с резиновым ободом и с подшипниками, или же сделать колесо самому. Конструкция колесного узла показана на рис. 87, е. Под подшипники № 204 на токарном станке нужно выточить обоймы.

Предлагаемая конструкция тачки очень удобна для разгрузки как лопатой, так и опрокидыванием от себя при помощи переднего выступа основания.

## Платформенная тачка

В тех случаях, когда приходится часто перевозить крупногабаритные предметы, имеет смысл сделать платформенную тачку. Ось колес проходит здесь поперек грузовой платформы под ее серединой (рис. 88). При такой компоновке практически вся масса груза приходится на колеса, поэтому толкать тачку с грузом не тяжело. Особенностью этой тачки является ровная площадка (платформа) для перевозки крупных грузов, расположенная на удобной погрузочной высоте. Такая конструкция практична при перевозке сена, тюков, мешков, мебели.

Колеса в сборе (шины, диски с ободьями, ступицы и даже оси) можно использовать от сельскохозяйственной сеялки или любые другие, подходящие по габаритам. А для изготовления шасси прежде всего из труб и уголков следует нарезать необходимые детали согласно эскизу (впрочем, в небольших пределах их можно изменить под собственные нужды).

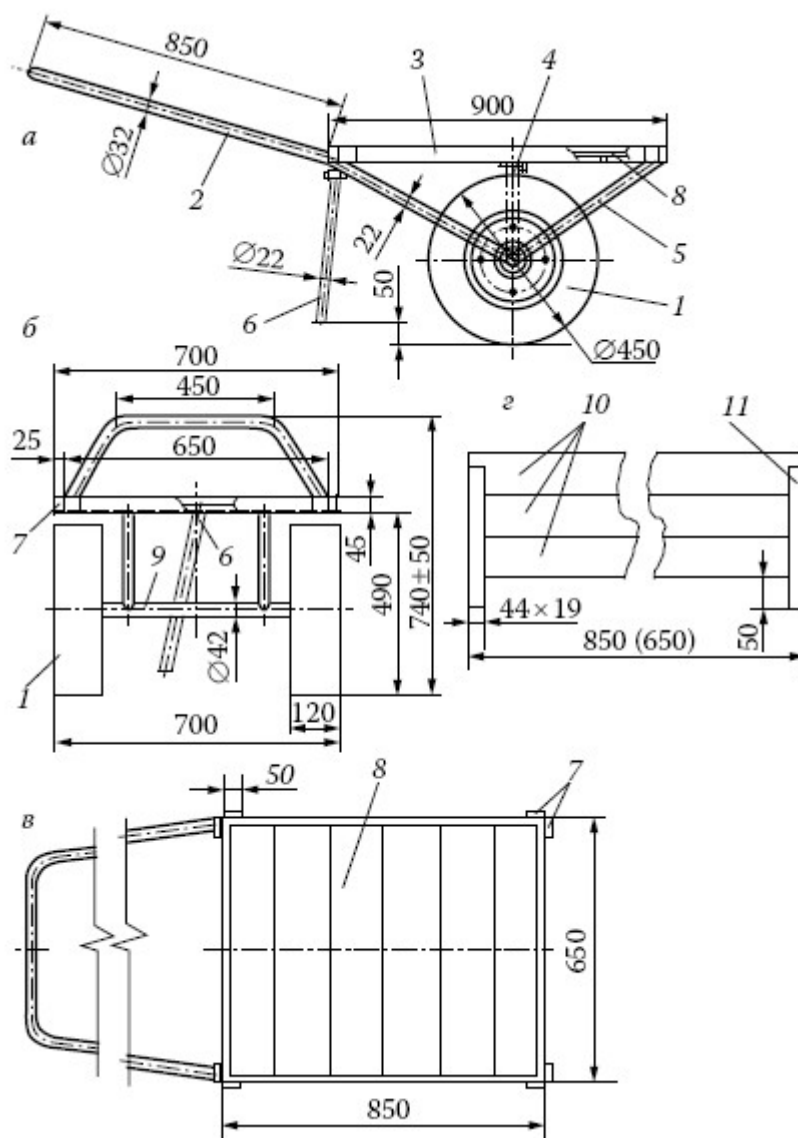


Рис. 88. Двухколесная тачка с центральным расположением оси:

а – вид сбоку; б – вид спереди; в – вид сверху; г – приставной борт тачки; 1 – колесо (от сеялки, 2 шт.); 2 – ручка (труба #32); 3 – рамка платформы-кузова (уголок № 4, 5); 4 – стойка (труба #22, 2 шт.); 5 – подкос (труба #22, 4 шт.); 6 – откидная ножка (труба #22); 7 – кронштейны для установки бортов при перевозке сыпучих грузов (стальной лист s3, 8 шт.); 8 – настил платформы (шпунтованная доска-вагонка s16); 9 – трубчатая балка (труба #42 × 5); 10 – щит (шпунтованная доска-вагонка s16); 11 – стойка (деревянный брусок 50 × 25, 2 шт.)

Сборка начинается с приварки осей колес к трубчатой балке #42 × 5 мм. Затем нужно сварить раму кузова – грузовой платформы. Выставляете ее на стойках на необходимую высоту над собранными колесами и закрепляете при помощи подкосов.

Наконец, из трубы #32 выгибаете ручку и привариваете к раме кузова на удобной высоте (под свой рост) таким образом, чтобы грузовая площадка была наклонена в рабочем положении вперед на 5—10°.

По завершении сварочных работ устанавливается откидная ножка и устраивается деревянный настил площадки кузова (грузовой платформы). В приведенном варианте настил устроен из вагонки (шпунтованной доски) толщиной 16 мм поперек платформы. Если же перевозить предстоит по большей части сыпучие грузы, настил лучше сделать вдоль – тогда их легче будет сваливать с тачки. Кроме того, для сыпучих грузов и длинномеров (дров, досок и т. п.) стоит приварить кронштейны, в которые будут вставляться стойки бортиков. Последние легко и быстро можно сколотить в виде щитов из той же вагонки, что и настил, скрепив между собой парой поперечин-стоек из деревянных брусков подходящего сечения. Стойки надо выполнить с выступающими концами, которые и вставляют в кронштейны.

## Универсальные санки

В зимнюю пору тачка не всегда может служить по назначению, особенно после хорошего снегопада. И порой выясняется, что в хозяйстве нет такого нужного грузового зимнего транспортного средства, как сани. Старые детские санки мало у кого сохранились в исправности, да и слабоваты они были бы для перевозки тяжестей. А современные пластиковые изделия хоть и яркие, но тоже вряд ли подойдут для хозяйственных целей. Между тем сделать крепкие и приспособленные для транспортировки грузов сани совсем несложно.

Несмотря на относительно небольшие размеры, такие сани справятся с перевозкой не только массивных, но и габаритных грузов (рис. 89). Для этого их платформа должна быть выполнена в одной плоскости с передней перемычкой – траверсой. Если же предполагается перевозить сыпучие или упакованные грузы, траверса должна быть приподнята, чтобы служить передним упором для грузового короба. Для универсальных саней траверсу можно приподнять на 2–3 см, тогда и длинномеры будут лежать довольно устойчиво, и упаковке будет куда упираться. Чтобы перевозить слегка перекошенные и свешивающиеся грузы, платформа должна находиться довольно высоко.

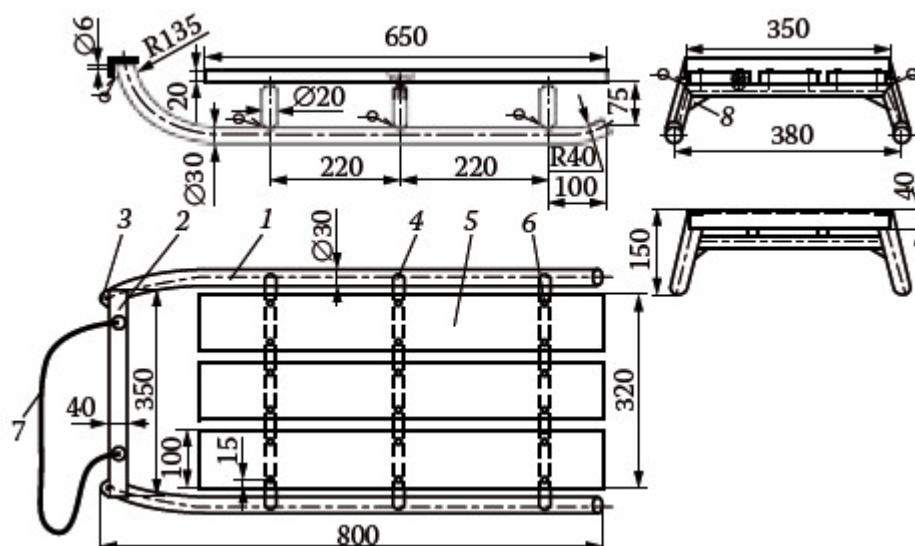


Рис. 89. Хозяйственные санки общего назначения:

1 – полоз (стальная труба #30); 2 – траверса (стальной прокатный уголок 40 × 40 мм); 3 – петля для вожжей (стальная проволока #6 мм, 2 шт.); 4 – стойка-портал (стальная труба #20 мм, 3 шт.); 5 – планка платформы (доска 100 × 20 мм, 3 шт.); 6 – саморез (18 шт.); 7 – вожжи (веревка #7 мм); 8 – косынка (стальной лист s4 мм, 6 шт.)

Делать сплошной платформу нежелательно. Лучше выполнить ее решетчатой, чтобы легче и надежнее крепить грузы, пропуская веревку не только по краям, но и посередине. Для перевозки же сыпучих грузов (снега, песка) все равно придется использовать короб или ящик.

Сначала надо разметить и заготовить отдельные детали: полозя из трубы #30 мм, стойки-порталы из трубы #20 мм. Важно, чтобы все стойки были одинаковыми по размерам. Это же относится и к полозям. Трубы лучше всего изгибать с помощью роликового трубогиба. Если их гнуть в тисках, то даже с использованием песка гладкого изгиба вы не получите, и в этих местах труба будет немного сплющена и ослаблена. В таком случае места изгибов необходимо усилить подкосами из трубы меньшего диаметра или стальными косынками. Задние концы полозя желательно тоже немного загнуть кверху – тогда при необходимости можно будет легко сдавать санки назад.

Заготовки выставляют на ровной плоскости, зажимают струбцинами и сначала лишь слегка прихватывают дугой. После тщательной рихтовки по выставлению параллельности полозя нужно проварить стыки окончательно.

В задние срезы полозя нужно вставить и заварить заглушки, чтобы не набивался снег. Передние концы полозя закрывает поперечина – траверса из стальной полосы или уголка. По ее краям, немного отступив от мест сварки с полозями, просверлите отверстия под вожжи и раззенкуйте кромки. В завершение слесарных работ все сварочные швы обточите на наждаке и доработайте напильником.

Далее надо покрасить все стальные детали. Сначала очистьте их от ржавчины с помощью металлической щетки и наждачной бумаги; затем обезжирьте уайт-спиритом и загрунтуйте. После этого можно покрыть стальной каркас эмалью НЦ в два слоя с промежуточной сушкой.

Платформу можно изготовить из трех продольно расположенных деревянных планок сечением 100 × 20 мм. Подойдет любая несмолистая древесина, но в крайнем случае можете использовать сосну, вырезав смоляные кармашки и обессмолив поверхность с помощью ски-

пидара, ацетона или уайт-спирита. Скрепите доски со стойками саморезами через предварительно просверленные одновременно в обеих деталях соответствующие отверстия. На этом изготовление универсальных грузовых саней можно считать законченным.

Однако бывают случаи, когда такой транспорт не очень удобен. Например, если регулярно приходится возить издалека воду, к тому же по неровной местности, емкость с водой будет на таких санях довольно неустойчива. В таком случае можно сделать специальные водовозные сани. Размером они поменьше предыдущих и проще по конструкции (рис. 90). Вместо стоек здесь установлены ограничители из более тонкой трубы – #14 мм. Площадка тоже отсутствует – 40-литровая алюминиевая фляга опирается прямо на полозья. Последние, как и у универсальных санок, выполнены из стальной трубы #30 мм. Они плавно переходят в сваренную между ними траверсу из такой же трубы, к которой привязывают вожжи.

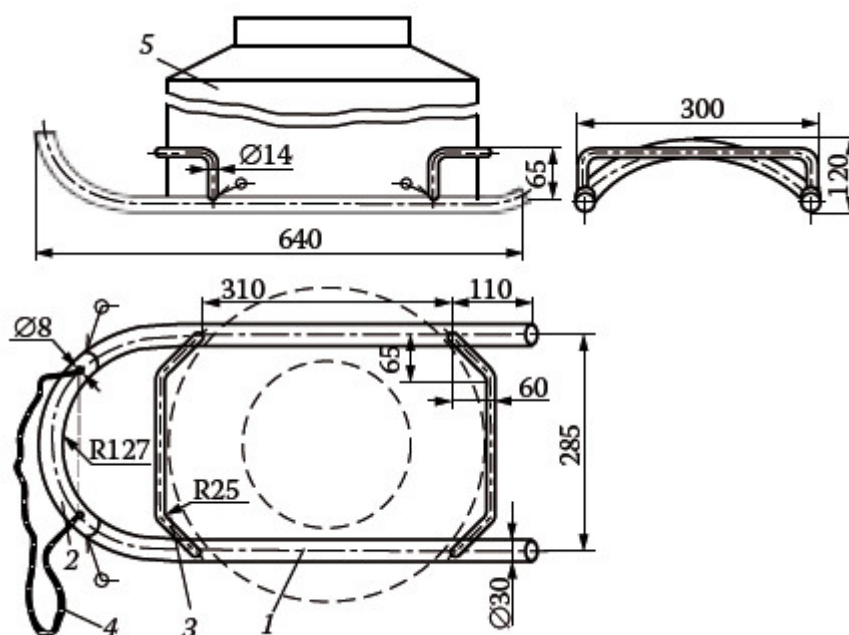


Рис. 90. Водовозные санки (на виде сзади фляга условно не показана):

1 – полоз (стальная труба #30 мм, 2 шт.); 2 – траверса (стальная труба #30 мм); 3 – упор (стальная труба #14 мм, 2 шт.); 4 – вожжи (веревка #7 мм); 5 – фляга для воды объемом 40 л

## Парничок

Для выращивания рассады и ранних овощей садоводы и огородники издавна используют парники. Они позволяют на 1,5–2 месяца продлить вегетацию растений и выращивать многие теплолюбивые культуры с длительным периодом роста. Вариантов постройки парников очень много – от простейших укрытий из пленки до целых зданий «из стекла и бетона». Могут они быть и металлическими, как довольно сложными, так и простыми в изготовлении.

Чаще всего парники и теплицы имеют прямоугольную форму – так их легче строить. Но с функциональной точки зрения укрытия в виде сферы привлекают повышенным соотношением площадей, занятых растениями и необходимых для проходов. Они экономичны, так как на единицу объема требуют минимум площади ограждения, а значит, и минимум конструкционных материалов. До сих пор куполообразные постройки не имели сколько-нибудь широкого распространения в индивидуальных хозяйствах, однако их вполне воз-

можно построить в условиях домашней мастерской, используя сварной металлический каркас.

Такой решетчатый парничок, покрытый полиэтиленовой пленкой, сделать совсем несложно (рис. 91). Его основание сварено из металлических прутьев #8 мм, дужки – из проволоки #6 мм. Размеры сооружения подбираете по своим грядкам – какого-либо стандарта здесь придерживаться бессмысленно. Для ориентира можете принять ширину парничка 1 м, а длину – 2–2,5 м. Для основания достаточно всего трех прутьев, а чтобы пленка на каркасе не провисала, можно переплести дужки капроновым шнуром или увеличить число продольных прутьев. Пленку натягиваете на парник, края подворачиваете под основание и прошиваете капроновой нитью (на рисунке шов показан пунктиром).

Температуру в парнике регулировать просто: когда солнце начинает пригревать, поднимаете одну сторону, подложив под основание пару кирпичей. На ночь кирпичи убираете и опускаете конструкцию. Зимует парничок просто на участке. А чтобы он не ржавел, не забудьте покрасить готовый каркас.

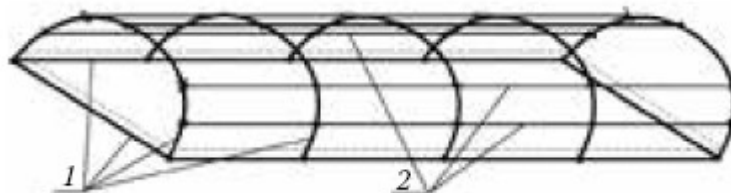


Рис. 91. Парничок:

1 – металлические прутья; 2 – капроновый шнур

## Зеленая ротонда

Сколько бы ни было работы, отдых необходим даже самому трудолюбивому дачнику. Беседка, увитая плющом, виноградом или другими вьющимися растениями, может стать излюбленным местом отдыха для членов вашей семьи. А изготовить ее совсем нетрудно. Фактически ее конструкция мало отличается от рассмотренной в начале этого раздела оконной решетки или вышеописанного парничка.

Цилиндрическая беседка-ротонда сделана из отрезков арматурной проволоки #8 мм, нижние концы которых вертикально закреплены в кирпичах кольцевого основания, а верхние, изогнутые к центру и соединенные вместе, образуют своеобразный купол (рис. 92). Прочность конструкции придают горизонтальные переплетения из той же арматурной проволоки. Вход в беседку – через проем сводчатой формы. Для такого ажурного шатра потребуется около 50 шт. красного полнотелого кирпича и 310 пог. м арматурной проволоки #8 мм.

Начинают постройку с выбора подходящей площадки и разбивки основания. В центре будущей беседки вбивают в землю колышек и, привязав к нему шпагат или бечевку, размечают на земле две концентрические окружности с радиусами 1,75 м и 1,9 м. Затем из получившейся кольцевой канавы вынимают верхний слой грунта на глубину 15–20 см, вместо которого засыпают слой песка толщиной 10–15 см, обильно поливая и утрамбовывая его.

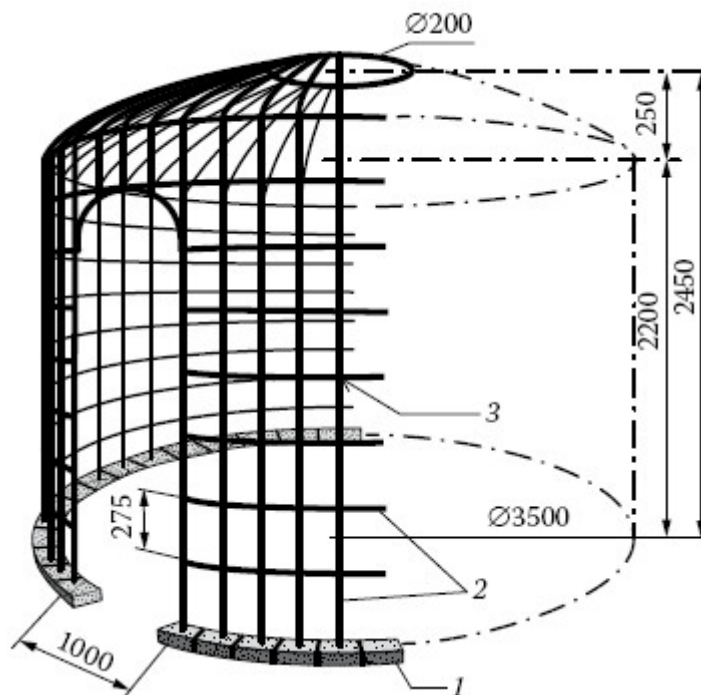


Рис. 92. Зеленая ротонда:

1 – кирпичи фундамента; 2 – прутья из арматурной проволоки #8 мм; 3 – места сварных пересечений

Уложив на подготовленное основание с небольшими промежутками кирпичи и подсыпав и уплотнив песок в зазорах между ними, получают фундамент основания будущей беседки. Кирпичи должны лежать горизонтально, а их верхние поверхности – находиться вровень с площадкой.

Для установки арматурных стержней в центре каждого кирпича сверлят отверстие #8 —10 мм. Сделать это лучше электродрелью с твердосплавным сверлом. При установке прутьев не забудьте пропустить 4 кирпича – в этом месте будет находиться вход в беседку. Если вы желаете сделать проход шире или уже чем 1 м, пропустите больше или меньше кирпичей, исходя из того, что длина каждого – 250 мм.



Чтобы кирпичи не раскололись, вначале просверлите отверстия более тонким сверлом (#3–4 мм), а затем рассверлите их до необходимого диаметра.

Заделав на цементном растворе в отверстиях отрезки арматурной проволоки длиной примерно по 4 м каждый, их изгибают к центру беседки на высоте 2–2,2 м. От радиуса изгиба будет зависеть форма купола беседки. Сведенные в центре концы арматуры приваривают к центральному кольцу #200 мм.

Затем приступают к формированию центральной обвязки. Горизонтальные ряды располагают на расстоянии 275 мм друг от друга. Места пересечений прутьев арматуры прихватывают сваркой, предварительно зафиксировав струбцинами.

Готовую беседку покрывают грунтовкой по металлу вокруг беседки, например ПФ, и красят в неброский цвет. В завершение следует посадить вьющиеся и плетистые растения.



Уже к концу первого летнего сезона они обовьют каркас и сделают его практически незаметным и непродуваемым, создавая впечатление невесомого зеленого купола. Даже во время самой сильной летней жары в этой беседке будет прохладно и свежо, а увитая красивыми цветами и листвой конструкция беседки вызовет восторг у ваших гостей.

## Конструкции металлических печей

Печь в частном домовладении – вещь незаменимая. Даже при возможности подключения к центральному отоплению наличие очага делает жизнь намного комфортнее. Причем печи могут быть разные. В доме самое уютное место – у камина. В садовых печах сжигают мусор, сухие ветки и траву. На мангале жарят шашлыки. Ну и какое же подворье без баньки? А главный элемент бани – печь-каменка.

Возможно, камин для гостиной варить из железа не стоит. Что же касается остальных разновидностей печей и печурок, то здесь сварщику есть где приложить электрод.

### Простая каменка из бочки

Простую печь-каменку можно сделать из обыкновенной железной бочки (рис. 93).

В бочке произвольного размера размечаем дверки и определяем высоту водяного бака, если он необходим. По этой высоте надо вырезать прямоугольный лист, вставить в бочку, прижать к ее стенкам и приварить. Затем приваривают дно бака и крышку, после чего устанавливают дверки и кран для воды.

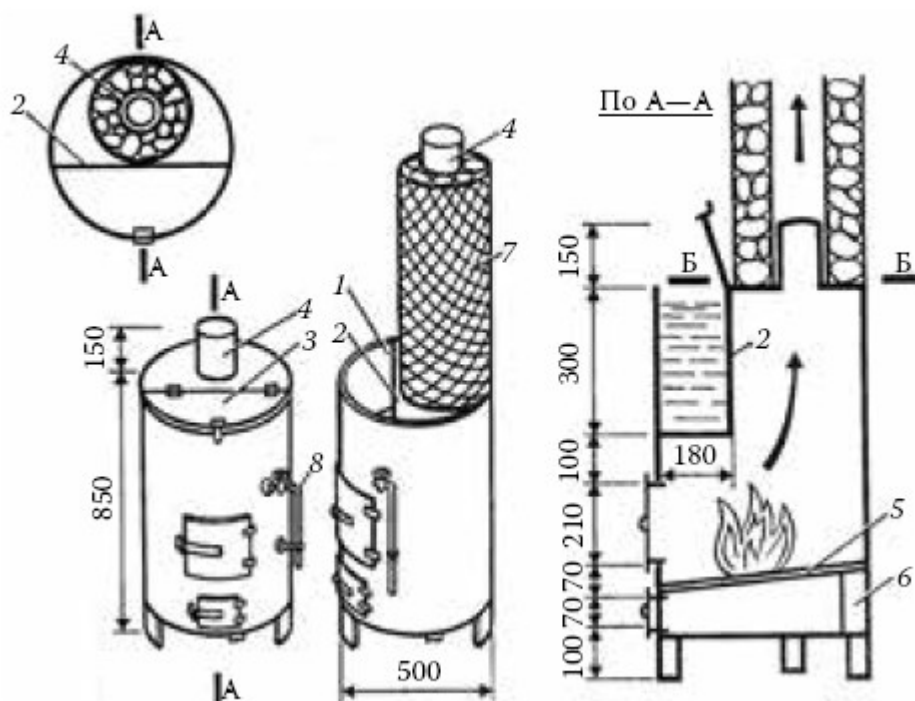


Рис. 93. Железная каменка-бочка:

1 – корпус (бочка); 2 – стенка бака для воды; 3 – крышка; 4 – патрубок дымовой трубы; 5 – колосники; 6 – кирпич; 7 – сетка-рабица; 8 – кран для воды

Вниз вставляют колосники. Это могут быть и стандартные чугунные изделия, и металлическая решетка из прутьев. Ее можно положить на кирпич, а лучше весь топливник футеровать кирпичом. Печь можно сделать без поддувала, но тогда топочная дверка должна быть с отверстиями.

Сверху вырезают отверстие для трубы. К нему приваривают патрубок, на который ставится труба. На трубу надевается чулок из сетки-рабицы, в который засыпают каменку из

бутового камня, речной гальки и т. п. Во время топки печи труба сильно накаляется, от нее накаляются и камни. Вместо сетки вокруг трубы можно сварить из арматуры решетку круглой формы.

Дымовую трубу изготавливают из кровельного железа, в ней на выходе из помещения устанавливается задвижка, также изготовленная из кровельного железа. Чтобы получить от печи больше тепла, трубу можно повесить под потолком вдоль помещения на проволоке.

## Простая печь-каменка

Металлическая печь, изображенная на рис. 94, имеет габариты 50 × 60 × 100 мм, вес без камней – 80 кг. Ее можно ставить прямо на бетонный пол. Топочная часть сварена из 5-миллиметровой стали, все остальное – из стального листа толщиной 2,5 мм. К топочной части с трех сторон крепится экран из стали толщиной 2 мм, который защищает от теплового излучения печи и обеспечивает конвекцию воздуха. Экран не доходит до пола примерно на 10 см – в этот зазор втягивается холодный воздух, а сверху выходит теплый поток. Циркуляция воздуха в несколько раз увеличивает теплоотдачу печи.

В верхней части топки просверлены два отверстия, в них вставлены водопроводные трубы 3/4". К ним на сгонах через гибкий подвод подсоединяют бак, который находится в душевой. При топке печи вода в трубе нагревается и поднимается в бак, ее место благодаря естественной циркуляции занимает более холодная.

Дымовая труба может быть из черного железа, но самый дешевый и в тоже время надежный способ – использовать канализационную чугунную трубу #100 мм. Она долговечна и имеет с одной стороны раструб #120 мм, который подходит ко всем печкам и трубам. Труба проходит перекрытие потолка через засыпанный керамзитом короб, согнутый из оцинкованного кровельного железа.

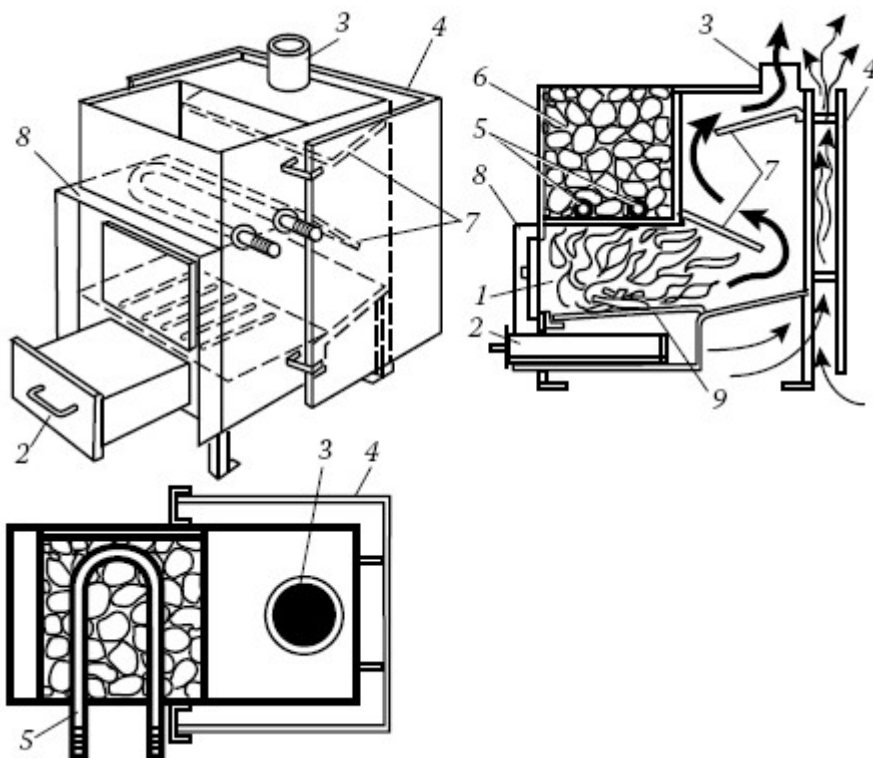


Рис. 94. Печь-каменка:

1 – топка; 2 – зольный ящик; 3 – дымоход; 4 – экран; 5 – водонагревательная труба; 6 – контейнер для камней; 7 – ограждающие кулисы; 8 – козырек; 9 – колосник

## Мангал

Мангал – переносная металлическая жаровня в виде продолговатого ящика на ножках – пользуется огромной популярностью не только у любителей «выезда на природу», но и у дачников. Его можно увидеть и на частном подворье, и даже на балконе многоэтажки.

Основная часть мангала – жаровня – имеет форму ящика, днище и стенки которого приварены друг к другу сплошным швом. Длина ящика зависит от того, какое максимальное количество шампуров вы намереваетесь одновременно размещать на жаровне, но надо помнить, что от этой длины очень зависит расход дров. Ширина жаровни выбирается по длине рабочей части шампуров. Высота стенок (глубина жаровни) тоже может быть разной. И здесь подсказка кроется в одном нехитром секрете. Он состоит в том, что днище мангала должно быть выложено красным кирпичом (лучше – жаростойким). Кирпичи укладывают плашмя без раствора, впритык один к другому. Этот керамический слой не мешает ни розжигу, ни горению дров, а лишь вбирает в себя тепловую энергию, не допуская перегрева днища и нижней части стенок металлического короба. Когда же дрова прогорят, хорошо прогретые кирпичи равномерно распределяют жар углей по всему коробу мангала, что улучшает качество и скорость приготовления блюд, полуфабрикат прожаривается более равномерно как по поверхности, так и по глубине. К тому же экономятся дрова.



При выезде на пикник кирпичи вместе с мангалом везти не обязательно. Можно засыпать днище соответствующим слоем «местного» песка или глины. Это хоть и не так эффективно, как кирпичный слой, но все же лучше, чем его отсутствие.

С учетом вышеизложенных соображений высота стенок мангала должна составлять приблизительно 200 мм, размеры короба тоже подгоняют под кирпичную закладку<sup>27</sup>. Его сваривают из листовой стали толщиной 3–4 мм согласно чертежу (рис. 95, а – б). В длинных стенках мангала просверлены по 5–6 отверстий #15 мм на расстоянии 80 мм от днища. Эти отверстия выполняют функции поддувала в печке – способствуют доступу кислорода, необходимого для горения дров.

---

<sup>27</sup> Стандартные размеры одинарного кирпича 250 × 120 × 65 мм.

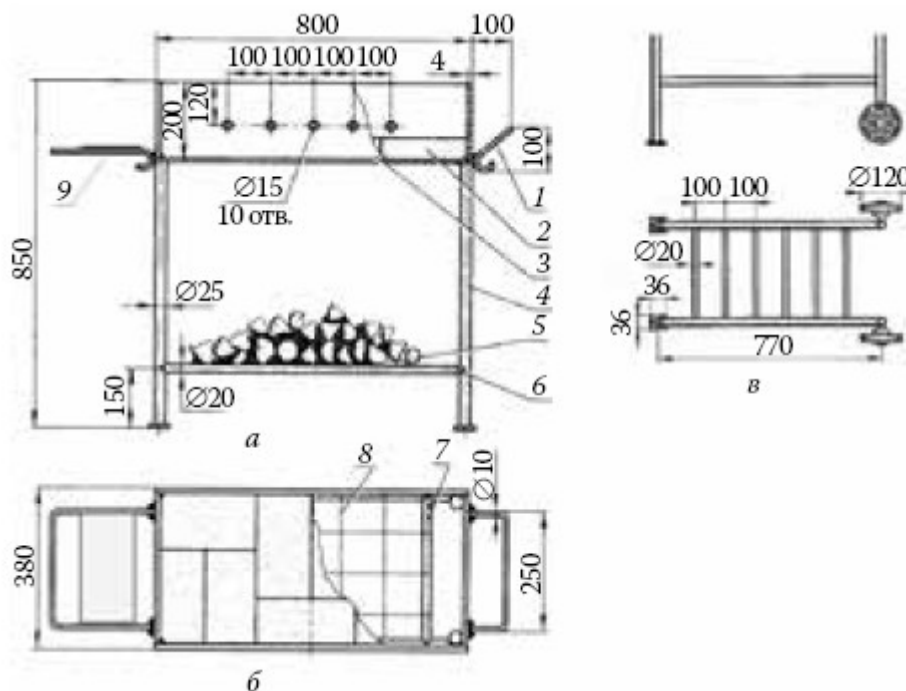


Рис. 95. Мангал:

а – вид сбоку; б – вид сверху (в сечении показана нижняя сетка); в – устройство ножек на колесиках; 1 – ручка с крючками (проволока #10 из нержавеющей стали, 2 шт.); 2 – под (печной кирпич); 3 – жаровня (стальной лист s4); 4 – ножка (труба 3/4", 4 шт.); 5 – запас дров; 6 – продольная связь (труба 1/2", 2 шт.); 7 – поперечина (труба 1/2", 2 шт.); 8 – сетка (проволока #2); 9 – ручка со столиком

Снизу к днищу ящика-жаровни приварены по углам четыре ножки, выполненные из одинаковых отрезков старой водопроводной трубы 3/4". К нижним торцам ножек приварены подпятники из обрезков стального листа. Примерно на четверти высоты от низа ножки попарно (по длинной стороне) скреплены отрезками полудюймовой водопроводной трубы или уголка 20 × 20. В свою очередь, между собой они соединены двумя поперечинами из того же материала. На получившуюся раму, необходимую прежде всего для устойчивости мангала, можно натянуть проволочную сетку и укладывать на нее для просушки запасную охапку дров. А если есть лишние отрезки трубы или уголка, можно увеличить число поперечин, как показано на рис. 95, в.

Если на вашем участке дорожки ровные, можно на две ножки мангала установить колесики (рис. 95, в). Это позволит передвигать его в одиночку. Но не забывайте о пожарной безопасности – двигать мангал можно лишь тогда, когда дрова не горят, а угли уже остыли.

Может возникнуть необходимость сделать ножки съёмными для зимнего хранения или перевозки в багажнике автомобиля. В этом случае к дну жаровни по углам приварите резьбовые водопроводные муфты на 3/4", а на верхних концах ножек нарежьте соответствующую резьбу. Однако в таком случае сложнее будет жестко связать ножки между собой внизу, чтобы обеспечить устойчивость конструкции.

Другой вариант – сделать съёмной жаровню. Для этого надо сварить по верху ножек обвязку из отрезков подходящих уголков по размерам днища, чтобы на него можно было устанавливать короб жаровни. Тогда конструкцию ножек можно оставить как в основном варианте.

С боков короба к днищу и стенкам приварены ручки для переноски, изготовленные из прутка нержавеющей стали #10 мм. Если их концы со стороны короба загнуть полукольцом,

как показано на чертеже, то получатся удобные крючки, чтобы подвесить кочергу и другие аксессуары. Одну из ручек можно сделать длиннее другой и сверху к ней прикрепить металлическую пластину – столик, на котором удобно держать, допустим, соусы во время приготовления шашлыка.

В готовом мангале следует зачистить все сварочные швы и покрасить все изделие, кроме ручек, кузбасс-лаком. После высыхания лака мангал устанавливают во дворе, а днище жаровни выкладывают насухо печным кирпичом.

## Садовая «буржуйка»

После обрезки деревьев, при строительстве и ремонте хозяйственных построек на приусадебном или садовом участке скапливается мусор. Как правило, его сжигают на костре, но можно поступить более цивилизованно, если изготовить специальную печь. К тому же такая садовая «буржуйка» может послужить и для обогрева осенними вечерами. Сделать ее совсем несложно. Для этого понадобятся всего-то железная бочка с прохудившимся дном, 32 керамических кирпича, немного листового и пруткового железа и сварочный аппарат.

В бочке – корпусе печи – размечаем отверстия под поддувало и дверцу топки и вырубам или выпиливаем их «болгаркой» (рис. 96, а). К верхнему обрамлению бочки привариваем с равным шагом 4–6 стоек из прутка #10–12 мм. Из такого же прутка сгибаем кольцо и привариваем к стойкам. Высота стоек должна быть такая, чтобы кольцо отстояло от верха бочки на 30–40 мм. На это кольцо опирается зонт с дымоходом, трубой и флюгаркой. Последняя представляет собой колпак из жести, который крепится на кронштейнах для предотвращения попадания в трубу осадков.

Зазор между корпусом и зонтом, обеспечиваемый кольцом, необходим для хорошей тяги. После розжига топки в этот зазор устанавливаем крышку из листового железа толщиной 5–6 мм с отверстием дымохода в центре #140–150 мм.

Печку изнутри футеруем керамическим кирпичом на глиняном растворе. Схема футеровки показана на рис. 96, б. Кирпичи укладываем на дно бочки стоймя и швы между ними заделываем глиняным раствором. При этом между кирпичом и металлической стенкой не должно быть пустот. После укладки первого ряда на кирпичи кладем колосниковую решетку, изготовленную из обрезков металлических прутков #8–10 мм. Затем кладем второй и последующие ряды кирпича.

Теперь надо дать раствору высохнуть. За это время изготовим вытяжной зонт с дымоходом. Он может иметь вид или усеченного конуса, соединенного с цилиндрическим дымоходом, или усеченной пирамиды с дымоходом квадратного сечения. К двум граням зонта крепим ручки.

Топить печь можно через сутки. После розжига по мере сгорания мусора и разогрева печи снимаем зонт, крышку и загружаем печь сверху полностью, после этого устанавливаем крышку и зонт на место.

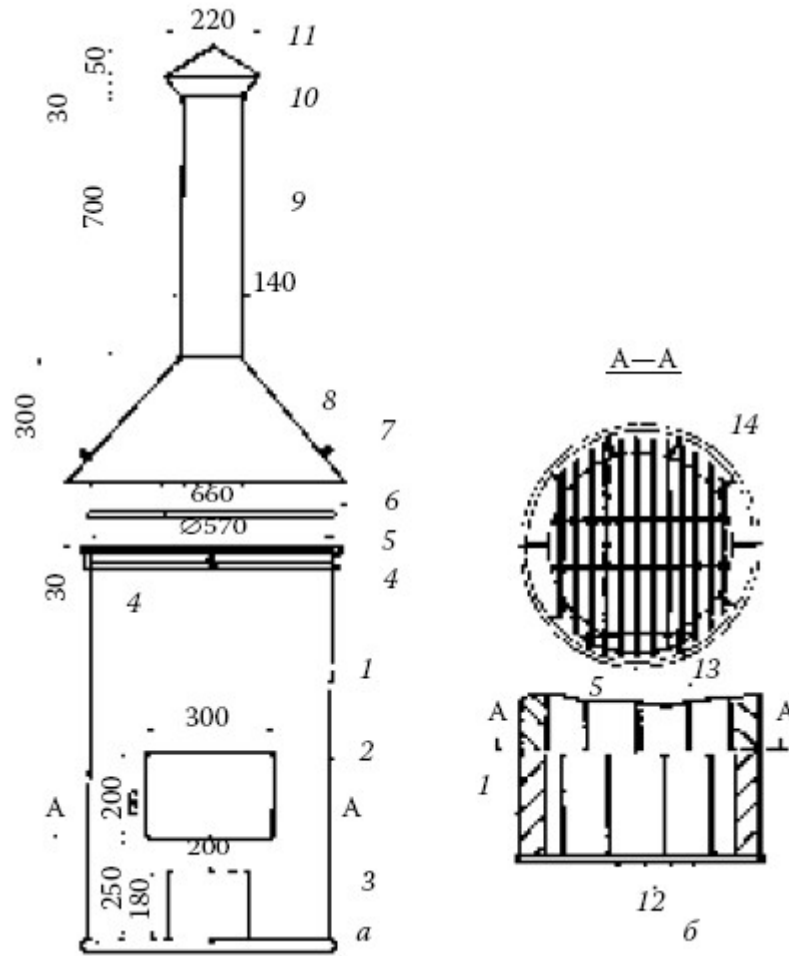


Рис. 96. Садовая печь:

а – общий вид; б – схема футеровки; 1 – корпус (бочка); 2 – топочная дверца; 3 – поддувало; 4 – стойки; 5 – кольцо-опора; 6 – крышка; 7 – ручка; 8 – вытяжной зонт; 9 – дымовая труба; 10 – кронштейны; 11 – флюгарка; 12 – первый ряд футеровки; 13 – второй ряд футеровки; 14 – колосниковая решетка

## Металлические лестницы

Необходимым элементом каждого дома и подворья являются лестницы. При этом металлические лестницы пользуются заслуженной популярностью, во многом превосходя деревянные конструкции. Они не гниют под дождем и снегом, не рассыхаются со временем, не подвержены истиранию, выдерживают значительные нагрузки и не скрипят.

Впрочем, есть у таких лестниц и недостатки, скажем, они издают отчетливый шум и стук при ходьбе, подвержены коррозии, опасному скольжению и, с точки зрения эстетики дизайна, формируют во внутреннем пространстве холодную и несколько недружелюбную атмосферу. К тому же для изготовления красивой и удобной лестницы из металла, которая удачно впишется в интерьер жилого помещения, кроме высококачественного материала, потребуется высокое мастерство и профессионализм исполнителя. Поэтому чаще всего железные лестницы расположены в хозяйственных помещениях, гаражах, подвалах или снаружи дома. Внешний вид лестниц, находящихся не на виду, может быть менее презентабельным, и выполнение такой работы вполне под силу менее квалифицированному сварщику.

В любом случае надо помнить, что изготовление металлической лестницы – трудоемкий и ответственный процесс. Независимо от сложности выбранной конструкции необходимо обеспечить безопасность, надежность конструкции и уделить повышенное внимание сварочным швам, стыкам и углам.

### Основные принципы конструирования лестниц

Любая лестница состоит из ряда последовательно уложенных ступеней, который называют лестничным маршем. В стационарных лестницах марш соединяет две лестничные площадки и опирается на них. Число ступеней в марше не должно превышать 15. Ширина лестничных площадок равна маршу, а длина определяется имеющимся пространством и величиной шага. Важно сохранить непрерывность величины шага до следующего подъема марша. Кроме того, площадки должны иметь достаточную высоту до потолка или ската крыши для прохода взрослого человека.

Во внутридомовых лестницах ступени марша обычно опираются на одну или чаще – две наклонные балки. Несущие балки, расположенные под ступенями, называют косоурами, по бокам – тетивами. Ступени, в свою очередь, состоят из проступи, на которую ставят стопу ноги, и подступенка. У проступи главным параметром является ширина ( $b$ ), у подступенка – высота ( $a$ ). У открытых лестниц вместо подступенка – пустое пространство между проступями. Такие конструкции более декоративные, они пропускают свет и кажутся легкими и воздушными. Правда, для детей они представляют некоторую опасность.

Практикой установлено: лестница удобна и безопасна, если удвоенная высота подступенка, сложенная с шириной ступени (проступью), равняется среднему шагу человека. Длина шага человека на плоскости составляет примерно 60–64 см. Исходя из этого, высоту и ширину ступеней определяют по формуле:  $2a + b = 57–65$  см.

Выбирая высоту ступени, следует учитывать, что деление высоты лестницы на количество ступеней должно быть без остатка, чтобы все ступени имели одинаковую высоту.

Существуют еще две формулы: «формула удобства» см и «формула безопасности» см, которые необходимо помнить при выборе размеров ступеней. При выборе высоты подступенка и ширины проступи стационарных лестниц следует учитывать, что при слишком узкой проступи нога может с нее соскользнуть. Ширину проступи можно увеличить на 30–50 мм за счет напуска проступи над подступенком. Слишком широкая проступь тоже неудобна, потому что в таком случае приходится делать более широкий шаг. При слишком узкой про-



ступни нога не полностью становится на всю ступню. Высота у всех ступеней должна быть строго одинаковой; несоблюдение этого правила является причиной многих травм, полученных на лестницах.



Для жилых зданий оптимальной считают высоту подступенка 17 см при ширине проступи 29 см. Для входных и межэтажных лестниц можно устанавливать и такие параметры:  $b = 33$ ,  $a = 12$  или  $b = 30$ ,  $a = 15$ .

Важное значение имеет уклон, т. е. крутизна лестницы. Лестницы с уклоном до  $38^\circ$  считаются пологими, а от  $38^\circ$  до  $45^\circ$  – крутыми. Спуск с лестницы с углом наклона от  $45^\circ$  будет возможен только «вперед спиной» (это правило не распространяется на винтовые конструкции). И чем круче подъем, тем больше внимания нужно уделить перилам, сделав их широкими и прочными.

Ширина лестничного марша для основных лестниц жилых зданий высотой до двух этажей не должна быть меньше 0,9 м. Шириной 80 см или менее могут быть лишь вспомогательные лестницы, например лестница в подвал или на чердак. При этом площадь, занимаемая лестницей, прямо зависит от ее вида и комфортабельности. Самая удобная – прямая двухмаршевая, займет в несколько раз больше места, чем винтовая (табл. 27). Но последняя весьма неудобна в эксплуатации и сложна в изготовлении.

Внизу лестницы опирают на усиленные балки или плиты перекрытия и закрепляют у конструкций перекрытия. Непосредственно к доскам пола крепить их нельзя. Самую большую нагрузку создают винтовые лестницы: площадь их соприкосновения с полом и перекрытием невелика. Во избежание проблем с излишней нагрузкой в деревянных домах опорный столб винтовой лестницы желательно разместить над балкой или в непосредственной близости от нее.

Металлические косоуры крепят к закладным элементам с помощью анкерных болтов, а снаружи места расположения последних маскируют декоративными заглушками. Для изготовления косоуров или тетив лучше всего подходит швеллер или двутавр, но можно также применять уголковую сталь, прямоугольный или другие металлические профили (рис. 97).

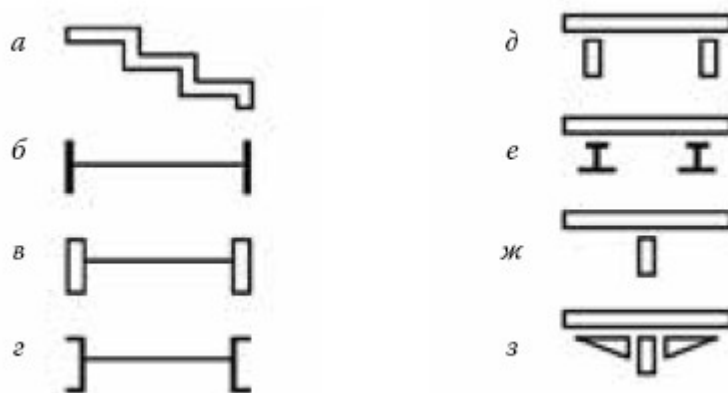


Рис. 97. Профили для изготовления косоуров и тетив:

а – тетива пилообразной формы; б – тетивы из металлического листа; в – тетивы коробчатого сечения; г – тетивы из швеллеров; д – косоуры коробчатого сечения; е – косоуры из Т-образных двутавров; ж – один косоур без кронштейнов; з – один косоур с кронштейнами

Ступени должны быть надежными, удобными, со специальной защитой от скольжения и гармоничным внешним видом. Поверхность металлической ступени обязательно должна быть ребристой или покрытой материалом, который противодействует скольжению, например резиной. Категорически не рекомендуется применять для изготовления ступеней гладкую листовую сталь: в зимнее время она покроется льдом, а летом даже обычная вода делает их скользкими. Идеальный вариант для уличной лестницы – колосниковые проступи из арматуры, которая монтируется с небольшим зазором (5–7 мм). На таких ступенях плохо задерживается снег, а образовавшуюся наледь легко убрать. Можно использовать рифленую листовую сталь и гладкую сталь с прорезями. В крайнем случае на гладкую металлическую поверхность ступеней нужно наварить рубцы или прорезать в них бороздки (рис. 98).

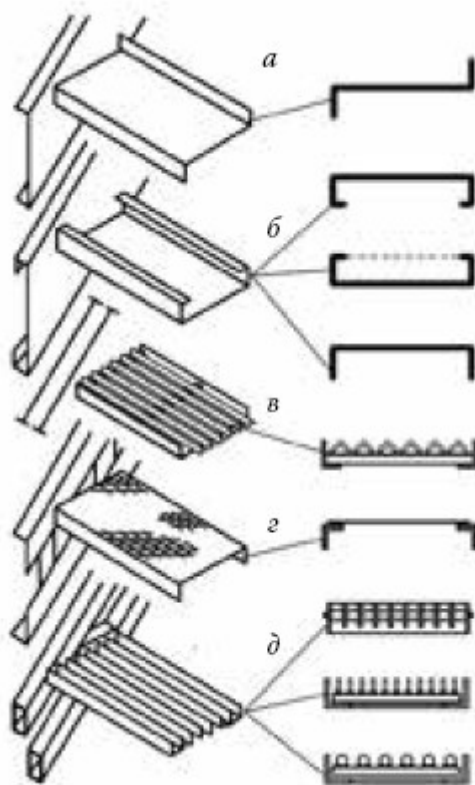


Рис. 98. Схемы типов ступеней металлической лестницы:

а – Z-образный профиль; б – С- и U-образный профиль; в – ступени из комбинированной фасонной стали (уголка); г – профильная сталь с ребристой или рифленой площадкой; д – колосниковые ступени (профильная сталь, полосовая сталь, сталь круглого сечения)

Помимо проступей, нужно обезопасить все элементы конструкции. Все острые углы желательно зашлифовать или скруглить. На поручнях нужно устранить различные зазубрины и заусенцы, которые могут нанести повреждения.

Особое внимание надо уделить крепости сварных швов. Разрушение хотя бы одного элемента конструкции может быть опасно для здоровья и даже жизни. Для работы лучше выбрать электродуговую сварку как самую надежную.

Чтобы лестница служила долгие годы в условиях сырости и холода, надо защитить ее поверхность. Если металл уже подвергся коррозии, то ее можно очистить, в крайнем случае – использовать средство для снятия ржавчины. Когда конструкция очищена, можно обрабо-

тать ее влагостойким покрытием. После этого она будет стоять долго в самых неблагоприятных условиях.

Косоуры и закладные элементы лестниц устанавливают на финальной стадии строительства, перед началом отделочных работ. Остальные элементы (ступени, балясины и т. д.) устанавливают уже после завершения отделки.

## Конструкции металлических лестниц

### *Простая приставная лестница*

Простейшей конструкцией будет, пожалуй, переносная приставная лестница из труб. Ее можно использовать для того, чтобы взобраться на крышу, чердак или дерево, спуститься в погреб или колодец. Такие лестницы устанавливают с уклоном  $65\text{--}80^\circ$  и более. Согласно правилам техники безопасности, тетивы приставных лестниц и стремянок для обеспечения устойчивости должны расходиться книзу. Ширина вверху должна быть не менее 300 мм, внизу – не менее 400 мм. Расстояние между ступеньками лестниц и стремянок должно быть от 250 до 350 мм, а расстояние от первой ступеньки до уровня поверхности установки (пола, земли и т. п.) – не более 400 мм.

Общая длина одноколенной приставной лестницы не должна превышать 5 м. Однако сразу оговорим, что делать лестницы такой длины из черного металла не стоит. Изготовленные из обычных водопроводных труб, они будут прогибаться (особенно если ваш вес выше среднего). В противном случае вес длинной железной лестницы вряд ли позволит с легкостью перемещать ее по участку. Зато небольшая лестница (не длиннее 3 м) хорошо послужит при работах на подворье, а ее создание станет неплохой практикой сварочных работ.

Чтобы сварить приставную лестницу, понадобится стальная газопроводная труба диаметром не менее  $3/4''$  или стальная квадратная труба сечением не менее  $20 \times 20$  мм. Из инструментов нужны рулетка, карандаш, угольник, болгарка и, конечно, сварочный аппарат. Не помешают также струбцины или тиски.

Определить погонаж трубы вам придется самостоятельно. Для лестницы нужно две тетивы, длина которых определяет не только высоту лестницы, но и количество ступенек, а следовательно, и общую длину трубы, из которой предстоит эти ступеньки нарезать. Не забудьте, что для узкой лестницы ширина ступеней будет уменьшаться с высотой. Впрочем, при небольшой длине иногда можно обойтись и без сужения кверху.

В качестве примера рассмотрим приставную лестницу длиной 2 м из стальной квадратной трубы  $20 \times 20 \times 1,2$  мм (рис. 99). Для снижения массы шаг ступеней выбран с небольшим превышением максимально допустимых параметров. Общая длина материала составит 6 м, при этом вес всей лестницы будет равен 4,5 кг. Для устойчивости лестницу можно снабдить опорной площадкой из доски, обработанной составом против гниения. В этом случае к нижним концам тетив следует приварить пятаки с отверстиями под саморезы, которыми будет прикручена опора. Верхними трубами-крючками лестницу можно подвесить на стену или забор высотой до 1,5 м, чтобы опора не соскользнула под весом человека. Следует отметить, что даже при такой небольшой длине лестница под весом человека среднего роста будет чуть прогибаться, но вместе с тем она достаточно надежна. Если же понадобится лестница длиной до 3 м, вертикальные стойки нужно делать из трубы сечением минимум  $30 \times 30 \times 1,5$ , а расстояние между ступенями уменьшить до рекомендованных выше (для ступеней можно использовать трубу меньшего сечения –  $30 \times 20$  мм). Разумеется, вес лестницы при этом возрастет. И даже при высоте 2 м, если вас не беспокоят лишние пара килограммов, стоит сделать не 4, а 6 ступеней, расположив нижнюю на расстоянии 400 мм от земли, а для остальных сделав интервал 300 мм.

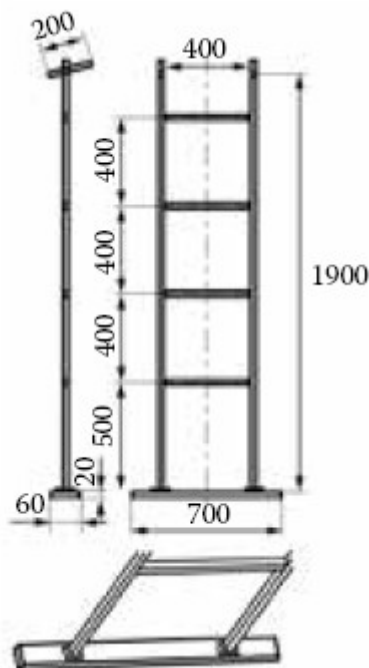


Рис. 99. Простая приставная лестница из металла

#### ***Марш цельнометаллической лестницы***

Для изготовления одного марша входной или междуэтажной лестницы можно воспользоваться простой цельнометаллической конструкцией. Ее тетивы выполнены из швеллера № 8—14, установленного на ребро. Выбор швеллера зависит от длины марша, материала, из которого будут изготовлены ступени, предполагаемых нагрузок на лестницу. Вместо швеллера можно использовать и другой профиль черного металла, лучше всего – трубу прямоугольного сечения. Нижние концы тетив приваривают к анкерам, зацементированным в фундамент лестницы (в случае, если конструкция устанавливается на улице или в подвале), к силовому каркасу лестничной площадки (для второго марша Г- или П-образной лестницы) или к опоре из стального уголка, которая будет прикреплена к балкам перекрытия (для первого марша междуэтажной лестницы). Верхние концы тетив могут быть приварены к силовому каркасу лестничной площадки (рис. 100, а). Для верхнего марша лестницы к верхним концам тетив приваривают опору в виде швеллера, уголка или другого профиля, которая будет крепиться в проем перекрытия (рис. 100, б).

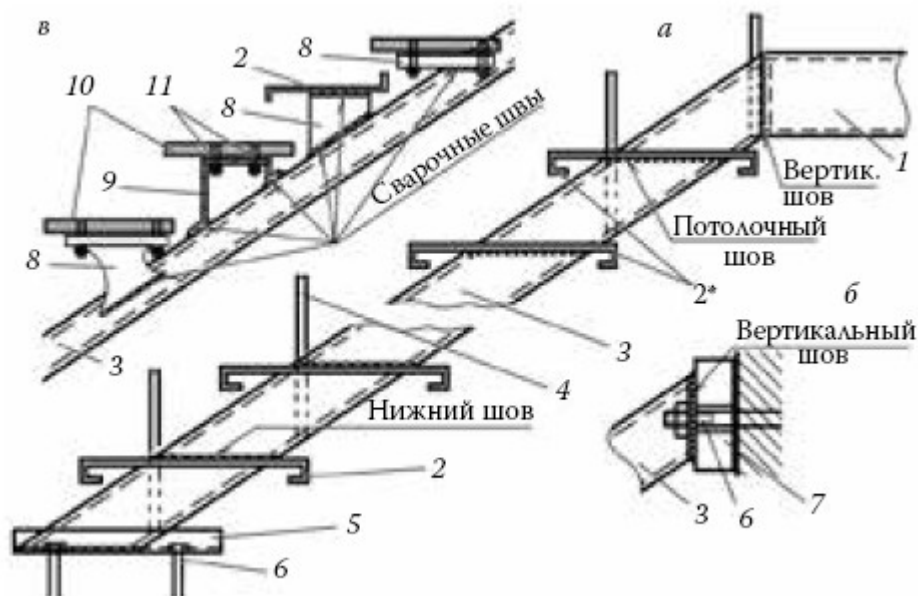


Рис. 100. Марш цельнометаллической лестницы:

а – общий вид с креплением к лестничной площадке; б – крепление к перекрытию; в – варианты крепления ступеней; 1 – лестничная площадка; 2 – металлические ступени; 3 – тетива; 4 – стойка ограждения; 5 – нижняя опора; 6 – анкерные крепления; 7 – верхняя опора; 8 – косынки; 9 – гнутая опора из полосы; 10 – деревянная проступь; 11 – болты или шпильки крепления проступи

Ступени лестницы могут быть изготовлены любым вышеприведенным способом. Приваривать их к швеллерам-тетивам следует после установки и фиксации последних в рабочем положении, контролируя горизонтальность ступеней с помощью уровня. Однако чтобы варить с нижним положением сварного шва, последний придется вести снаружи, на лицевой поверхности лестницы (поз. 2 на рис. 100, а). Для спуска в погреб это, может быть, и не критично, но вид лестницы, установленной в помещении, все-таки портит. В случае же установки декоративных накладок или деревянных проступей такой шов будет выступать над плоскостью металлической ступени и не даст ровно установить накладку. Если же делать шов, невидимый снаружи, он получится потолочным (поз. 2\*), что весьма неудобно для малоопытного сварщика. В таком случае имеет смысл развернуть тетивы так, чтобы и угол наклона лестницы сохранился, и «изнанка» оказалась сверху. Тогда шов в нижнем положении как раз и окажется под ступенью, что даст возможность обеспечить надежное и не бросающееся в глаза соединение.

Эту же лестницу можно выполнить и по другой схеме – не с тетивами, а с косоурами, в качестве которых будут использованы те же швеллеры. В этом случае к ним необходимо приварить косынки из листовой стали толщиной 4–5 мм с кронштейнами для крепления ступеней, которые могут быть как стальными (в этом случае кронштейны не нужны, и ступени крепятся к косынкам сваркой), так и деревянными (в этом случае они крепятся к кронштейнам болтами). Варианты такого крепления представлены на рис. 100, в. Вместо сплошных косынок можно выгнуть опоры для ступеней из полосовой стали 25 × 5 мм (рис. 100, в, поз. 9).

Перильное ограждение проще всего сделать из уголка с шириной полки 45 мм, а стойки для него выполнить из арматурного прута #16 мм или квадрата 20 × 20.

### **Комбинированная лестница на одном косоуре**

Из предыдущего примера понятно, что, кроме цельнометаллических, могут быть и комбинированные лестницы: их каркас сварен из металла, а сверху обшит деревом – полностью или частично. Такая конструкция достаточно легкая и прочная. Под нее не нужно специальное основание, но она способна выдерживать большие нагрузки. Единственное слабое место – деревянная обшивка, зато при необходимости ее можно легко заменить новой.

Вот один из простейших вариантов такой конструкции. Особенность данной лестницы в том, что деревянные проступи укреплены на одном косоуре (рис. 101, а – г). Для изготовления такой лестницы понадобятся следующие заготовки:

- прямоугольная труба  $70 \times 50 \times 5$  длиной 1600 мм – 1 шт.;
- прямоугольная труба  $70 \times 50 \times 5$  длиной 570 мм – 2 шт.;
- прямоугольная труба  $40 \times 25 \times 3$  длиной 570 мм – 14 шт.;
- косынки из листового металла толщиной 4—5 мм – 14 шт.;
- деревянные ступени  $50 \times 250 \times 890$ ;
- крепеж ступеней (саморезы по металлу).

При наличии перечисленного материала, болгарки и сварочного аппарата сварить такой каркас не сложно. После подготовки и разметки всех деталей к косоуру с обеих сторон приваривают подкосы для основы ступеней, выполненные в виде косынок. Затем к горизонтальным ребрам косынок приваривают короткие трубы, к которым будут крепиться деревянные ступени.

Верхний и нижний упоры приваривают к косоуру в зависимости от условий монтажа лестницы – либо до приваривания косынок, либо в конце сварочных работ. Швы после сварки обработайте абразивным кругом. Постарайтесь максимально сгладить все неровности. Затем каркас нужно загрунтовать и вскрыть лаком или краской, чтобы избежать коррозии металла.

Деревянные ступени крепят саморезами по металлу. Отверстия в дереве под крепеж можно закрыть цилиндрическими деревянными пробками. В завершение работ поверхность ступеней шлифуют и покрывают лаком.

Эту же конструкцию можно слегка модернизировать и выполнить с двумя косоурами. Такая лестница получится более надежной, а добавить понадобится только еще одну трубу  $70 \times 50 \times 5$  длиной 1600 мм (рис. 101, д).

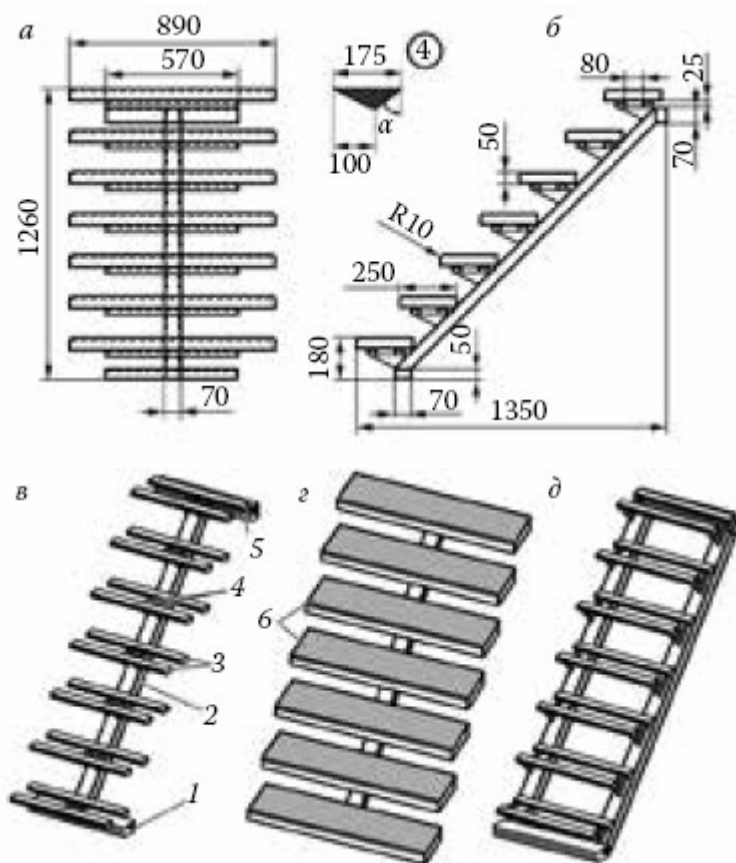


Рис. 101. Простая металлическая лестница на косоуре:  
а – вид спереди; б – вид сбоку; в – каркас; г – общий вид; д – каркас с двумя косоурами;  
1 – нижняя опора; 2 – косоур; 3 – основа для деревянных ступеней; 4 – косынки-подкосы;  
5 – верхняя опора; 6 – деревянная проступь

### ***Комбинированная междуэтажная лестница***

Выгодным решением для благоустройства загородных апартаментов является каркас междуэтажной лестницы из прямоугольных металлических труб с наварными косоурами. При правильном подборе материалов конструкция будет нести значительные нагрузки без дополнительного крепления.

Поскольку междуэтажной лестницей пользуются постоянно и часто, игнорировать формулы удобства и безопасности особого смысла нет. С учетом того, что для постройки понадобится большое количество однотипных заготовок, за ширину ступени имеет смысл принять 300 мм, а за высоту подступенка – 150 мм. В случае крайней необходимости можно слегка изменить эти параметры: ширина ступени 280–300 мм, высота 140–160 мм.

Самая простая и в то же время наиболее распространенная и компактная форма лестницы – прямая двумаршевая с одной переходной площадкой (рис. 102). При расположении в углу она создает прекрасный «второй свет», благодаря чему комната на первом этаже получается очень светлой.

Прежде всего нужно выкопать котлован в том месте, куда будет опираться первый лестничный марш. Его глубина около 800 мм, длина – 400 мм, а ширина – немного больше ширины самого лестничного марша. Заливаем бетон, не доходя до верха котлована 150 мм. Сверху укладываем заранее сваренную сетку из арматуры с двумя торчащими из нее анкерами #12–14 мм длиной 250 мм. Затем полностью заливаем котлован бетоном. Таким обра-

зом, получился пеньковый фундамент с двумя анкерами, к которым и будем приваривать лестничный марш.

Следующим этапом станет сооружение переходной лестничной площадки. Она делается из швеллера № 14 (шириной 140 мм) и по форме напоминает букву П с удлиненной с одного конца верхней перекладиной. Выступающие концы площадки необходимо завести в стену, для чего в последней выбирают соответствующие гнезда. Если внутренние стены сделаны из мягких материалов (ракушечник, газобетон, пенобетон, арболит и т. п.), желательно в процессе их возведения в тех местах, куда будет заводиться швеллер, заранее оставить отверстия, а под ними выложить прочные опоры из кирпича.

Поскольку площадка соприкасается с двумя стенами дома, в них необходимо сделать три гнезда. В результате получаются три консоли, закрепленные в смежных стенах и соединенные вместе. Такая конструкция переходной площадки не требует установки дополнительной опорной колонны на свободно висящем краю (впрочем, если на то есть желание, никто не мешает ее поставить). Залить бетоном швеллер в стене можно и в конце работ, после того как лестница будет полностью сварена.



Лестничный марш не обязательно монтировать вплотную к стене. Лестницу строят до этапа финишной отделки, и так как стены в дальнейшем будут штукатуриться или обшиваться гипсокартонном, между стеной и ближним к ней швеллером следует оставить соответствующий зазор. Когда строительство будет завершено, щель между отделанной стеной и лестницей легко закрыть декоративной накладкой.

Теперь можно приступать к постройке лестничных маршей. Два швеллера № 14 верхними концами приваривают к переходной площадке, а нижние их концы опираются на пеньковый фундамент и привариваются к анкерам. Ступенчатый каркас формируют из уголка с шириной полки 50 мм. Здесь важно выдержать одинаковые размеры всех заготовок, а в процессе сварки обеспечить одинаковую высоту всех ступеней. Допустима только (хотя и не рекомендуется) небольшая неравномерность крепления горизонтальных полок, поскольку деревянные проступи полностью их закрывают и на соотношение параметров ступени она не влияет.

Таким же образом делают и второй марш, но нижние концы швеллеров приваривают к переходной площадке, а к верхним в зависимости от фактуры перекрытия приваривают либо крепежную площадку, которая будет крепиться анкерами к бетону, либо опорные крючья из швеллера или прямоугольной трубы.

Все работы выполняют электросваркой. В тех местах, где дерево обшивки будет касаться металла, лучше всего проварить шов изнутри, чтобы не было выступов.

После того как каркас лестницы полностью готов, его можно обшить деревом. Если из дерева сделать только проступи, получится открытая «воздушная» конструкция. Такой каркас стоит покрасить под цвет дерева. Если же заменить черный прокат аналогичным из нержавеющей стали, необходимость в антикоррозийной обработке отпадет, а лестница будет выглядеть очень красиво и стильно. Правда, стоять такая конструкция будет значительно дороже.



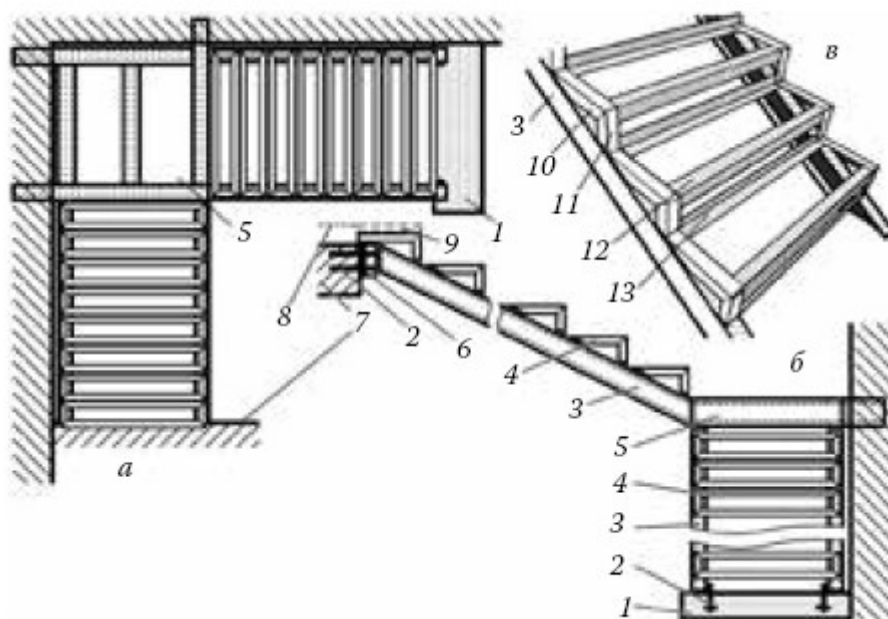


Рис. 102. Двумаршевая прямая лестница:

а – вид сверху; б – вид спереди; в – изготовление каркаса ступеней; 1 – фундамент; 2 – анкеры крепления конструкции; 3 – косоур; 4 – каркас ступени; 5 – промежуточная лестничная площадка; 6 – верхняя опора; 7 – перекрытие второго этажа; 8 – уровень чистого пола; 9 – проступь; 10 – горизонтальное ребро ступени; 11 – вертикальное ребро ступени; 12 – образующая подступенка; 13 – переднее ребро ступени

Помимо уголка и швеллера для формирования каркаса можно воспользоваться профильными трубами соответствующего сечения. Квадратная или прямоугольная форма труб позволяет получить более эффективные узлы конструкций, чем при использовании другой профильной арматуры, а замкнутость поперечного сечения повышает их стойкость к серьезным статическим нагрузкам, кручению и изгибу. С помощью таких труб можно изготовить лестничные марши даже без отдельных косоуров или тетив (рис. 103). Решетчатая конструкция из профильной трубы вполне справится с нагрузкой. Конечно, к качеству сварки здесь предъявляются высокие требования, а все соединения деталей должны быть обварены по контуру.

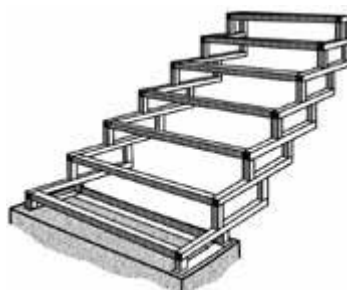


Рис. 103. Конструкция каркаса лестничного марша из профилированной трубы

### ***Винтовая лестница***

Теперь рассмотрим, как создать винтовую лестницу. При ее использовании в качестве основной проступь выполняется длиной не менее 900 мм, а проем в перекрытии должен

иметь диаметр от 2000 мм. Увеличенная ширина проема относительно диаметра лестницы обусловлена тем, что в этот проем должна поместиться не только сама винтовая лестница, но и ограждение с поручнем. Если же лестница необходима для доступа в чердачное помещение, то диаметра проема 1400 мм и длины проступи 550–600 мм будет вполне достаточно. Форма проема может быть квадратной или круглой. Главное условие – размер «в свету» оставляемого или выпиливаемого проема должен быть больше диаметра лестницы минимум на 20 см, т. е. по 10 см с каждой стороны.

Поскольку расчет винтовых лестниц довольно объемен, желающим спроектировать такую лестницу можно посоветовать обратиться к специальной литературе. Здесь же мы рассмотрим (без расчета) процесс изготовления металлической винтовой лестницы #2 м, высотой 3 м (от пола 1-го этажа до пола 2-го этажа) и углом поворота 360° (т. е. вы закончите движение по ней в той же точке по горизонтали, откуда его и начали).

Для удобного и безопасного передвижения по такой лестнице потребуется 16 ступенек плюс площадка. Ширина проступи составит 262 мм, а высота подъемов – по 177 мм, причем самый первый подъем будет на 9 мм ниже – 168 мм ( $168 + 16 \times 177 = 3000$  мм).

Все ступеньки здесь забежные и делаются открытыми (без подступенков), т. е. ступеньки «забегают» друг под друга.

Ширина ступени в узкой части (в месте крепления к обсадной трубе) обычно не превышает диаметр гильзы, к которой, собственно, и приварена ступень. В данном случае расчетные размеры проступи составляют в узкой части 150 мм, в широкой части – 393 мм. Конструкция ступеней может быть разной, в зависимости от условий эксплуатации и места расположения лестницы (рис. 104), в том числе и с установкой на металлический каркас деревянной проступи.

Центральную стойку лестницы делают из стальной толстостенной трубы диаметром не менее 50 мм. Ее устанавливают строго вертикально, контролируя по отвесу. Особое внимание необходимо уделить креплению центральной стойки к полу, поскольку место крепления воспринимает сжимающие и изгибающие нагрузки от веса лестницы и перемещающихся по ней людей. Возможны два способа крепления: непосредственно к конструкции перекрытия и к поверхности пола. Второй вариант применяют тогда, когда разборка пола нежелательна. В этом случае пятую центральную опорную стойку крепят к перекрытию через пол, предотвращая горизонтальное смещение лестницы, а второй узел, принимающий на себя изгибающие моменты, размещают в верхней части лестницы, прикрепляя ее к перекрытию.

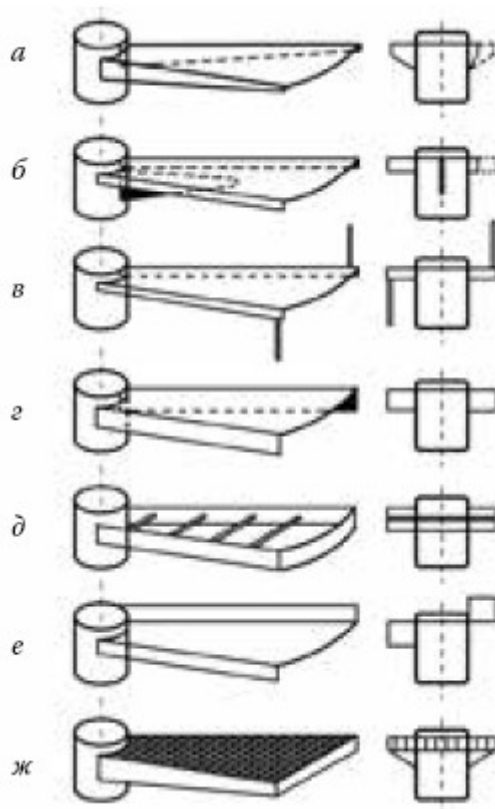


Рис. 104. Устройство стальных ступеней винтовой лестницы и их вид в разрезе:

а – консольная U-образная ступень; б – ступень с опорной консолью; в – ступени, соединенные с внешней стороны; г – ступень в форме «перевернутой коробки»; д – ступень в форме «открытой коробки» для внутреннего бетонирования; е – ступени Z-образного профиля; ж – литые ступени с решетчатой поверхностью

Крепление к конструкции перекрытия более надежно: такой узел, спрятанный в пол, почти не нуждается в креплении лестницы в верхней точке. Пята, сделанная в виде крестовины и спрятанная в пол, примет на себя изгибающие моменты, возникающие в лестнице, и за счет длинных опор будет хорошо гасить выдергивающие силы, стремящиеся опрокинуть конструкцию. На железобетонных плитах перекрытия ее можно пристрелять строительными дюбелями или присверлить; в монолитных перекрытиях – утопить в бетон в период изготовления конструкции. На деревянных перекрытиях большие консоли узла позволят перенести вес лестницы на 2–3 балки.

Крестовину сваривают из стальных профилей – швеллеров или уголков. Можно этот узел сделать и из стального листа круглого или прямоугольного очертания. Длина консолей крестовины зависит от надежности крепления всего узла к перекрытию, но в любом случае она должна быть не менее половины радиуса лестницы.

Обсадную трубу к пяте можно крепить тоже двумя способами – непосредственно сваркой или вставляя ее в опорную трубу, которая, в свою очередь, приварена к пяте. Внутренний диаметр опорной трубы должен соответствовать наружному диаметру обсадной (этот вариант и показан на рис. 105, узел Г). Весь опорный узел устанавливают строго вертикально и с максимально возможной точностью в центр подготовленного под лестницу проема.

Верхняя часть обсадной трубы должна заканчиваться резьбой. После сборки лестницы нужно навернуть муфту на эту резьбу и обжать ступени для придания им статической устойчивости. Однако обжимную муфту зачастую не ставят, заменяя ее еще одной трубой, наворачиваемой на резьбу. Такая труба служит и обжимной муфтой, и стойкой ограждения, а

при слабом нижнем опорном узле еще и деталью верхнего узла крепления лестницы. К ней крепят пластину, соединяющую верхнюю часть лестницы и верхнее ограждение проема. Эта пластина также выполняет двойную функцию: служит поручнем ограждения и силовым элементом (связью) верхнего узла.

Резьба в верхней части трубы должна начинаться под нижней плоскостью лестничной площадки или в ее теле и закончиться на 10–15 витков выше верхней пластины. Резьбу нарезают клуппом или приваривают к концу трубы готовый сгон. При этом виде работ нужно обязательно снимать фаску с обеих стыкующихся поверхностей. Если фаска была не снята, сварной шов нельзя будет обработать (снять наплывы напильником или наждаком), следовательно, с установкой ступеней возникнут проблемы: их можно будет надеть на трубу только снизу, а это не всегда удобно. Чтобы при сварке деталей опорной стойки соблюсти их соосность, обе детали насаживают на деревянный кол и прихватывают сваркой. Потом кол вынимают и проваривают весь шов.

Высоту опорных гильз нужно скорректировать в зависимости от того, утоплен узел в конструкцию пола или установлен на его поверхности. Лучше гильзы сделать чуть ниже чем нужно, тогда высоту, равную подъемам ступеней, можно добрать шайбами. Диаметр гильз подбирают таким, чтобы центральная опорная стойка (обсадная труба) входила в них без видимого зазора, а лучше – внатяг. Например, на бесшовную толстостенную трубу с внешним диаметром 50 мм можно надеть трубу диаметром 57 мм с толщиной стенок 3 или 3,5 мм (ГОСТ 8732-78). Это относится к любой винтовой конструкции лестницы: как с металлическими, так и с деревянными ступенями (на рис. 105 для примера показаны оба варианта). Если ступени сделаны из древесины, общая высота гильзы и регулировочных шайб должна быть чуть выше высоты вертикального шага ступенек примерно на 1–2 мм. Тогда при обжиме лестницы шайбы слегка сомнут древесину ступеней и обеспечат плотное соединение, способствующее прочности ступенек и всей лестницы.

Все гильзы изготавливают одинакового размера, за исключением нижней, при изготовлении которой следует учитывать особенности места крепления опорной стойки к полу и высоту установки первой ступеньки. Перед установкой гильзы окрашивают, хромируют, никелируют или клеивают самоклеящимися обоями под дерево. Регулировочные шайбы вытачивают на токарном станке.



Вместо точеных регулировочных шайб можно применить стандартные сантехнические фланцы. Практически все стальные трубы можно состыковать на фланцевых соединениях, и эти стандартные фланцы могут быть использованы не по прямому назначению, а в качестве шайб.

Обжимная труба (стойка перил) делается из той же трубы, что и гильзы, с внутренней резьбой на нижнем конце. Резьба может быть и внешней, тогда соединение производится через сантехническую муфту.

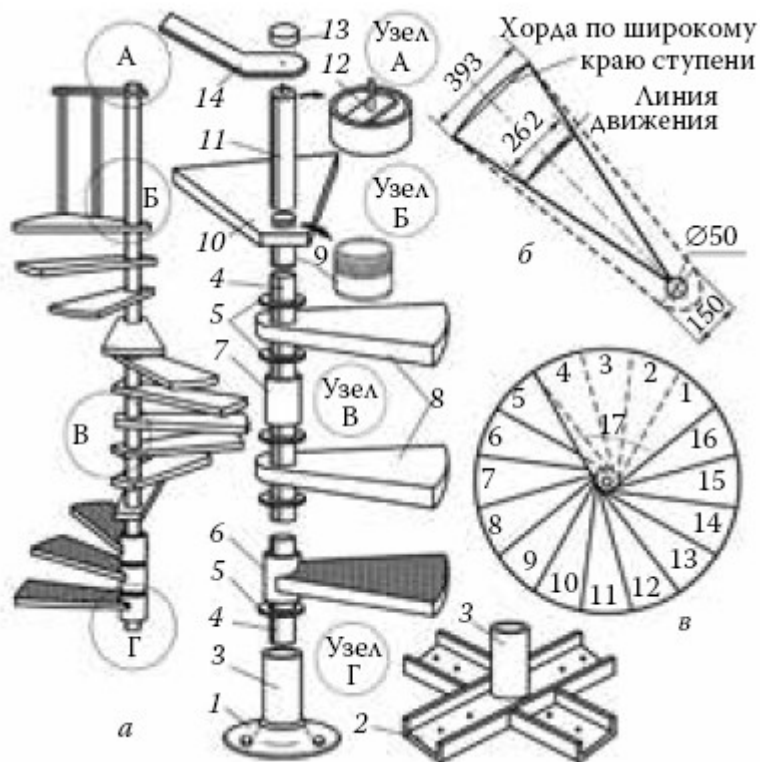


Рис. 105. Винтовая лестница:

а – общий вид; б – ступень; в – план лестницы (вид сверху); 1 – фланец; 2 – крестовина; 3 – опорная труба; 4 – обсадная труба (центральная стойка); 5 – регулировочная шайба; 6 – металлическая ступень с втулкой; 7 – гильза; 8 – деревянная ступень; 9 – сгон со снятой фаской; 10 – верхняя площадка; 11 – обжимная труба (стойка ограждения); 12 – крепление поручня (площадка с приваренным болтом); 13 – декоративное навершие; 14 – поручень

Вверху лестницу можно прикрепить двумя способами: напуском площадки на перекрытие и жестким ее закреплением либо жестким прикреплением к обжимной трубе поручня ограждения лестничного проема. Если крепление лестницы будет осуществляться через площадку (верхнюю ступеньку), то поручень ограждения можно прикрепить к обжимной трубе через саморез, накрывая узел декоративной деревянной крышкой. Если же лестницу нужно крепить к ограждению проема, то к обжимной трубе изнутри привариваем стальную перекладину с приваренным болтом М6—М8 и крепим поручень красивым навершием с гайкой (рис. 105, узел А).

## Ограждение лестниц и балконов

Об удобстве и внешнем облике лестницы в значительной мере свидетельствует ограждение – перила, которые должны быть не только прочными, но и архитектурно выразительными. Ими должны быть оснащены все лестницы, имеющие более пяти ступеней. При ширине марша 1,25 м поручень может быть с одной стороны, а при ширине марша от 1,25 до 2,50 м поручни должны быть с обеих сторон, причем с одинаковым уклоном. Галереи и балконы, начиная с перепада высот в 1 м, также обязательно ограждаются. Высота перил на высоте менее 12 м должна быть 90 см, более 12 м – 110 см.

Ограждения можно разделить на две группы: сплошные и решетчатые. Заполнение сплошных ограждений может быть самым разнообразным: кирпичная кладка (парапет), гип-

сокартон на каркасе, деревянная обшивка, листовый металл, стекло и т. п. Главное, чтобы по верху проходил поручень, сечение которого по ширине не меньше самого парапета. С точки зрения зрительного восприятия сплошные ограждения зрительно уменьшают помещение, поэтому такое решение подходит только для обширных площадей и очень широких лестниц.

Решетчатые ограждения состоят из вертикальных металлических или деревянных стоек или декоративных решеток и прикрепленного к ним поручня. Перильное ограждение из металла применяется достаточно широко. Всем известны однообразные металлические ограждения лестничных маршей в стандартных многоэтажках. Перила таких лестниц обычно изготовлены из вертикальных металлических стоек с деревянным поручнем (рис. 106, а) и не отличаются высокими эстетическими качествами. Но практика показывает, что из одного и того же материала можно изготовить совершенно разные конструкции. Технологичность металла и мастерство исполнителя позволяют создать самые разнообразные формы перильного ограждения даже из прямолинейных элементов, не прибегая к технологии ковки и гнутья. Металлические промежуточные стойки можно устанавливать не только вертикально, но и параллельно оси лестничного марша и даже под некоторым углом. В таком случае верхний элемент заполнения играет роль перил или их несущей, а нижний элемент является составным и сваривается между несущими стойками (рис. 106, б).

Поскольку нагрузка на ограждение не очень велика, разумно варить его не из сплошного квадрата, а из пустотелого профиля квадратного сечения, полосы или уголка. Вариантов здесь может быть много. Нетрудно скомбинировать металлическую решетку с деревянными вставками или с декоративным стеклом. Не менее интересно сочетание металла с камнем и позолотой. Чаще всего комбинируют столбы и поручень из дерева с металлической решеткой.

Согласно СНиП 31-02-2001 «Дома жилые одноквартирные», для расчета внутриквартирной лестницы нужно принять за высоту поручня 900 мм от линии гребня ступени. Расстояние между стойками заполнения лестничных ограждений не рекомендуется делать больше 160 мм. Если же лестницей будут пользоваться маленькие дети, в ограждении лестниц вертикальные элементы должны иметь просвет не более 0,1 м (горизонтальные элементы не допускаются, чтобы ребенок не мог по ним перелезть через перила).

Важное значение имеют начало ограждения и повороты на площадках. Не обязательно начинать ограждение с первой ступени лестницы. Если оно начинается с заходного столба, то можно поставить его и на вторую, а то и на третью ступень. В конце же, наоборот, выходной столб должен стоять и за ступенями, на площадке с балюстрадой.

Балясины и стойки расставляют равномерно. Чаще всего на каждую ступень приходится по одной или две стойки. Крепление стоек перил зависит от материала лестницы. В бетонных или деревянных лестницах их заделывают в гнезда, выдолбленные в торцах или на верхней поверхности конца ступеней, или крепят к торцам тетивы или косоура. Эти гнезда должны отстоять не менее чем на 60 мм от краев ступени, глубина их должна быть тоже не менее 60 мм. Концы стоек после установки в гнездо заливают цементом или свинцом. В металлических лестницах стойки приваривают к каркасу.

У подвесных лестниц проступи не опираются на тетиву или косоур, а подвешиваются к вертикальным стальным элементам круглого или квадратного сечения, одновременно выполняющим функции ограждения лестницы, придают лестнице легкость. Металлические стойки в этом случае закрепляют в конструкциях перекрытий верхнего этажа, чтобы они служили надежным ограждением.

В винтовых лестницах, организуемых в замкнутых объемах, а также в лестничных маршах, огражденных с двух сторон стенами, достаточно прикрепить к стене с помощью кронштейнов пристенный поручень из дерева или полосовой стали с накладным поливинилхлоридным профилем.

Особенной красоты перильного ограждения лестницы добиваются, заполняя проем между опорными стойками гнутыми металлическими элементами. Примеры такого ограждения показаны на рис. 106, в – е. Замысловатые формы гнутых элементов получают рассмотренными выше методами горячей и холоднойковки или гибки. Ведь даже простейший завиток (рис. 106, д), выполненный из полосы  $20 \times 4 \div 25 \times 5$  в 4 экземплярах, образует изящную розетку. Монтируют такие элементы к стойкам с помощью сварки.

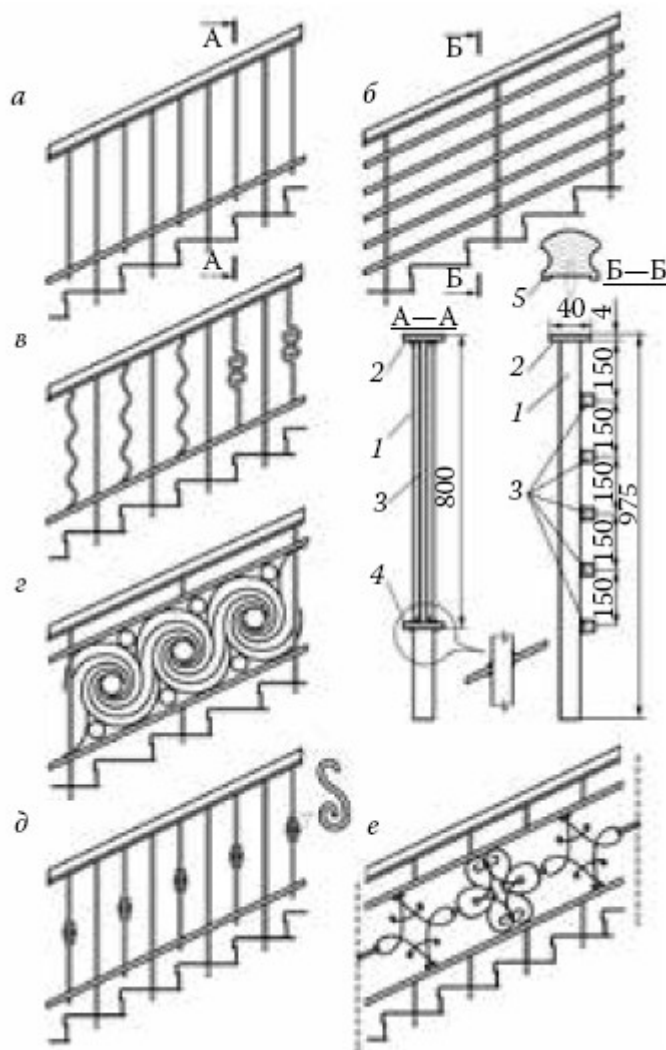


Рис. 106. Ограждения лестниц:

а – с заполнением вертикальными элементами (квадрат); б – с заполнением продольными элементами (квадрат); в – заполнение простыми волнистыми элементами (полоса); г – заполнение ажурной спиралью (полоса); д – с заполнением вертикальными элементами (квадрат) и фигурными деталями (полоса); е – заполнение узором (полоса); 1 – квадрат  $20 \times 20$  или труба профильная  $20 \times 20 \times 1,5$  мм; 2, 4 – полоса  $25 \times 5$  мм; 3 – квадрат  $10 \times 10$  мм; 5 – перила деревянные

Ограждения и перила для балконов и террас имеют свои особенности. Их устанавливают максимально близко к краю несущей плиты, чтобы сохранить максимум полезной площади. Несмотря на требования ГОСТ, ограждения балконов лучше устраивать высотой 1200–1500 мм. Причем горизонтальные элементы ограждения здесь тоже недопустимы – разрешается применять только вертикальные перемычки с просветом не более 110 мм.

Дерево или пластик применять для балконных перил нецелесообразно. Дерево недостаточно прочное для противодействия атмосферным явлениям, а пластик быстро выцветает на солнце и провисает, нагреваясь. Поэтому балконные перила лучше всего изготавливать из металлического профиля – круглой, квадратной или прямоугольной трубы. И если материалом выбрана не нержавейка, особо тщательно следует отнестись к окраске готового ограждения.



## Металл в интерьере

Мода на предметы мебели и детали интерьера из металла постоянна. В послевоенные 50-е годы прошлого века вершиной мечтаний многих была никелированная кровать с блестящими шарами на спинках. Сейчас популярны изысканные кованые предметы в стиле ретро, в том числе и садовая мебель. Конечно, кузнечное мастерство доступно далеко не всем, но и из стандартных металлических профилей и арматурных прутков с помощью сварочного аппарата можно сделать многое.

### Сварные этажерки для цветов

Цветы станут незабываемым украшением вашего интерьера, если сделать для них этажерки из металла. Квадратный или круглый прут, тонкие трубки, небольшие уголки – всё пойдет в дело. Конструкция таких изделий настолько проста, что в особых пояснениях и не нуждается. Угловая этажерка, изображенная на рис. 107, а, сварена из круглого прутка #14 мм. Между боковыми стойками вварены опоры для полок из того же прутка. Сами полочки сплетены из лозы и покрыты бесцветным лаком.

Цветы, поставленные на ажурную этажерку со стеклянными полками (рис. 107, б), будут «парить» в пространстве. Четыре ножки-опоры гнут из толстого прутка по шаблону. Вверху они собраны в одной точке и сварены вместе. Держатели полок нарезают из тонкого уголка. Они же скрепляют ножки, к которым приварены.

На рис. 107, в изображена простая этажерка, для изготовления которой использован только металл. Стойки сделаны из труб (можно водопроводных, 1/2"). Полки вырезаны из перфорированного металлического листа. Края полок нужно отбортовать. Причем противоположные стороны можно загнуть в разных направлениях, например лицевую и заднюю вниз, а боковые – вверх. Углами полки приварены к стойкам. При этом нужно тщательно выставлять по уровню свариваемые детали, чтобы не было перекосов.

Для изготовления этажерки, изображенной на рис. 107, г, понадобятся трубы 1/2—3/4", арматурный прут и многослойная фанера для полок. Трубы образуют жесткий каркас, заполнение которого выполнено из прямых и изогнутых отрезков прутка. Из прутка сделаны и опоры под легкие верхние полки. Для нижних полок, где будут стоять большие и тяжелые горшки, опоры нужны солиднее, поэтому их делают из тех же труб, что и каркас. Все элементы соединяют с помощью сварки.

Последняя из предложенных этажерок (рис. 107, д) сделана из квадратного прутка сечением 10 × 10 мм. Все элементы соединены сваркой. Держателями полок служат уголки сечением 10 × 15 мм. Сами полки вырезаны из многослойной фанеры. Этажерку окрашивают водостойкой эмалью.



Рис. 107. Этажерки, сваренные из металла:  
а – угловая этажерка; б – этажерка со стеклянными полками; в – простая металлическая этажерка; г – ажурная этажерка с фанерными полками; д – этажерка из квадратного прутка

## Сварной стол с расписной столешницей

Стол из металла со столешницей, облицованной керамической плиткой или покрытой росписью, – излюбленный предмет мебели многих владельцев загородных домов. Обычное его место – открытая терраса дома или укромный уголок сада. Изготовить стол под силу любому умельцу даже при незначительном опыте работы с металлом.

Каркас стола сделан из стальных труб прямоугольного сечения и прутковой стали. Столешницу выпиливают из плиты МДФ толщиной 19 мм. Кромки скругляют фрезерной машинкой. Столешницу нужно загрунтовать, а потом оклеить плиткой или нанести на ее поверхность рисунок (который может имитировать ту же плитку). Расписывают столешницу перед креплением ее к стальному каркасу.

Для изготовления каркаса нужна стальная профилированная труба  $30 \times 30$  мм и стальной пруток #18 мм. Кроме того, потребуются 3 стальных шарика #60 мм; 6 шурупов  $6 \times 50$  мм (для скрепления столешницы с каркасом) и 6 шурупов  $3,5 \times 30$  мм (для соединения двух деталей столешницы); водостойкий клей для дерева.

Из трубы, согласно чертежу (рис. 108), нарежьте три одинаковые детали длиной 400 мм для рамы стола. Три ножки стола длиной по 730 мм и три поперечины длиной по 385 мм сделайте из прутка.

Скрепленные струбцинами детали рамы по углам сначала прихватывают сваркой в нескольких точках, затем проваривают стыки сплошным швом. После охлаждения металла струбцины удаляют, удаляют шлак и зачищают сварные швы.

Теперь нужно накернить точки сверления отверстий #6 мм под шурупы для соединения столешницы с каркасом. Отверстия на нижней части деталей раззенковывают под потайные головки шурупов, которыми будут крепить столешницу.

Стальные прутки для ножек изгибают с использованием молота и тисков так, чтобы из заготовок длиной 730 мм получились изогнутые ножки высотой 650 мм. Чтобы все они были одинаковыми, можно изготовить шаблон из толстого деревянного бруска или поискать подходящую криволинейную поверхность большого диаметра (например, колодезное кольцо).

Подготовленные ножки приваривают изнутри к вершинам рамы каркаса. Раму кладут плашмя, в угол ставят ножку, выравнивают по угольнику и прихватывают, а затем приваривают окончательно. После того как все ножки приварены, между ними устанавливают поперечные связи (проножки). Намечают места их расположения с помощью линейки или деревянного бруска, поставив каркас ножками на ровную поверхность, от которой отмеряют равные отрезки по высоте. По этим отрезкам делают метки и прихватывают проножки.

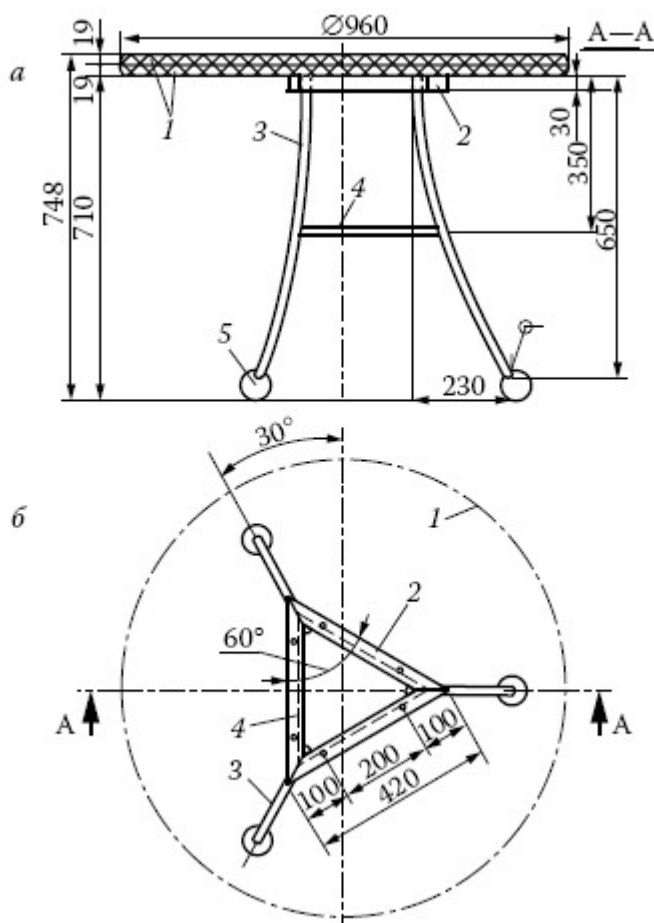


Рис. 108. Металлический стол с деревянной столешницей:

а – разрез по А – А; б – вид сверху; 1 – столешница; 2 – рама; 3 – ножки; 4 – поперечины; 5 – шарики-опоры

Стальные шарики на концах ножек обеспечивают устойчивость каркаса. Их сначала прихватывают сваркой, а затем приваривают окончательно.

После окончания сварочных работ надо аккуратно зашлифовать все швы, зачистить поверхность металла и окрасить готовый каркас нитролаком. Теперь можно крепить столешницу саморезами к каркасу и устраивать торжественное чаепитие.

## Сварка в помощь автолюбителю

Сварочное оборудование является непременным атрибутом каждой приличной автомастерской. Серьезные автолюбители тоже стремятся завести у себя в гараже сварочный аппарат. Ведь при грамотном использовании сварка способна значительно продлить жизнь железному коню и существенно сэкономить на ремонтах. Конечно, новичку не стоит сразу приниматься за ремонт кузова или ходовой части автомобиля. В этом случае можно потренироваться на менее ответственных сварочных работах. Даже неквалифицированный сварщик может сварить для гаража простой стеллаж или верстак. При хорошем запасе материала можно собственноручно сделать даже металлический гараж. А когда вы начнете чувствовать характер расплавленного металла, когда уверенно и ровно начнете получать прочные и красивые швы, можно будет приступать к кузовным работам.

### Прицеп для «Нивы»

Излюбленный автомобиль на селе – это, бесспорно, полноприводный, повышенной проходимости ВАЗ-2121 «Нива», он же Lada 4 × 4. Правда, прицеп к этой модели, имеющий большую грузоподъемность и способность эксплуатироваться в условиях бездорожья, стоит довольно дорого. А потребность в них у сельского жителя огромная: и стройматериалы привезти, и удобрения, и доставить на рынок продукцию своего огорода. Поэтому владелец сварочного аппарата, не желающий выкладывать круглую сумму за прицеп, может попытаться сделать его самостоятельно.

Собственная масса прицепа, предлагаемого к изготовлению, – 250 кг. Откидной задний борт и гладкий пол кузова обеспечивают удобство погрузки и разгрузки (рис. 109).

За основу ходовой части выбрана задняя ось с рессорами и ступицами от списанного передвижного компрессора ПР-10. Ширина колеи подогнана под колею тягового автомобиля. Для этого толстостенная труба оси наружным диаметром 80 мм разрезана и укорочена на токарном станке со снятием фаски под сварку. Затем ось сварена электродуговой сваркой. Количество листов рессор уменьшено с каждой стороны на два. Подобным же образом для прицепа можно приспособить и другую подходящую тележку.

Диски колес и шины – от автомобиля УАЗ 30 × 8,5 R15. Проушины рессор надо приварить к раме из швеллера и стальных труб прямоугольного сечения 25 × 50 мм. Для подачи смазки болты крепления рессор должны иметь внутренний канал и круглую головку со срезанной гранью. Вращение болтов исключается приваренными к проушинам пластинами размером 15 × 25 мм из стали толщиной 2 мм.

Дышло прицепа сделано из гнутого равнополочного швеллера, пол кузова – из стального листа толщиной 2 мм. Для стоек кузова, верхнего обрамления боковых и переднего бортов нужен стальной уголок 32 × 3 мм. Для плоскостей бортов подойдут стальные листы толщиной 1,2 мм. Навесы заднего борта #16 мм вытачивают из стального кругляка. Указатели поворотов, габаритов, стоп-сигналы используйте готовые, подбирая их по своему вкусу и толщине кошелька. Для крепления номерного знака с левой по ходу стороны прицепа предусмотрена пластина. Не забудьте позаботиться и о его освещении. Защита сигнальных фонарей обеспечивается сварной конструкцией из трубы сечением 25 × 25 мм. Грязезащитные щитки можно вырезать из транспортной ленты; для их крепления к раме приварите пластины размером 30 × 270 мм из стали толщиной 2 мм. Щитки крепят к пластинам с помощью болтов.

Запасное колесо располагается в передней части прицепа над дышлом и фиксируется на кронштейне тремя гайками М14.

После того как вы подберете все комплектующие и заготовки, можно начинать изготовление рамы прицепа. К основе из двух швеллеров приварите сначала три поперечины – трубы сечением  $25 \times 50$  мм, затем – проушины для крепления рессор.

После этого к основе рамы можно крепить рессоры с осью и ступицами. В задней части крепления рессор предусмотрена деталь, компенсирующая их удлинение при движении.

Далее необходимо изготовить дышло прицепа и буксировочное устройство к автомобилю.

Наиболее приемлемый вариант сборки рамы с дышлом такой: зацепить дышло прицепа за буксирный крюк автомобиля, затем основу рамы с рессорами и осью на колесах поставить в горизонтальное положение; вставить дышло в основу рамы и приварить электродуговой сваркой согласно чертежу. Далее собирайте и сваривайте остальные детали кузова. По завершении сварочных работ все детали прицепа окрасьте автомобильной эмалью, а когда она высохнет, смонтируйте электропроводку и установите на место фонари.

Буксировочное устройство состоит из жесткой балки кронштейна, хомута, накладки, раскосов, пластин и буксирного крюка (рис. 110). Буксирный крюк лучше взять готовый – от автомобиля УАЗ или аналогичный.

Конструкция закреплена на кузове автомобиля в четырех точках. Передний конец через накладку притянут четырьмя болтами  $M8 \times 30$  к полу багажника и охватывает поперечину пола. Задний фиксируется на бампере двумя болтами  $M8 \times 25$  и двумя болтами  $M10 \times 25$ .

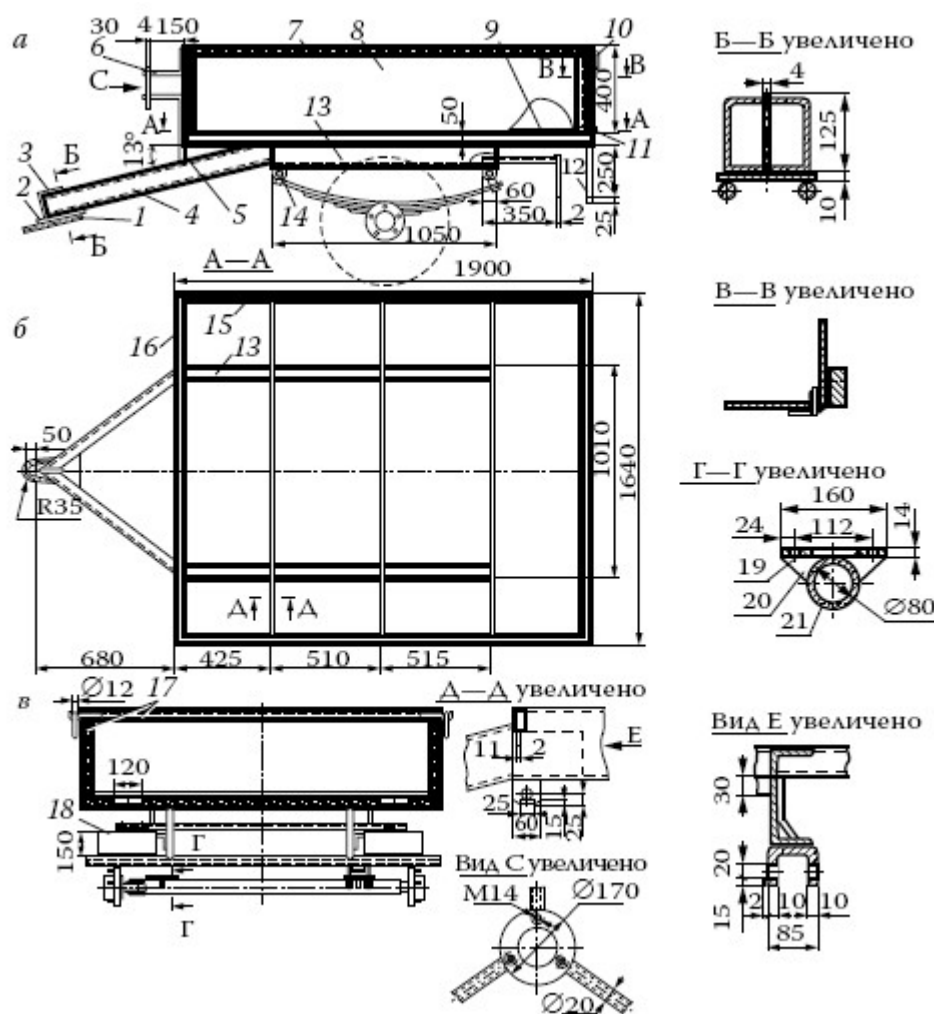


Рис. 109. Грузовой прицеп к автомобилю «Нива»:

а – вид сбоку; б – вид сверху (по сечению А – А); в – вид сзади; 1 – скоба (сталь, пруток #20); 2 – пластина усиливающая (сталь, толщина 10 мм); 3 – перегородка усиливающая (сталь, 4 × 100 × 125); 4 – дышло (сталь, швеллер № 12); 5 – пластина усиливающая (сталь, 5 × 50 × 90); 6 – стойка кронштейна запасного колеса (сталь, труба 20); 7 – окантовка кузова (сталь, уголок 32 × 32); 8 – зашивка кузова (сталь, толщина 1,2 мм); 9 – днище (сталь, толщина 2 мм); 10 – замок; 11 – петля; 12 – бампер (сталь, труба 25 × 15); 13 – лонжерон (сталь, швеллер № 16); 14 – проушина (сталь); 15 – продольная связь (сталь, труба 25 × 25); 16 – поперечная связь (сталь, труба 25 × 25); 17 – окантовка заднего борта (сталь, труба 25 × 50); 18 – пластина грязезащитная (сталь, 2 × 150 × 280); 19 – пластина опорная (сталь, 14 × 140 × 160); 20 – подкос (сталь); 21 – ось (от компрессора ПР-10)

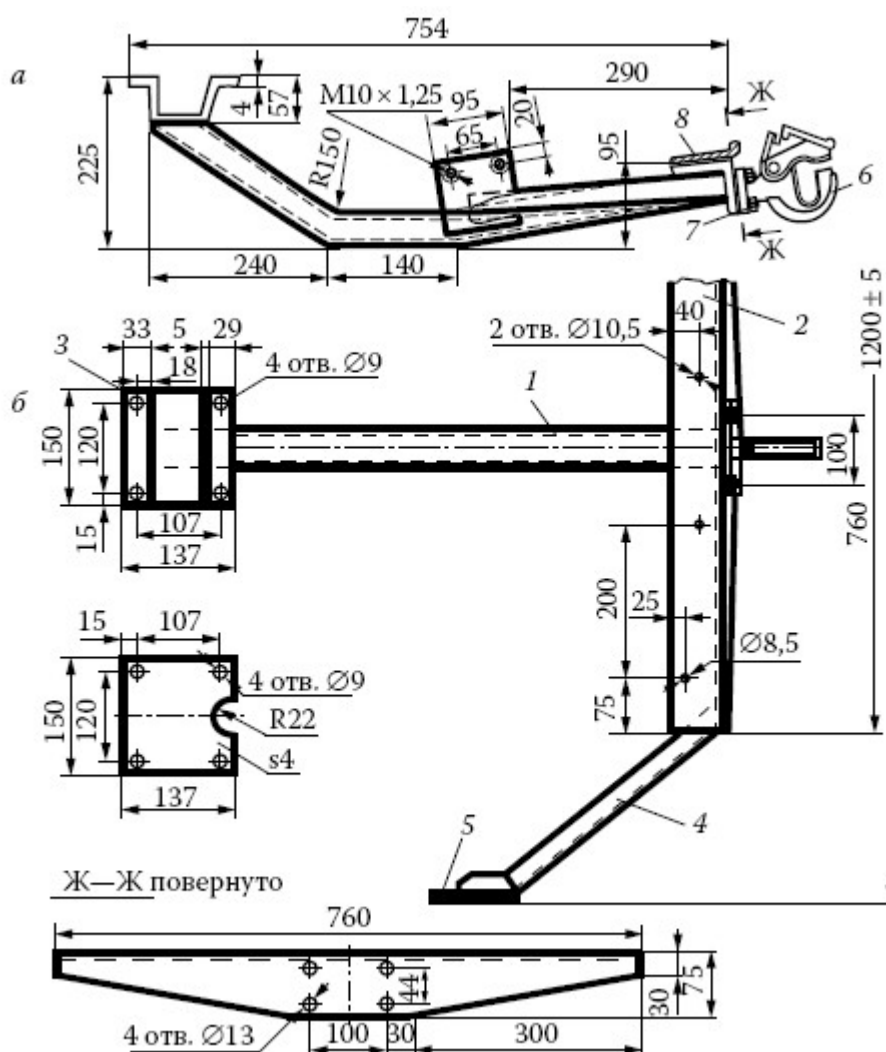


Рис. 110. Буксировочное устройство:

а – вид сбоку; б – вид сверху; 1 – балка продольная (сталь, труба 45 × 3,5); 2 – кронштейн задний (сталь, уголок 75 × 8); 3 – хомут (сталь, толщина 4 мм); 4 – раскос (сталь, уголок 32 × 3); 5 – пластина крепежная (сталь, толщина 6 мм); 6 – крюк буксирный; 7 – болт М12 × 40 (4 шт.); 8 – бампер

Балка выгнута из трубы #45 мм с толщиной стенки 3,5 мм. Хомут и накладка сделаны из листовой стали толщиной 4 мм; задний кронштейн – из угловой равнополочной стали 75 × 8. В последнем для крепления крюка просверлены отверстия Ш13 мм. Края кронштейна

снизу обрезаны на фрезерном станке. Раскосы изготовлены из угловой равнополочной стали 32 × 3. Пластины вырезаны из стали толщиной 6 мм. В них, согласно чертежу, следует разметить и просверлить отверстия #8,6 мм и нарезать резьбу M10 × 1,25.

Теперь можно приступать к монтажу. По хомуту тщательно размечают и сверлят отверстия в полу багажника. При этом необходимо учитывать, что буксировочное устройство должно располагаться строго по оси автомобиля. Хомут и накладку стягивают болтами M8 × 30. Просверлив по месту отверстия в заднем бампере, закрепите кронштейн болтами M10. Буксирные петли автомобиля замените пластинами.

Электродуговой сваркой прихватите балку к хомуту и кронштейну, а раскосы – к кронштейну и пластинам. А чтобы не испортить сваркой детали автомобиля, всю конструкцию следует демонтировать и обварить на сварочном столе. После этого тщательно зачистьте швы и покрасьте собранную конструкцию. Когда краска высохнет, установите буксирное устройство на автомобиль и прикрепите четырьмя болтами буксирный крюк.

В последнюю очередь необходимо подключить к бортовой сети автомобиля световую сигнализацию прицепа. В качестве страховочного устройства следует обязательно установить стальной трос диаметром 8—10 мм или цепь.

## Прицеп для мопеда

Современные мопеды мало похожи на те «Риги», «Дельты» и «Верховины», о которых мечтали многие советские мальчишки. Но до сих пор старые мопеды выручают жителей села, когда нужно съездить в магазин за хлебом, на ближайшую железнодорожную станцию или подбросить приятеля к дому. А если требуется перевезти какой-либо груз, например громоздкий газовый баллон, мешок картофеля или пятидесятикилограммовый пакет цемента? Стоит ли тащить их на ручной тележке в то время, как ваши полторы «лошадиных силы» отдыхают в сарае? Ведь и эти хозяйственные работы можно возложить на мопед, если оснастить его боковым прицепом (рис. 111). Более того, при желании к раме последнего можно приспособить и удобное сиденье, превратив таким образом грузовой прицеп в пассажирский. Усовершенствовать «стального пони» несложно, главное, чтобы под рукой был сварочный аппарат.

Работу следует начать с подбора заготовок. Для рамы потребуются отрезки стальных труб #30–32 мм с толщиной стенки 2–2,5 мм. Для заготовок подкосов подойдут более тонкие трубы #20 мм. Для стыковочных узлов подберите болты M10 длиной 70 мм.

Размечать заготовки проще по месту. Поставьте мопед на ровную площадку, закрепите его в строго вертикальном положении деревянными подпорками и наметьте места расположения осей стыковочных узлов. Болт заднего стыковочного узла располагается на пластине толщиной 4 мм, вваренной между правым пером задней вилки мопеда и подкосом. Болт переднего стыковочного узла приваривается к вертикальной стойке рамы на той же высоте, что и ось заднего узла. А болт верхнего узла закрепляют сваркой в месте соединения хребтовой трубы рамы и вертикальной стойки. В комплект каждого стыковочного узла входит резиновая втулка, диаметр которой почти такой же, как и внутренний диаметр соответствующей трубы.

Зафиксируйте на переднем узле трубчатую заготовку рамы. Для этого наденьте трубу на резиновую втулку стыковочного узла и туго затяните внешнюю гайку. Резина при этом сожмется и накрепко захватит трубу изнутри. Чтобы определить длину трубы, надо учесть, что колея будущей трехколесной машины должна составлять около 900 мм. Ориентируясь на этот размер, обрежьте заготовку.



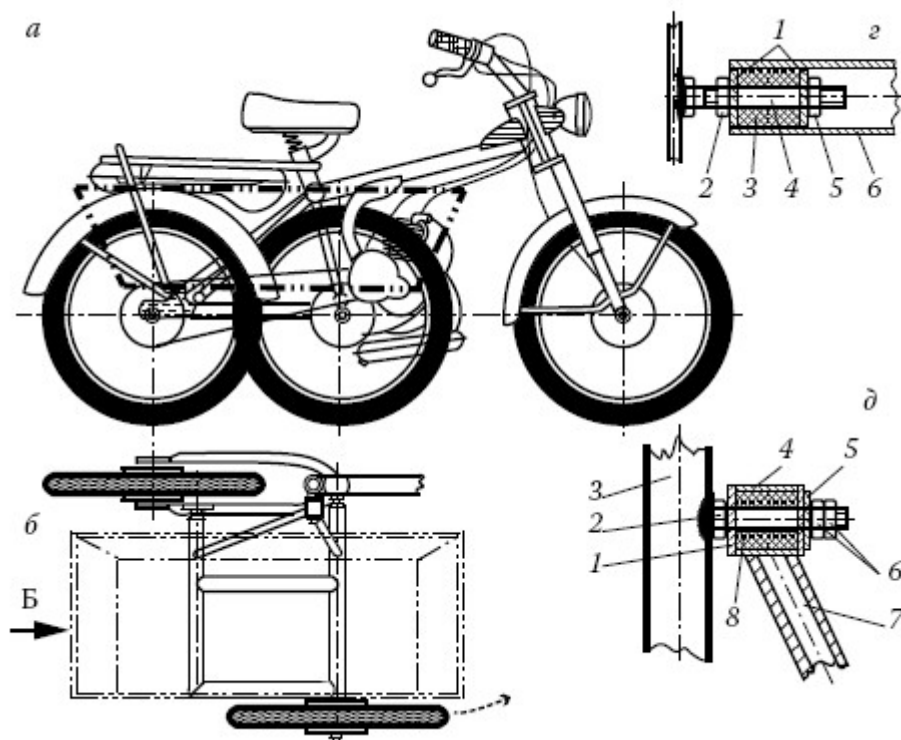
Затем установите в трубе ось бокового колеса с помощью втулки-приставки и зафиксируйте сваркой. После этого в соответствии с рис. 111 разметьте и обрежьте остальные заготовки рамы.

Подгоняя подкосы, убедитесь, что после установки бокового колеса мопед сохранит вертикальное положение. Приваривать подкосы к раме и верхнему стыковочному узлу лучше всего в два приема: сначала слегка прихватить их, а затем, отсоединив раму, окончательно заварить стыки.

Установите сваренную раму на место. Колесо бокового прицепа должно быть слегка развернуто влево, если смотреть сверху (рис. 111, б), т. е. передняя часть колеса должна быть приблизительно на 10 мм ближе к оси симметрии мопеда, чем задняя. К тому же сам мопед должен быть слегка наклонен влево (если смотреть сзади). Такого рода настройку можно осуществить, перемещая раму относительно болтов стыковочных узлов.

Следует учесть также, что, какой бы прицеп вы ни делали – грузовой или пассажирский, без подрессоривания коляски или кузова обойтись невозможно. Иначе инерционные силы, вибрация и повышенная нагрузка быстро приведут раму в аварийное состояние, да и на состоянии мопеда они скажутся не лучшим образом. Проще и надежнее всего установить кузов на четырех пневматических амортизаторах из обычных теннисных мячей #65 мм. Располагаются они в полостях продольных лонжеронов платформы кузова и фиксируются от смещения деревянными упорами (рис. 111, е). Лонжероны сделаны из реек сечением 20 × 75 мм и соединены попарно с помощью поперечин, вырезанных из таких же реек. К основанию кузова лонжероны крепят эпоксидным клеем и шурупами. По оси каждого из амортизаторов, которые совпадают с осями поперечин рамы, прорежьте выемки под трубы поперечин на глубину 35 мм. К числу элементов подвески относятся также четыре хомута из стальной полосы толщиной около трех миллиметров и шириной 20 мм. Крепятся хомуты к лонжеронам болтами с резьбой М6.

Грузовой кузов можно сделать из фанеры. Дно-основание вырезано из 12-миллиметрового листа, а стенки – из листа толщиной 8—10 мм. Соединять между собой стенки, равно как и стенки с днищем, лучше всего дюралюминиевыми уголками, причем располагать их следует как изнутри кузова, так и снаружи. Лишь тогда соединение у вас получается прочным.



Кромки кузова усилены дюралюминиевыми уголками и деревянными рейками, приклеенными к боковым стенкам.

Деревянные элементы грунтуют горячей олифой и покрывают двумя-тремя слоями эмали. Такой кузов, окантованный блестящими дюралюминиевыми уголками, получится удобным и красивым. Но в принципе, для перевозки грузов, особенно сыпучих (песка, мешка с цементом и т. п.), подойдет и обычное корыто, которое устанавливают на раму по той же методике.

Если же прицеп будут использовать для перевозки пассажиров, на раму можно установить любое подходящее сиденье. Главное требование к нему – прочность. Отлично подойдет, например, металлический стул со спинкой. У него надо удалить ножки, приделать вместо них лонжероны, по бокам прикрепить глухие боковины (для защиты от грязи) и оснастить подножкой.

Учтите, что мопед не рассчитан на эксплуатацию с прицепом и может «не потянуть», особенно при преодолении подъемов. Поэтому есть резон установить на него еще одну звездочку с большим числом зубьев, чем на звездочке заднего колеса. Для этой цели подойдет большая звездочка от дорожного велосипеда. Крепить к заднему колесу лучше всего сразу обе звездочки – и штатную, и новую, как на гоночном велосипеде. При трансформации мопеда из двухколесного в трехколесный цепь перебрасывают на большую звездочку, удлинив ее при этом дополнительным отрезком.

В процессе эксплуатации обратите внимание на работу тормозов и регулировку положения бокового колеса прицепа относительно колес мопеда. В идеальном случае трехколесный мопед должен ехать строго по прямой даже при кратковременном отпуске руля. Если мопед «рыскает» по курсу, его надо отрегулировать, юстируя крепежные резиновые втулки относительно поперечных труб прицепа.

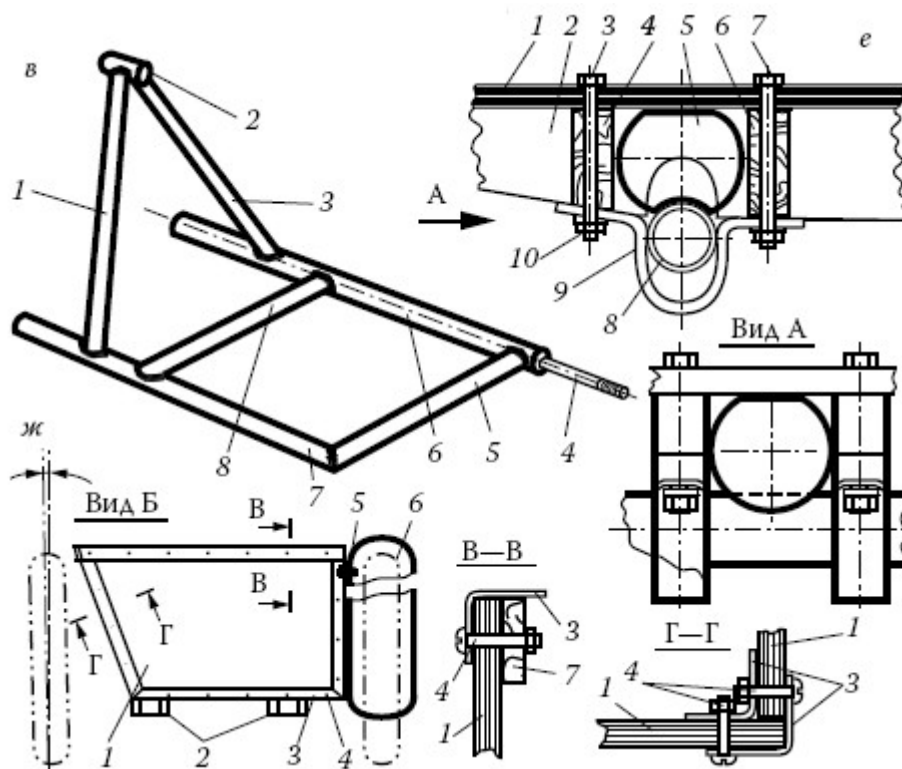


Рис. 111. Боковой прицеп для mopeda:

а – общий вид (вид сбоку); б – вид сверху (здесь и в поз. а грузовой кузов показан пунктиром); в – рама (1, 3 – трубчатый подкос; 2 – стальная втулка; 4 – ось бокового колеса; 5, 8 – продольные элементы рамы; 6 – передняя поперечина; 7 – задняя поперечина); г – нижний (передний или задний) стыковочный узел (1 – шайбы; 2 – гайка зажимная; 3 – резиновая втулка; 4 – стыковочный болт; 5 – регулировочная гайка; 6 – трубчатая поперечина рамы прицепа); д – верхний стыковочный узел (1 – внутренняя шайба; 2 – стыковочный болт; 3 – вертикальная стойка рамы; 4 – стальная втулка; 5 – внешняя шайба; 6 – гайка с контргайкой; 7 – трубчатый подкос; 8 – резиновая втулка); е – устройство подвески (1 – днище кузова; 2 – продольный лонжерон кузова; 3, 7 – соединительные болты; 4, 6 – упоры-ограничители; 5 – амортизатор – теннисный мяч; 8 – поперечина рамы прицепа; 9 – хомут; 10 – гайка); ж – кузов, вид сзади и элементы конструкции (1 – фанерная стенка; 2 – лонжероны; 3 – уголок; 4 – винт с гайкой М4; 5 – винт крепления грязевого щитка; 6 – грязевой щиток; 7 – рейка-окантовка)

## Металлический гараж

Металлические гаражи давно и хорошо известны автомобилистам благодаря невысокой стоимости и простому и удобному монтажу. Каркас нужного размера сваривают по месту из профильной трубы сечением не меньше  $30 \times 30$  мм или уголка с ребром 40 мм. Нижнюю раму, на которой собраны стойки каркаса, можно выполнить из той же трубы или использовать швеллер и заводить стойки внутрь его полков. Затем каркас обшивается листовым металлом толщиной 2–3 мм. Листы обшивки можно крепить саморезами (в таком случае стоит использовать оцинкованный метиз, чтобы избежать коррозии) или приваривать к каркасу. Все листы конструкции желательно соединять между собой внахлест, что повышает водонепроницаемость помещения.

Двускатную крышу укладывают на поперечные сварные балки-фермы, которых должно быть не менее трех (два фронтона и одна – посредине). В верхней точке фермы между собой скрепляют конек из того же уголка или трубы, которые использовались для создания стен (рис. 112, в). Для устройства односкатной крыши по длине гаража крепят поперечные несущие балки, которые затем обшивают стальными листами или профлистом (рис. 112, а – б).

Все металлические конструкции грунтуют с обеих сторон и окрашивают масляной краской два раза.

Для металлического гаража не обязателен мощный фундамент. Ленты шириной 30 см и глубиной 30–40 см вполне достаточно. Чтобы ускорить работы, полы и фундаменты выполняют одновременно. Для этого по периметру будущего гаража выкапывают траншею, а снаружи выставляют опалубку, чтобы залитый бетон выступал над уровнем грунта минимум на 10 см. Укладывают бетон сразу по всей площади. Размеры бетонной площадки вместе с фундаментами принимают такие, чтобы снаружи гаража выступало 10 см бетона.

Впрочем, даже такую ленту делать не обязательно. Вполне достаточно просто заасфальтировать площадку нужного размера или уложить бетонную плиту толщиной от 100 мм. Можно залить площадку бетоном такой же толщины, предварительно уложив для прочности металлическую сетку. Но в любом случае площадка должна быть приподнята над уровнем окружающей местности, чтобы дождевая вода не заливала пол гаража.

Металлические конструкции гаража крепят к бетону с помощью анкеров. Проще всего анкера изготовить из арматуры #12–14 мм и длиной 15–20 см. Их забивают в просверленные перфоратором отверстия, точно соответствующие по диаметру размерам анкера. К забитому стержню электросваркой приваривают нижний пояс металлического гаража. Полтора десятка таких анкеров, установленных по периметру, надежно фиксируют гараж размером 6 × 4 м.

Самодельные гаражные ворота распашного типа изготовить под силу любому мастеру. Понадобится металлический уголок, лист оцинкованной стали, толщина которого составляет 1–3 мм, и профиль.

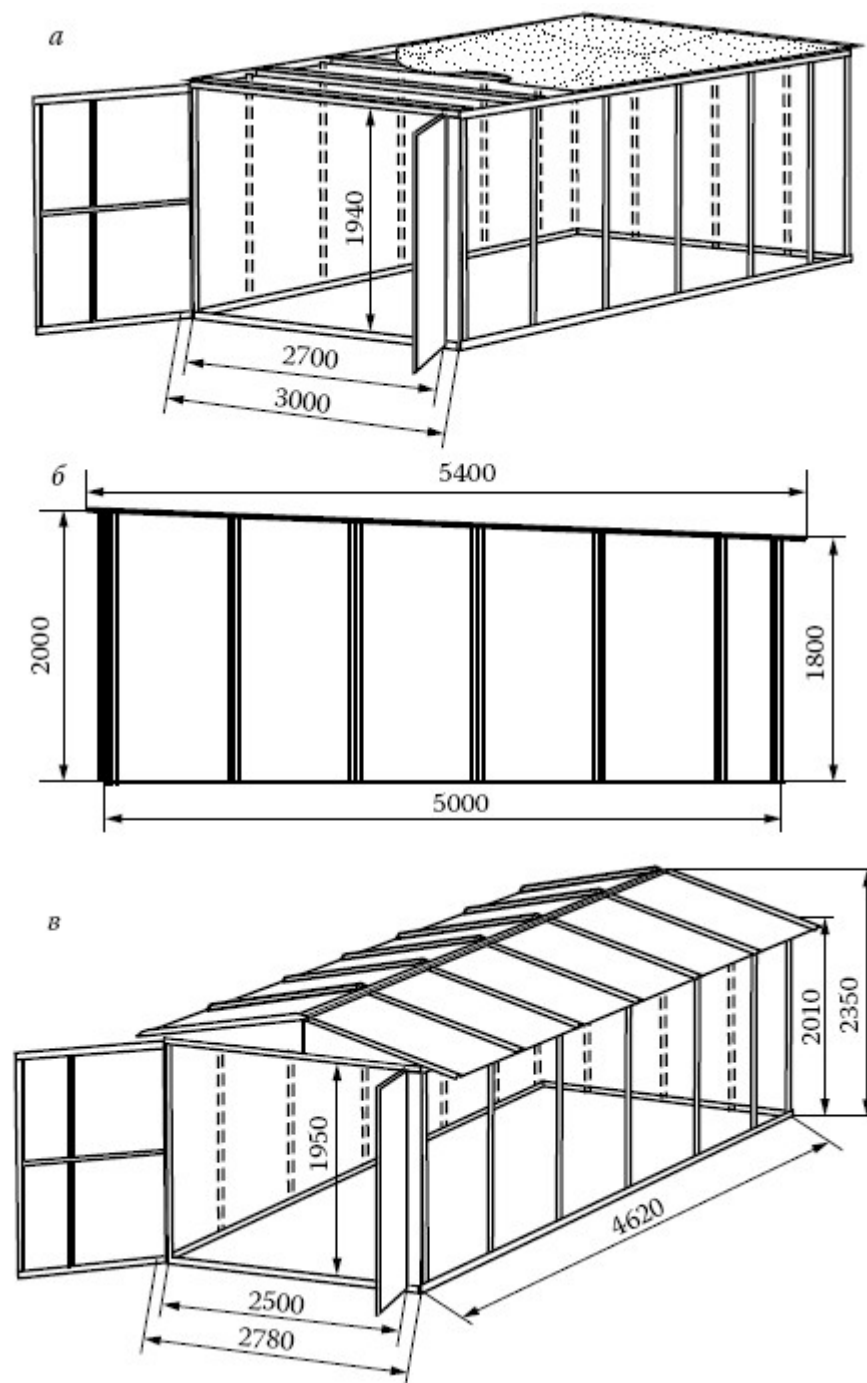


Рис. 112. Конструкция металлического гаража:

а – с односкатной крышей; б – формирование уклона односкатной крыши; в – с двускатной крышей

Вначале следует собрать крепежную раму, которая включает в себя внутренний и внешний каркас. Основу рамы выполняют из металлического уголка  $65 \times 65$  мм. Всю конструкцию сначала формируют на плоской горизонтальной поверхности. Для удобства монтажа следует использовать подкладки, например из целых кирпичей одного размера. Углы рамы выставляют по угольнику и проверяют диагонали сформированной конструкции, которые должны быть одинаковыми по длине. Детали рамы фиксируют струбцинами, а затем прихватывают сваркой. Струбцины снимают и обязательно еще раз проверяют диагонали и

общие габариты конструкции. Только убедившись в том, что все размеры выдержаны, швы проваривают окончательно.

Для обшивки ворот обычно используют листы оцинкованной стали толщиной 2–3 мм. Для усиления конструкции изнутри на высоте 1 м горизонтально приваривается металлический пояс. Полезно также приварить и дополнительную вертикальную стойку.

После того как рама ворот полностью собрана, делают каркас для створок из профиля. Направляющие вставляются в раму и тщательно выравниваются. При этом обязательно оставляют зазор не более 20 мм между рамой и направляющими, он будет необходим для свободного движения створок. После проверки прямых углов каркаса профиль можно сваривать.

Ворота навешивают на силовые петли и оснащают засовом с вертикальным штырем. Когда конструкция полностью собрана, ворота следует покрыть грунтовкой и окрасить.

## **Газовая сварка в ремонте автомобиля**

Как было сказано ранее, тонкий металл лучше варить газом, а листы толщиной, равной или более 2 мм, обычно сваривают дуговой сваркой. Но в любом случае сварочные работы применительно к автомобилю имеют ряд особенностей. Их мы и рассмотрим.

### ***Способ левой продольной (кузовной) сварки***

При кузовных автомобильных работах газовую сварку выполняют на тонких листах.

Подготовка таких листов под сварку очень проста. Кромки листов обрезают ножницами или пилой, обеспечивая прямой рез. Листы плотно состыковывают друг с другом.

Чтобы после сварки можно было произвести рихтовку, свариваемые листы необходимо выставить в одной плоскости и варить левым способом. Если сварщик держит горелку в правой руке, то горелка располагается вдоль оси сварного шва и наклонена так, чтобы пламя было направлено налево. Конец пламени удерживают на расстоянии около 1 мм от зеркала расплавленного металла. Горелку перемещают справа налево, сопло наклонено в сторону выполненного сварного шва, а струя пламени прогревает линию сварки.

Если сварочный шов должен быть расположен в углу, то в зависимости от формы детали предпочтительнее выполнять сварку встык отогнутой кромки одного листа с прямой кромкой другого листа и последующей рихтовкой.

На практике иногда невозможно производить поперечную сварку. Но независимо от направления перемещения сопла горелки оно всегда наклоняется в сторону выполненного сварного шва.

В кузовных жестяных работах сварку обычно проводят без присадочного металла. Один из свариваемых листов при этом является неподвижным, а другой приваривают сразу, держа горелку в одной руке и направляя второй рукой привариваемый лист так, чтобы кромка листа была точно установлена для сварки.

Если сварка производится с присадочным металлом, то его удерживают симметрично соплу, погружая конец присадочного металла короткими быстрыми движениями в расплавленный металл шва.

На несъемных деталях автомобиля, особенно в том случае, когда деталь невозможно расположить так, чтобы произвести горизонтальную сварку, применяют левую сварку по месту. В этом случае сварочный шов может располагаться в наклонной или вертикальной плоскости. Для выполнения такой сварки устанавливают сопло с производительностью приблизительно на 30 % меньше той, которая необходима для горизонтальной сварки листов такой же толщины.

### ***Сварка точками***

Это предварительная прихватка, заключающаяся в скреплении двух соединяемых деталей короткими сварными строчками, которые называют сварными точками. Эти точки удерживают кромки в необходимом положении в процессе сварки. Сварные точки должны быть достаточно прочными, чтобы под действием расширения при сварке не происходило их разрыва, и в то же время не должны быть длинными, чтобы их можно было легко разрушить при необходимости подгонки деталей. Сварные точки не должны сильно превышать толщину свариваемой детали, чтобы не являться помехой в процессе выполнения окончательной сварки. Первую точку желательно выполнить посередине линии сварки.

Если сварной шов формирует угол, то первую точку следует выполнить в вершине угла. Если сварка предназначена для ремонта излома, то первую сварную точку выполняют в месте начала излома на листе. Далее сварные точки располагают с интервалом не более 30 толщин свариваемого листа.

Сварные точки выполняют начиная от первой, направляя горелку в направлении не схваченных точками участков. При нагреве кромок происходит их расхождение, однако при охлаждении, следующем после плавления, происходит усадка, вызывающая сближение кромок.

При сварке точками замкнутого шва прямоугольной формы вначале выполняют точки на двух наиболее плоских сторонах, расположенных противоположно друг другу, а затем на двух других более выпуклых сторонах, так как в результате неизбежного защемления деформация, вызванная удлинением, будет временно акцентироваться в центре.



Не следует вначале соединять точками два конца сварного шва, а затем выполнять промежуточные точки, так как при этом будет возникать расширение в противоположных направлениях, которое приведет к деформации кромок, вызывающей либо их перекрещивание, либо изменение уровня расположения.

При сварке без присадочного металла расплав каждой кромки может с трудом соединяться друг с другом. В таком случае нужно немного поднять горелку, что обычно приводит к образованию единого расплава металла. Следует дать сварной точке затвердеть до ее почернения.

Если нарушился уровень расположения кромок или кромки, не прихваченные точками, налезает друг на друга, нужно подрихтовать последнюю точку. При слишком толстых не соединенных точками кромках необходимо полностью охладить последнюю точку, что приведет к максимальной усадке металла. Если и этого окажется недостаточно, следует произвести сварку более близко расположенными точками, расплавляя небольшие капли присадочного металла.

После точечного прихвата следует произвести подрихтовку всей линии стыка, соединенного сварочными точками.

### ***Сварка на горизонтально располагаемых деталях кузова***

Для выполнения такой сварки, так же как и для прихватки точками, на горелку устанавливают сопло, соответствующее толщине сварки. Нормальным расходом газа считается 100 л/ч на 1 мм толщины сварки. Для меньшей горелки принимают и меньший расход. На

практике стандартный расход составляет 50–70 л, ведь листовая обшивка кузовов легковых автомобилей имеет толщину менее 1 мм.

Чтобы удлинение зоны жидкого расплава, расположенного с ним в непосредственной близости, не вызывало расхождения металла, сварку начинают с внутренней части шва и сплошным швом направляются к краю листа, т. е. выполняют закраину. Затем производят сварку от начала закраины в направлении второго конца свариваемых листов. Если требуется заварить трещину, то конец трещины играет роль закраины.

Если вырез, который подлежит сварке, имеет форму угла, сварку начинают с вершины угла и ведут ее в направлении одного края, а затем другого. Если сваривают детали, образующие отверстие посередине панели, то сваривают попарно две противоположные стороны. Перед сваркой производят тщательную регулировку пламени, а затем подводят его на расстояние около 1 мм до поверхности металла. Сопло наклоняют под углом  $\approx 45^\circ$  к оси сварного шва. Как только металл расплавится, горелку равномерно перемещают без смещения в боковом направлении. Поддерживают нормальное плавление металла путем изменения скорости подачи и корректировки угла наклона горелки.

При увеличении наклона сопла проникновение зоны расплавленного металла уменьшается. Поэтому при сварке угол наклона сопла изменяется в пределах  $15\text{--}45^\circ$ . Во всех случаях надо иметь наготове пруток присадочного металла, чтобы заполнить случайно образовавшееся при сварке отверстие.

С внутренней стороны сварочный шов должен представлять собой тонкую линию непрерывно расплавленного металла. Сварочный шов должен иметь небольшую ширину (в пределах 3–4 толщин свариваемого листа). После сварки металлу дают охладиться, не смачивая его. Сварочные швы и их закраины необходимо затем отрихтовать, следя за тем, чтобы металл сильно не вытягивался.

### ***Вертикальная сварка двойным швом***

Этот тип сварки с высокой надежностью подходит лишь для сварки внутренних деталей, например лонжеронов. Применяют сопло с расходом 60 л/ч. Для прихватывания сварными точками зазор между листами принимают равным двум толщинам. Горелку удерживают под углом около  $30^\circ$  к горизонтали, а присадочный металл – под углом  $20^\circ$  к горизонтали.

В отличие от других способов, сварку здесь начинают с создания отверстия. Затем начинают подачу горелки и присадочного металла. Отверстие необходимо сохранять в течение всего процесса сварки. Таким образом, расплавленный металл удерживается отверстием в процессе затвердевания, при этом проникновение расплавленного металла в шов уверенное.

### ***Сварка по внутреннему углу***

Горелку перемещают в том же направлении, что и при левой сварке. Устанавливают сопло с расходом 125 л/ч. Сопло наклоняют под углом  $45^\circ$  и удерживают его в плоскости, проходящей через биссектрису внутреннего угла. Присадочный металл располагают симметрично под тем же углом и перемещают по небольшому участку круговой дуги, чтобы заполнить сварочный шов вдоль вертикального листа, а затем остальную часть шва. Это делается для компенсации стекания жидкого металла на горизонтальный лист, в результате чего на вертикальном листе могут образовываться желобки, а иногда и отверстия.

Для равномерной плавки двух соединяемых кромок можно корректировать расположение сопла горелки. Для облегчения работы каждый раз, как только возможно, свариваемые детали располагают так, чтобы поверхность жидкого металла сварного шва располагалась горизонтально.



### ***Сварка по наружному углу***

Перемещение горелки при данном способе производится так же, как и при левой сварке. Используют сопло с расходом 75 л/ч. Свариваемые листы располагают так, чтобы их края образовывали фаску. При возможности следует размещать свариваемые детали так, чтобы фаска располагалась плашмя. В противном случае необходимо удерживать сопло горелки почти горизонтально, что задерживает расплавленный металл.

Этот способ сварки можно практиковать с присадочным металлом или без него. Но сварной шов трудно подвергается рихтовке, следовательно, кромка шва останется деформированной.

## Основные методы сварки металлоконструкций

Напоследок вкратце рассмотрим основные способы монтажа, применяемые в строительстве для изготовления металлических конструкций с помощью сварки.

### Балки

Монтажные стыковые швы прокатных балок (рис. 113, а) выполняют сначала на толстом, а затем на тонком металле. Поэтому сначала накладывают швы полки (1 и 2), а затем – стенки (3).

При изготовлении сварных балок с совмещенным стыком угловые швы соединения стенки с полкой (4) выполняют в последнюю очередь (рис. 113, б). Продольные швы не доводят до конца балки на величину, равную одной ширине полки (для низкоуглеродистой стали) или двум (для легированной стали).

Если толщина полки разная, балка получается со смещенным стыком (рис. 113, в). Вначале выполняют стыковой шов полки с большей толщиной (1), а затем с меньшей (2). Желательно, чтобы угловые швы (4) накладывали одновременно два сварщика от концов к середине монтажного стыка.

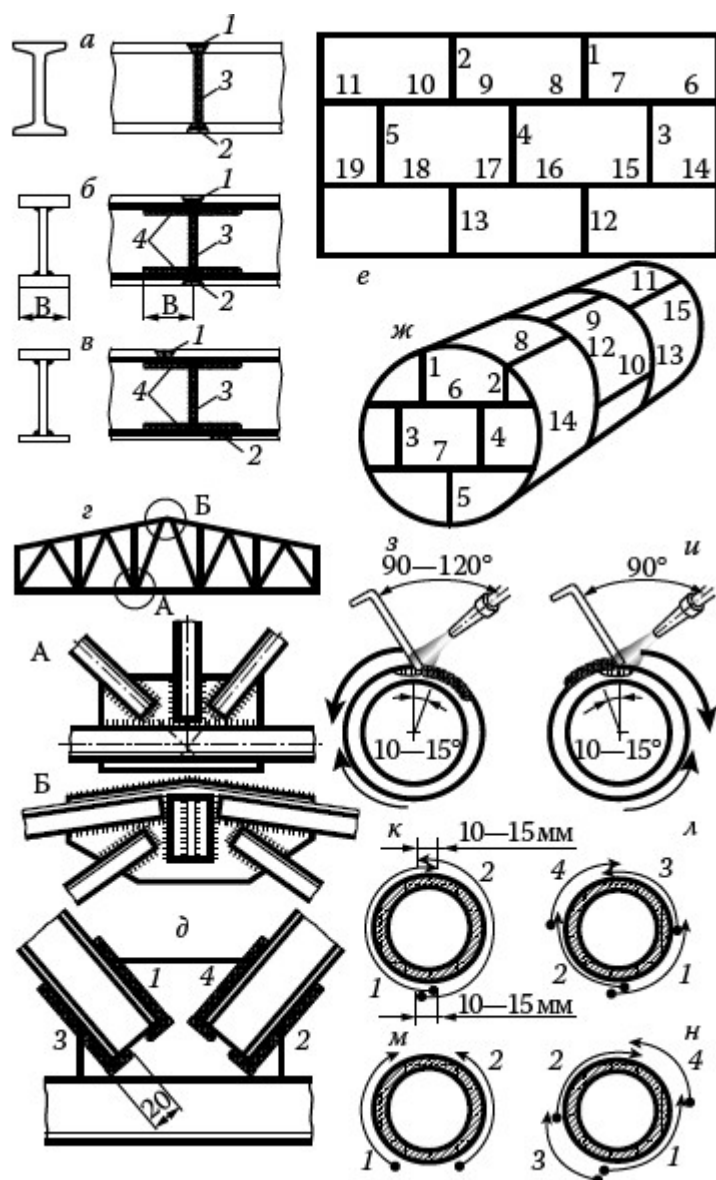


Рис. 113. Методы сварки металлоконструкций (цифры обозначают последовательность выполнения швов):

а – прокатные балки; б – сварные балки с совмещенным стыком; в – сварные балки со смещенным стыком; г – фермы; д – последовательность выполнения продольных швов; е – настил; ж – резервуар; з – газовая сварка труб левым способом; и – то же правым способом; к, л – газовая сварка неповоротных стыков; м, н – электродуговая сварка труб с поворотом на 180° (точками показано начало шва, стрелками – его окончание)

## Фермы

Узел фермы сваривают последовательно – от середины фермы к опорным узлам (рис. 113, г). Сначала выполняют стыковые, а затем угловые швы. Если швы разного сечения, то вначале накладывают швы с большим сечением, а затем с меньшим.

Каждый элемент при сборке прихватывают швом длиной 30–40 мм. Близко расположенные швы нельзя выполнять сразу. Вначале дают остыть тому участку основного материала, где будет накладываться близко расположенный шов. Это снизит перегрев металла и

пластические деформации. Конец продольного шва выводят на торец привариваемого элемента на длину 20 мм (рис. 113, д).

## Листовые конструкции

Методы стыковых и нахлесточных соединений листовых материалов уже были рассмотрены довольно подробно. Но при изготовлении крупных конструкций, например металлических настилов, обшивок, цистерн и т. п., особое значение имеет порядок сваривания отдельных листов, цель которого – снизить неизбежные деформации. Порядок выполнения швов при сварке таких элементов для плоских конструкций показан на рис. 113, е, а для цилиндрических – на рис. 113, ж.

## Сварка трубопроводов

При газовой сварке трубопроводов на поворотных стыках трубы #14–48 мм с толщиной стенки до 3 мм сваривают левым способом (рис. 113, з), а трубы 57–159 мм с толщиной стенки более 3 мм – правым способом (рис. 113, и). При этом сварочная ванна должна располагаться ниже верхней точки трубы. В случае работы с неповоротными стыками сварку ведут встречными швами. При диаметре труб до 100 мм включительно таких швов два (рис. 113, к), на трубы толще 100 мм накладывают 4 шва (рис. 113, л). Сварку выполняют преимущественно правым способом. Во время сварки одного стыка не допускаются перемены в работе. Присадочный пруток располагают более полого к изделию, а по окончании сварки пламя горелки отводят от расплавленного металла постепенно.

При электродуговой сварке трубопроводов стыки труб #219 мм и менее независимо от толщины стенки выполняет один сварщик. Стыки труб большей толщины сваривают одновременно два сварщика. При сварке толстых труб обязательна разделка шва, швы выполняются многопроходными. Корневой шов выполняют электродом #3 мм, а число слоев зависит от толщины стенки:

|                    |     |      |       |       |       |       |
|--------------------|-----|------|-------|-------|-------|-------|
| Толщина стенки, мм | 4–6 | 7–11 | 12–14 | 15–17 | 18–22 | 23–25 |
| Число слоев        | 2   | 3    | 4     | 5     | 6     | 7     |

После каждого прохода обязательно зачищают поверхность предыдущего шва от шлака. Сварку ведут как можно более короткой дугой. Ширина шва должна перекрывать ширину разделки на 1,5–2 мм в каждую сторону. Облицовочный шов выполняют так, чтобы он имел плавное сопряжение с поверхностью трубы. В отличие от сварки газовой, при сварке дугой встречные швы выполняют так, чтобы сварка следующего шва велась на максимальном удалении от только что выполненного предыдущего (рис. 113, м – н).

## **Вместо заключения**

### **Техника безопасности при сварочных работах**

Любые сварочные работы представляют реальную опасность для здоровья сварщика. Но избежать этих опасностей совсем несложно. Нужно лишь соблюдать правила техники безопасности, которые созданы для вашей же защиты. Эти правила сводятся к очевидным истинам. Нельзя приступать к работе, думая только о сварке. В первую очередь подумайте о себе. Ни один сварочный шов не стоит удара током или ожога. Если сэкономить на качественной маске или очках, испортить зрение очень легко, а купить новые глаза уже не удастся. Если не надеть респиратор при работе в помещении, можно быстро получить сильное отравление. К тому же ожоги и «зайчики» сильно отвлекают и не дают сделать хороший шов.

## **Техника безопасности при газопламенной обработке**

Газопламенная обработка связана с использованием горючих взрывоопасных газов. Это требует соответствующего отношения к организации труда. В разделе, посвященном технологии газовой сварки, были достаточно подробно описаны приемы безопасного обращения с газовым оборудованием. Однако основные положения стоит повторить.

Нельзя работать в непосредственной близости от легковоспламеняющихся, горючих материалов, таких как бензин, керосин, стружка и др. Расстояние от места сварки до ацетиленовых генераторов должно составлять не менее 10 м, до отдельно стоящих баллонов с горючими газами – не менее 5 м. Эти же нормы относятся и к разведению открытого огня и курению.

Используемые газы опасны лишь в закрытых местах. Поэтому нельзя проводить сварку внутри резервуаров и в помещениях без вентиляции. Снаружи должен находиться кто-нибудь, способный оказать помощь в случае необходимости.

Вентили кислородных баллонов, кислородные редукторы и шланги следует предохранять от попадания на них смазочных материалов. Все соединения любых редукторов должны быть герметичны.

Во время хранения и эксплуатации нельзя подвергать баллоны с газами нагреву, так как из-за этого в них повышается давление, что может привести к взрыву. Их следует защищать от воздействия солнечных лучей и устанавливать в стороне от электрических проводов и нагретых предметов.

Замерзшие газогенераторы, головки кислородных и ацетиленовых баллонов можно отогревать только горячей водой, не имеющей следов масла, или паром.

Глаза защищают очками с зелеными или голубыми стеклами. Для работы не требуется специальной одежды, однако в одежде из синтетических материалов работать нельзя.

И не забудьте захватить к месту сварочных работ ведро с чистой водой для охлаждения горелки.

## Техника безопасности при дуговой сварке

Безопасным для человека считается напряжение электрического тока не выше 12 В. Так что не стоит с пренебрежением относиться к напряжению на выходе сварочного аппарата и тем более – на его входе.

Электробезопасность необходимо обеспечить для предотвращения даже случайной возможности поражения током – как самого сварщика, так и окружающих. Поэтому регулярно проверяйте исправность изоляции кабелей, электрододержателей и надежность всех контактов до начала работ. Корпуса сварочных аппаратов и рубильников надо надежно заземлять, сварочный кабель, электрододержатель и ручку рубильника – изолировать. Длина проводов между питающей сетью и передвижным сварочным агрегатом для ручной дуговой сварки не должна превышать 15 м.

Во время простоя, перемещения, обеденного перерыва и т. д. отключайте сварочное оборудование. Все замеченные неисправности устраняйте только после полного обесточивания аппарата.

Не работайте под дождем или снегом. Сварка при повышенной влажности (в том числе и в сырых помещениях, подвалах и т. д.) требует специальных навыков и особого опыта, иначе можно и электротравму получить, и оборудование серьезно испортить.

Внутри замкнутых резервуаров и других листовых металлоконструкций работы по электросварке можно выполнять только в диэлектрических галошах и на резиновом коврике или на подстилке из изолирующих материалов.

Будьте особо внимательны при зажигании дуги и во все время ее горения – это период повышенной опасности. Не отвлекайтесь и во время работы. С опытом брызг расплавленного металла при работе будет всё меньше, но даже многоопытные сварщики не работают с расстегнутым воротом и закатанными рукавами. Для защиты глаз и лица от световых и тепловых лучей сварочной дуги закрывайте лицо сварочной маской или шлемом с соответствующими светофильтрами. Наденьте спецодежду, рукавицы из искростойких материалов, кожаную обувь, при необходимости воспользуйтесь каской.

Даже при работе на улице желательно защищать органы дыхания от вредных газов (оксидов марганца, хрома и пр.) респираторами типа «Снежок» и др., совместимыми со сварочными масками.

Особенно следует быть внимательным при работе на высоте. Спецодежда и маска сковывают движения, поэтому не пренебрегайте стандартными средствами высотной безопасности – монтажным поясом, страховкой.

## Пожарная безопасность

Для быстрой ликвидации очагов пожара в легкодоступном месте вблизи места сварки всегда должны быть емкости с водой или песком, лопата, а также ручной огнетушитель. Однако помните, что возгорание электропроводки и аппаратов, находящихся под напряжением, тушить водой нельзя ни в коем случае! Пенные огнетушители тоже не годятся. Оптимальным решением будет наличие порошкового или углекислотного огнетушителя.

Учтите, что пожар может начаться не сразу, поэтому по окончании сварки следует внимательно осмотреть место проведения работ, чтобы убедиться, не тлеет ли что-нибудь, не пахнет ли дымом и гарью.

Не забывайте: халатность может стать причиной серьезной травмы. Зато осторожность и аккуратность при проведении сварочных работ вполне совместимы с профессионализмом.



## Приложения



Таблица 1  
Свариваемость сталей

| Группа свариваемости   | С <sub>экв</sub> , % | Марки сталей                                   |  | Условия сварки   |
|------------------------|----------------------|--|--|--|
|                        |                      | Углеродистые                                   | Легированные   |  |
| 1                      | 2                    | 3  | 4  | 5  |
| I. Хорошая             | До 0,25              | ВСт1;<br>ВСт2;<br>ВСт3;<br>ВСт4;<br>15; 20; 25 | 15Г; 20Г;<br>15Х; 15ХА;<br>20Х;<br>15ХМ;<br>20ХГСА;<br>10ХСНД;<br>10ХГСНД;<br>15ХСНД | Без ограничений, в широком диапазоне режимов сварки независимо от толщины металла, жесткости конструкций, температуры окружающей среды |
| II. Удовлетворительная | От 0,25 до 0,35      | ВСт5;<br>30; 35                                | 12Х2Н;<br>12ХНЗА;<br>20ХНЗА;<br>20ХН;<br>20ХГСА;<br>30Х;<br>30ХМ;<br>25ХГСА          | Сварка только при температуре окружающей среды не ниже –5 °С, толщине металла менее 20 мм и при отсутствии ветра                       |
| III. Ограниченная      | От 0,35 до 0,45      | ВСт6; 40;<br>45                                | 35Г; 40Г;<br>45Г; 40Г2;<br>35Х; 40Х;<br>45Х;<br>40ХМФА;<br>40ХН;<br>30ХГС;<br>30ХГСА | Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом до 250 °С, обязательным соблюдением режимов сварки                               |

|            |               |   |  |   |
|------------|---------------|---|--|---|
| IV. Плохая | Свыше<br>0,45 | 50; 55; 60;<br>65;<br>70; 75; 80;<br>85 | 50Г; 50Г2;<br>50Х; 50ХН;<br>5ХНЗМФА;<br>ХГС; 6ХС;<br>7ХЗ | Сварка с предварительным или сопутствующим подогревом и термообработкой по окончании сварки |
|------------|---------------|---|--|---|

Таблица 2

Наименьшие радиусы гибки листового материала в холодном виде

| Материал              | Сталь<br>$\sigma_B = 40—50$<br>кг/мм <sup>2</sup><br>(392—<br>400 Н/мм <sup>2</sup> ) | Дюралюминий | Алюминий | Медь | Латунь |
|-----------------------|---|-------------|----------|------|--------|
| Толщина материала, мм | Наименьшие радиусы гибки, мм  |             |          |      |        |
| 0,3                   | 0,5   | 1,0         | 0,5      | 0,3  | 0,4    |
| 0,4                   | 0,5   | 1,5         | 0,5      | 0,4  | 0,5    |
| 0,5                   | 0,6   | 1,5         | 0,5      | 0,5  | 0,5    |
| 0,6                   | 0,8   | 1,8         | 0,6      | 0,6  | 0,6    |
| 0,8                   | 1,0   | 2,4         | 1,0      | 0,8  | 0,8    |
| 1,0                   | 1,2   | 3,0         | 1,0      | 1,0  | 1,0    |
| 1,2                   | 1,5   | 3,6         | 1,2      | 1,0  | 1,2    |
| 1,5                   | 1,8   | 4,5         | 1,5      | 1,5  | 1,5    |
| 2,0                   | 2,5   | 6,5         | 2,0      | 1,5  | 2,0    |
| 2,5                   | 3,5   | 9,0         | 2,5      | 2,0  | 2,5    |
| 3,0                   | 5,5   | 11,0        | 3,0      | 2,5  | 3,5    |
| 4,0                   | 9,0   | 16,0        | 4,0      | 3,5  | 4,5    |
| 5,0                   | 13,0  | 19,5        | 5,5      | 4,0  | 5,5    |
| 6,0                   | 15,5  | 22,0        | 6,5      | 5,0  | 6,5    |

*Примечание:* значения соответствуют гибке листового материала вдоль волокон проката. При гибке поперек волокон радиусы гибки можно уменьшать примерно вдвое.

Таблица 3

Типы электродов для дуговой сварки конструкционных сталей и механические свойства металла шва

| Тип электрода | Механические свойства при нормальной температуре |                |                         |  |                             | Содержание в наплавленном металле, % (по массе) |       |
|---------------|--|----------------|-------------------------|--|-----------------------------|---|-------|
|               | металла шва или наплавленного металла            |                |                         | сварочного соединения при $d_s < 3$ мм |                             |   |       |
|               | $\sigma$ , МПа                                   | $\delta_s$ , % | КСУ, МДж/м <sup>2</sup> | МПа                                    | $\alpha$ загиба, рад (град) | S   | P     |
|               | не менее   |                |                         |  |                             | не более  |       |
| Э38           | 380  | 14             | 0,3                     | 380                                    | 1,0 (60)                    |   |       |
| Э42           | 420  | 18             | 0,8                     | 420                                    | 2,6 (150)                   |   |       |
| Э46           | 460  | 18             | 0,8                     | 460                                    | 2,6 (150)                   | 0,040   | 0,045 |
| Э50           | 500  | 16             | 0,7                     | 500                                    | 2,0 (120)                   |   |       |
| Э42А          | 420  | 22             | 1,5                     | 420                                    | 3,0 (180)                   |   |       |
| Э46А          | 460  | 22             | 1,4                     | 460                                    | 3,0 (180)                   |   |       |
| Э50А          | 500  | 20             | 1,3                     | 500                                    | 2,6 (150)                   |   |       |
| Э55           | 550  | 20             | 1,2                     | 550                                    | 2,6 (150)                   |   |       |
| Э60           | 600  | 18             | 1,0                     | 600                                    | 2,0 (120)                   | 0,030   | 0,035 |
| Э70           | 700  | 14             | 0,6                     | —                                      | —                           |   |       |
| Э85           | 850  | 12             | 0,5                     | —                                      | —                           |   |       |
| Э100          | 1000   | 10             | 0,5                     | —                                      | —                           |   |       |
| Э125          | 1250   | 8              | 0,4                     | —                                      | —                           |   |       |
| Э150          | 1500   | 6              | 0,4                     | —                                      | —                           |   |       |

*Примечания.*

1. Число в обозначении типа электрода соответствует временному сопротивлению разрыву  $\sigma_B$  в кгс/мм<sup>2</sup>.
2. КСУ – ударная вязкость.

Таблица 4

Требования к электропитанию дуги

| Рекомендуемая полярность постоянного тока | Напряжение холостого хода источника переменного тока, В |                       | Обозначение |
|---|---|-----------------------|-------------|
|   | Номинальное   | Предельное отклонение |             |
| Обратная (плюс на электроде)              | —   | —                     | 0           |
| Любая                                     |   |                       | 1           |
| Прямая (минус на электроде)               | 50  | ±5                    | 2           |
| Обратная (плюс на электроде)              |   |                       | 3           |
| Любая                                     |   |                       | 4           |
| Обратная (плюс на электроде)              | 70  | ±10                   | 5           |
| Прямая (минус на электроде)               |   |                       | 6           |
| Любая                                     |   |                       | 7           |
| Обратная (плюс на электроде)              | 90  | ±5                    | 8           |
| Прямая (минус на электроде)               |   |                       | 9           |

*Примечание.* Цифрой 0 обозначают электроды, предназначенные для сварки или наплавки только на постоянном токе обратной полярности.

Таблица 5

Характеристики наиболее распространенных электродов для сварки углеродистых и низколегированных сталей

| Электрод |            | Коэф. наплавки $\alpha_n, \text{Г}/(\text{А} \cdot \text{ч})$ | Род тока, полярность | Основное назначение электрода   |
|----------|------------|---|----------------------|---|
| тип      | марка      |   |                      |   |
| 1        | 2          | 3   | 4                    | 5   |
| Э42      | ВСЦ-2      | 10,5  | =                    | Углеродистая и низколегированная сталь  |
|          | ЦМ-7       | 10,6  | =, ~                 | Малоуглеродистая сталь  |
|          | АНО-6      | 10,0  | =, ~                 | —   |
| Э42А     | УОНИ-13/45 | 8,5   | =, ОП                | Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистой, среднеуглеродистой и низколегированной стали |
|          | СМ-11      | 9,5   | =(ОП), ~             | То же   |

|      |                |      |             |  |
|------|----------------|------|-------------|--|
| Э46  | АНО-4          | 8,5  | =, ~        | Сварные конструкции из малоуглеродистой стали  |
|      | ОЗС-6          | 10,5 | =, ~        | То же  |
|      | МР-3           | 7,8  | =(ОП),<br>~ | Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистой стали с $\sigma_B \leq 400$ МПа                                |
|      | АНО-29М        | 9,1  | =, ~        | Сварка сверху вниз ответственных сварных конструкций из малоуглеродистой стали                                       |
|      | АНО-24         | 8,3  | =, ~        | Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистой стали  |
|      | АНМ-1          | 9,0  | =, ~        | Сварные конструкции из малоуглеродистых сталей, поверхность которых насыщена серой                                   |
| Э46А | Э-138/<br>/45Н | 8,5  |             | Малоуглеродистые и низколегированные стали при постройке и ремонте судов   |
| Э50  | АНГ-1          | 12,3 | =, ~        | Сварка наклонным электродом сварных конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей                       |
|      | АНО-19         | 13,5 |             | Сварка в нижнем положении сварных конструкций из тех же сталей   |
| Э50А | АНО-Д          | 10,2 | =(ОП),<br>~ | Ответственные сварные конструкции судо- и энергомашиностроения из малоуглеродистых и низколегированных сталей        |
|      | АНО-9          | 9,7  | =(ОП)       | Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей. Сварка преимущественно сверху вниз |
|      | АНО-31         | 9,0  | =, ~        | Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей                                     |

|     |             |      |           |  |
|-----|-------------|------|-----------|--|
|     | АНО-30      | 12,5 | =, ~      | То же, эксплуатация при $T \geq -50$ °С. Сварка в нижнем положении   |
|     | АНО-ТМ      | 10,2 | =, ~      | Корневые и заполняющие слои, односторонние (без подварки корня шва) трубчатые соединения из углеродистых и низколегированных сталей. Формирование выпуклого обратного валика корневого шва |
|     | АНО-25      | 9,7  | = (ОП), ~ | Ответственные сварные конструкции из малоуглеродистых и низколегированных сталей, работающих при $T \geq -70$ °С   |
| Э55 | УОНИ-13/55У | 9,5  | = (ОП), ~ | Сварка ванным способом арматуры и обычная РДС сварных конструкций из малоуглеродистых и низколегированных сталей   |
| Э60 | ВСФ-65      | 9,5  | = (ОП), ~ | Ответственные сварные конструкции из низколегированных сталей повышенной прочности, $\sigma_B \leq 650$ МПа  |
|     | УОНИ-13/65  | 9,5  | = (ОП), ~ | Низколегированные хромистые, хромомолибденовые и хромокремнистомарганцевые стали   |

*Примечание.* ОП – обратная полярность, ток постоянный (=) или переменный (~).

Таблица 6  
Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки

| Толщина металла, мм | Число слоев или проходов в шве | Диаметр электрода, мм | Сила тока при сварке встык, А |
|---------------------|--------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 1                   | 2                              | 3                     | 4                             |
| 0,5                 | 1                              | 1,6—2                 | 10—20                         |
| 1                   |                                | 2—2,5                 | 20—50                         |
| 2                   |                                | 2,5—3                 | 40—100                        |

|     |     |     |         |
|-----|-----|-----|---------|
| 3   |     | 3   | 80—120  |
| 4   |     | 4   | 90—120  |
| 6—8 | 1—2 | 4—5 | 120—160 |
| 10  | 3   |     | 140—180 |
| 20  | 5—6 | 4—6 | 140—220 |

Таблица 7  
Зависимость сварочного тока от диаметра электрода

| Диаметр электрода, мм | Сварочный ток, А | Диаметр электрода, мм | Сварочный ток, А |
|-----------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| 1,5                   | 25—40            | 6                     | 280—360          |
| 2                     | 60—70            | 7                     | 370—450          |
| 3                     | 100—140          | 8                     | 450—560          |
| 4                     | 160—200          | 10                    | 750—850          |
| 5                     | 220—280          |                       |                  |

*Примечание.* При сварке тавровых соединений силу тока принимают на 10–15 % больше, чем при сварке встык.

Таблица 8  
Температуры разогрева стальной закаленной детали при отпуске

| Цвета побежалости | Температура, °С |
|-------------------|-----------------|
| Серый             | 330             |
| Светло-синий      | 314             |
| Васильковый       | 295             |
| Фиолетовый        | 285             |
| Пурпурно-красный  | 275             |
| Коричнево-красный | 265             |
| Коричнево-желтый  | 255             |
| Темно-желтый      | 240             |
| Светло-желтый     | 220             |

Таблица 9  
Цвета каления стали

| Цвета каления          | Температура, °С |
|------------------------|-----------------|
| Ярко-белый             | 1250—1300       |
| Светло-желтый          | 1150—1250       |
| Темно-желтый           | 1050—1150       |
| Оранжевый              | 900—1050        |
| Светло-красный         | 830—900         |
| Светло-вишнево-красный | 800—830         |
| Вишнево-красный        | 770—800         |
| Темно-вишнево-красный  | 730—770         |
| Темно-красный          | 650—730         |
| Коричнево-красный      | 580—650         |
| Темно-коричневый       | 550—580         |

Таблица 10  
Режимы ручной аргонодуговой сварки алюминия неплавящимся электродом

| Тип соединения                            | Толщина, мм | Диаметр, мм             |                       | Сварочный ток, А | Расход аргона, л/мин |
|---|-------------|-------------------------|-----------------------|------------------|----------------------|
|   |             | вольфрамового электрода | присадочной проволоки |                  |                      |
| 1   | 2           | 3                       | 4                     | 5                | 6                    |
| С отбортовкой кромок                      | 1           | 1                       | —                     | 45—50            | 4—5                  |
|   | 1,5         | 1,5—2                   | —                     | 70—75            | 5—6                  |
|   | 2           | 1,5—2                   | —                     | 80—85            | 7—8                  |
| Встык, без разделки кромок, одностороннее | 2           | 1,5—2                   | 1—2                   | 55—75            | 5—6                  |
|   | 3           | 3—4                     | 2—3                   | 100—120          | 7—8                  |
|   | 4           | 3—4                     | 2—3                   | 120—150          | 8—10                 |
| Встык, без разделки кромок, двустороннее  | 4           | 3—4                     | 3—4                   | 120—180          | 7—8                  |
|   | 5           | 4—5                     | 3—4                   | 200—250          | 8—10                 |
|   | 6           | 4—5                     | 3—4                   | 240—270          | 8—10                 |



|                                 |     |     |       |         |      |
|---------------------------------|-----|-----|-------|---------|------|
| Встык, с разделкой кромок       | 6   | 4—5 | 3—4   | 220—280 | 7—8  |
|                                 | 8   | 4—5 | 4—5   | 270—300 | 9—12 |
|                                 | 10  | 5—6 | 4—5   | 270—300 | 9—12 |
| Тавровое, угловое, нахлесточное | 2—4 | 2—4 | 1,5—4 | 100—200 | 5—7  |
|                                 | 4—8 | 4—5 | 3—4   | 200—300 | 7—8  |
|                                 | 10  | 5—6 | 4—5   | 270—320 | 9—10 |

Таблица 11

Режимы сварки стыковых соединений меди и ее сплавов графитовым электродом

| Толщина металла, мм | Диаметр электрода, мм | Длина дуги, мм | Сварочный ток, А |
|---------------------|-----------------------|----------------|------------------|
| 2                   | 6—7                   | 5—8            | 125—200          |
| 5                   | 8                     | 10—15          | 200—350          |
| 8                   | 10—12                 | 15—20          | 300—450          |
| 13                  | 15                    | 25—30          | 500—700          |

Таблица 12

Ориентировочные режимы ручной однопроходной сварки меди покрытыми электродами

| Толщина металла, мм | Диаметр электрода, мм | Сварочный ток, А |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| 2                   | 2—3                   | 100—120          |
| 3                   | 3—4                   | 120—160          |
| 4                   | 4—5                   | 160—200          |
| 5                   | 5—6                   | 240—300          |
| 6                   | 5—7                   | 260—340          |
| 7—8                 | 6—7                   | 380—400          |
| 9—10                | 6—8                   | 400—420          |

Таблица 13

Ориентировочные режимы ручной дуговой сварки титана вольфрамовым электродом #1,5–2 мм и присадочной проволокой #1–2 мм

|                     |       |       |       |       |        |         |         |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|---------|
| Толщина металла, мм | 0,8   | 1     | 1,2   | 1,5   | 2      | 2,5     | 3       |
| Сварочный ток, А    | 40—50 | 50—60 | 50—60 | 70—80 | 90—100 | 110—120 | 120—140 |

Таблица 14  
Режимы ручной сварки никелевых сплавов

| Толщина металла, мм | Диаметр электрода, мм | Сварочный ток, А |
|---------------------|-----------------------|------------------|
| До 2                | 2                     | 30—50            |
| 2—2,5               | 2—3                   | 40—80            |
| 2,5—3               | 3                     | 70—100           |
| 3—5                 | 3—4                   | 80—140           |
| 5—8                 | 4                     | 90—100           |
| 9—12                | 4—5                   | 100—165          |

Таблица 15  
Режимы резки стали угольными или графитовыми электродами

| Толщина металла, мм | Диаметр электрода, мм | Режим резки  |               |
|---------------------|-----------------------|--------------|---------------|
|                     |                       | Сила тока, А | Скорость, м/ч |
| 6                   | 10                    | 400          | 21            |
| 10                  |                       |              | 18            |
| 16                  |                       |              | 10,5          |
| 25                  | 15                    | 600          | 4,8           |
| 50                  |                       |              | 2,7           |
| 75                  |                       |              | 1,8           |
| 100                 |                       |              | 1,0           |
| 200                 | 20                    | 800          | 0,45          |
| 300                 |                       |              | 0,24          |

Таблица 16  
Режимы ручной дуговой резки низкоуглеродистой (числитель) и коррозионно-стойкой (знаменатель) стали металлическим электродом

| Толщина металла, мм | Диаметр электрода, мм | Режим резки  |                                   |
|---------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------|
|                     |                       | Сила тока, А | Скорость, м/ч                     |
| 6<br>12<br>25       | 2,5                   | 140/130      | 12/12,4<br>7,2/4,4<br>2,1/3       |
| 6<br>12<br>25       | 3                     | 190/195      | 13,8/18,7<br>8,1/8,7<br>3,8/4,5   |
| 6<br>12<br>25       | 5                     | 325/300      | 20,4/18,9<br>12,9/11,4<br>6,9/6,7 |

Таблица 17  
Содержание компонентов флюсов для горячей и холодной сварки чугуна, %

| Компонент            | Номера флюсов |     |     |    |    |    |    |
|----------------------|---------------|-----|-----|----|----|----|----|
|                      | 1             | 2   | 3   | 4  | 5  | 6  | 7* |
| Плавленая бура       | 100           | —   | —   | —  | —  | 23 | —  |
| Прокаленная бура     | —             | 100 | —   | 56 | —  | —  | 50 |
| Техническая бура     | —             | —   | 100 | —  | 50 | —  | —  |
| Карбонат натрия      | —             | —   | —   | 22 | —  | 27 | —  |
| Карбонат калия       | —             | —   | —   | 22 | —  | —  | —  |
| Гидрокарбонат натрия | —             | —   | —   | —  | 50 | —  | —  |
| Натриевая селитра    | —             | —   | —   | —  | —  | 50 | 50 |

Таблица 18  
Флюсы для низкотемпературной сварки и пайкосварки чугуна

| Марка флюса                 | Состав флюса          |               | Рабочая температура процесса, °С | Назначение  |
|-----------------------------|-----------------------|---------------|----------------------------------|---|
|                             | Компонент             | Содержание, % |                                  |   |
| ФСЧ-1                       | Карбонат калия        | 30            | 900—950                          | Газовая сварка чугунными прутками   |
|                             | Прокаленная бура      | 50            |                                  |   |
|                             | Нитрат натрия         | 20            |                                  |   |
| ФСЧ-2                       | Нитрат натрия         | 50            | 900—950                          | Пайкосварка чугунными прутками  |
|                             | Карбонат натрия       | 26,5          |                                  |   |
|                             | Прокаленная бура      | 23            |                                  |   |
|                             | Карбонат лития        | 0,5           |                                  |   |
| ФПСН-1                      | Карбонат лития        | 25            | 650—750                          | Низкотемпературная пайкосварка латунными припоями                             |
|                             | Кальцинированная сода | 25            |                                  |   |
|                             | Борная кислота        | 50            |                                  |   |
| ФПСН-2                      | Карбонат лития        | 22,5          | 650—750                          | Низкотемпературная пайкосварка кремнистыми латунями и сплавом ЛОМНА           |
|                             | Кальцинированная сода | 22,5          |                                  |   |
|                             | Борная кислота        | 45            |                                  |   |
|                             | Солевая лигатура      | 10            |                                  |   |
| МАФ-1                       | Плавная бура          | 33            | 750—800                          | Низкотемпературная пайкосварка чугунными прутками и сплавами на медной основе |
|                             | Кальцинированная сода | 12            |                                  |   |
|                             | Натриевая селитра     | 27            |                                  |   |
|                             | Оксид кобальта        | 7             |                                  |   |
|                             | Фторид натрия         | 12,5          |                                  |   |
|                             | Фторцирконат калия    | 8,5           |                                  |   |
|                             |                       |               |                                  |   |
| БМ-1<br>(газообразный флюс) | Метилборат            | 70            | 650—750                          | Пайкосварка чугуна  |
|                             | Метанол               | 30            |                                  |   |

Таблица 19

Содержание компонентов флюсов для газовой сварки алюминия и его сплавов, %

| Компонент      | Марки флюсов |         |      |      |     |     |     |
|----------------|--------------|---------|------|------|-----|-----|-----|
|                | АФ-4А        | АН-А201 | ВАМИ | КМ-1 | № 1 | № 2 | № 3 |
| Хлорид натрия  | 28           | —       | 50   | 20   | 33  | 19  | 41  |
| Хлорид калия   | 50           | —       | 50   | 45   | 45  | 29  | 51  |
| Хлорид лития   | 14           | 15      | —    | —    | 15  | —   | —   |
| Хлорид бария   | —            | 70      | —    | 20   | —   | 48  | —   |
| Фторид натрия  | 8            | —       | —    | 15   | —   | —   | 8   |
| Фторид кальция | —            | —       | —    | —    | —   | 4   | —   |
| Фторид лития   | —            | 15      | —    | —    | —   | —   | —   |
| Фторид калия   | —            | —       | —    | —    | 7   | —   | —   |

Таблица 20  
Содержание компонентов флюсов для газовой сварки меди и ее сплавов, %

| Компонент                          | Номера флюсов |     |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------|---------------|-----|----|----|----|----|----|----|
|                                    | 1             | 2   | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| Борная кислота                     | 100           | —   | 50 | 25 | 35 | —  | 10 | —  |
| Прокаленная бура                   | —             | 100 | 50 | 75 | 50 | 50 | 70 | 56 |
| Гидроортофосфат натрия (безводный) | —             | —   | —  | —  | 15 | 15 | —  | —  |
| Карбонат калия (поташ)             | —             | —   | —  | —  | —  | 15 | —  | 22 |
| Хлорид натрия                      | —             | —   | —  | —  | —  | 20 | 20 | 22 |

Таблица 21  
Технические характеристики баллонных редукторов

| Торговая марка* | Максимальное давление на входе, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | Рабочее давление, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ) |            | Масса, кг |
|-----------------|--|--|------------|-----------|
|                 |  | наибольшее                                   | наименьшее |           |
| 1               | 2  | 3  | 4          | 5         |
| БКО-50-4        | 20 (200)   | 1250 (12,5)                                  | 100 (1,0)  | 1,75      |
| БКО-5-4         |  | 350 (3,5)                                    |            | 1,75      |
| БКО-25-МГ       |  | 800 (8,0)                                    |            | 0,83      |

|          |          |             |           |      |
|----------|----------|-------------|-----------|------|
| БКД-25   | 20 (200) | 800 (8,0)   | 50 (0,5)  | 4,0  |
| БКД-50   |          | 1200 (12,0) | 100 (1,0) |      |
| БАО-5-4  | 2,5 (25) | 150 (1,5)   | 10 (0,1)  | 1,98 |
| БАО-1-4  |          | 80 (0,8)    |           | 1,98 |
| БАО-5-МГ |          | 150 (1,5)   |           | 1,13 |
| БАД      | 2,5 (25) | 120 (1,2)   | 10 (0,1)  | 4,0  |
| БВО-80-4 | 20 (200) | 1250 (12,5) | 10 (0,1)  | 1,7  |
| БПО-5-4  | 2,5 (25) | 300 (3,0)   | 10 (0,1)  | 1,6  |
| БПО-5-МГ |          | 300 (3,0)   |           | 0,73 |
| БПО-1-4  |          | 100 (1,0)   |           | 1,6  |

\* Первая буква определяет назначение редуктора, вторая – редуцируемый газ, третья – число ступеней редуцирования; первое число после буквенного обозначения – максимальное значение пропускной способности при наибольшем рабочем давлении, м<sup>3</sup>/ч; второе число – модификация редуктора; МГ – малогабаритные редукторы.

Таблица 22  
Правила выбора горелки

| Показатель   | Типы горелок            |                       |              |               |
|--|-------------------------|-----------------------|--------------|---------------|
|  | Г1                      | Г2                    | Г3           | Г4            |
| 1  | 2                       | 3                     | 4            | 5             |
| Мощность горелки   | Сверх-<br>малая         | Ма-<br>лая            | Сред-<br>няя | Боль-<br>шая  |
| Толщина свариваемого<br>металла, мм  | 0,1—1,0                 | 0,2—<br>9,0           | 0,5—<br>30,0 | 30,0—<br>80,0 |
| Диапазон регулирования рас-<br>хода*, дм <sup>3</sup> /ч:  |                         |                       |              |               |
| ацетилена  | 5—85                    | 25—<br>700            | 60—<br>2500  | 2500—<br>7000 |
| кислорода  | 6—95                    | 35—<br>950            | 65—<br>3600  | 3000—<br>9000 |
| Давление ацетилена и кисло-<br>рода на входе в безынжектор-<br>ную горелку, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ) | 10—120<br>(0,1—<br>1,2) | 14—120 (0,14—<br>1,2) |              | —             |

|  |             |                      |                      |     |
|--|-------------|----------------------|----------------------|-----|
| Давление на входе в инжекторную горелку, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ): |             |                      |                      |     |
| ацетилена  | —           | 1—120<br>(0,01—1,2)  | 30—120<br>(0,3—1,2)  |     |
| кислорода  | —           | 150—500<br>(1,5—5,0) | 250—500<br>(2,5—5,0) |     |
| Диаметр газового канала ниппеля горелки, мм                          | 3,0 или 4,5 | 4,5                  | 7,0                  | 7,0 |
| Масса горелки с наибольшим наконечником, кг                          | 0,35        | 0,65                 | 1,1                  | 2,3 |

Таблица 23  
Правила выбора наконечника горелки

|   |          |          |         |         |     |     |     |      |       |       |       |          |
|---|----------|----------|---------|---------|-----|-----|-----|------|-------|-------|-------|----------|
| Номер наконечника горелки                       | 000      | 00       | 0       | 1       | 2   | 3   | 4   | 5    | 6     | 7     | 8     | 9        |
| Толщина свариваемой низкоуглеродистой стали, мм | 0,05—0,1 | 0,1—0,25 | 0,2—0,5 | 0,5—1,0 | 1—2 | 2—4 | 4—7 | 7—11 | 11—17 | 17—30 | 30—80 | Свыше 80 |

Таблица 24  
Техническая характеристика инжекторного резака «Пламя-62»

|   |                                  |      |    |     |     |     |
|---|----------------------------------|------|----|-----|-----|-----|
| Показатели                              | Толщина разрезаемого металла, мм |      |    |     |     |     |
|   | 3—6                              | 6—25 | 50 | 100 | 200 | 300 |
| 1                                       | 2                                | 3    | 4  | 5   | 6   | 7   |
| Номер мундштука:                        |                                  |      |    |     |     |     |
| — внутреннего                           | 1                                | 2    | 3  | 4   | 5   | 5   |
| — наружного                             | 1                                | 1    | 1  | 2   | 2   | 2   |
| Давление кислорода, кгс/см <sup>2</sup> | 3,5                              | 4    | 6  | 8   | 11  | 14  |

|                            |       |         |         |       |      |       |
|----------------------------|-------|---------|---------|-------|------|-------|
| Расход, м <sup>3</sup> /ч: |       |         |         |       |      |       |
| — кислорода                | 3     | 5,2     | 8,5     | 18,5  | 33,5 | 42    |
| — ацетилена                | 0,6   | 0,7     | 0,8     | 0,9   | 1,0  | 1,2   |
| Примерная ширина реза, мм  | 2—2,5 | 2,5—3,5 | 3,5—4,5 | 4,5—7 | 7—10 | 10—15 |
| Скорость резки, мм/мин     | 550   | 370     | 260     | 165   | 100  | 80    |

Таблица 25  
Мундштуки для резки на заменителях ацетилена

| Показатели                                      | Природный газ |         | Пропан-бутан |       |         |
|---|---------------|---------|--------------|-------|---------|
|   | 0,01          |         | 0,1          |       |         |
| Максимальное давление газа, кгс/см <sup>2</sup> | 0,01          |         | 0,1          |       |         |
| Толщина разрезаемого металла                    | 5—100         | 100—300 | 3—8          | 5—100 | 100—300 |
| Диаметры каналов мундштуков, мм:                |               |         |              |       |         |
| — наружного $d_1$                               | 4,1           | 5,6     | 4,1          | 5,2   | 7,0     |
| — внутреннего $d_2$                             | 3,5           | 5,0     | 2,5          | 3,5   | 5,0     |
| — внутреннего $d_3$                             | 1,2           | 2,0     | 0,8          | 1,1   | 2,0     |
| — внутреннего $d_3$                             | 1,5           | 3,0     | —            | 1,5   | 3,0     |
| — внутреннего $d_3$                             | 2,0           |         |              | 2,0   |         |

Таблица 26  
Расстояние между мундштуком резака и разрезаемым металлом

|                     |      |       |       |        |         |         |
|---------------------|------|-------|-------|--------|---------|---------|
| Толщина металла, мм | 3—10 | 10—25 | 25—50 | 50—100 | 100—200 | 200—300 |
| Расстояние, мм      | 2—3  | 3—4   | 3—5   | 4—6    | 5—8     | 7—10    |

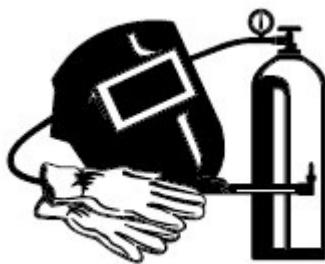
*Примечание.* При работе на газах – заменителях ацетилена указанные расстояния между мундштуком и поверхностью разрезаемого металла увеличивают на 30–40 %.

Таблица 27  
Площадь, необходимая для установки лестниц



| Вид лестницы |                       | Комфортабельная                         | Упрощенная                              |
|--------------|-----------------------|---|---|
| Одномаршевая | Простая               | $7,5 \times 1 = 7,5$                    | $5 \times 0,8 = 4$                      |
|              | С винтовыми ступенями | $5,5 \times 1 = 5,5$                    | $3 \times 0,8 = 3,2$                    |
| Двумаршевая  | Прямая                | $4,7 \times 2 = 9,4$                    | $3,1 \times 1,6 = 5$                    |
|              | Угловая               | $4,7 \times 4,7 - 3,7 \times 3,7 = 8,4$ | $3,1 \times 3,1 - 2,3 \times 2,3 = 4,3$ |
| Винтовая     | Угловая               | $3 \times 3 - 2 \times 2 = 5$           | $1,8 \times 1,8 - 1 \times 1 = 2,24$    |
|              | Простая               | 4                                       | 2,5                                     |

## Литература и другие источники



- Акулов А. И.,Алехин В. П. и др. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки. – М.: Машиностроение, 2003.
- Большаков И. С.,Сергеев М. А. Справочник слесаря. – Л.: Лениздат, 1974.
- Володин В.Я.Современные сварочные аппараты своими руками. – СПб.: Наука и техника, 2008.
- Геворкян В. Г.Основы сварочного дела. – М.: Высшая школа, 1985.
- Зубаль И. Д.Сварочный аппарат своими руками. – М.: Солон-Пресс, 2003.
- Кисаримов Р. А.Справочник сварщика. – М.: ИП РадиоСофт, 2012.
- Кобелев Ф. Г.Как сделать сварочные аппараты своими руками. – СПб.: Наука и техника, 2011.
- Корякин-ЧернякС. Л.Краткий справочник сварщика. – СПб.: Наука и техника, 2011.
- Кочергин К.А.Контактная сварка. – Л.: Машиностроение, 1987.
- Красильников П. А.и др. Конструктивные детали жилых и гражданских зданий. – М.: Государственное архитектурное издательство, 1949.
- Левадный В. С.,Бурлака А. П. Сварочные работы. – М.: ООО «Аделант», 2010.
- Лупачев В. Г.Газовая сварка. – Мн.: Вышэйшая школа, 2001.
- Лупачев В. Г.Ручная дуговая сварка. – Мн.: Вышэйшая школа, 2006.
- Маслов В. И.Сварочные работы. – М.: ИРПО; Изд. центр «Академия», 1999.
- Нойферт Э.Строительное проектирование. – М.: Стройиздат, 1991.
- Псарас Г. Г.,Ежель А. И. Сварщику цветных металлов: Справочное пособие. – Донецк: Донбасс, 1985.
- РыбаковВ. В.Учебник газосварщика. – К.: Машгиз, 1962.
- Рыбаков В. М.Дуговая и газовая сварка. – М.: Высшая школа,1986.
- Семерак Г.,Богман К. Художественнаяковка и слесарное искусство. – М.: Машиностроение, 1982.
- Соколов И. И.Газовая сварка и резка металлов. – М.: Высшая школа, 1986.
- Стеклов О. И.Основы сварочного производства. – М.: Высшая школа, 1981.
- ТитовО. И.Справочник электросварщика ручной сварки. – Новосибирск: Новосибирское книжное издательство, 1989.
- Ухин С. В.Кузнечное дело. – М.: ООО К89 «Издательство АСТ», 2004.
- Флеров А. В.Материаловедение и технология художественной обработки металлов. – М.: Высшая школа, 1981.
- Хромченко Ф. А.Справочное пособие электросварщика. – М.: Машиностроение, 2005.
- Чернышов Г. Г.,Мордынский В. Б. Справочник молодого электросварщика по ручной сварке. – М.: Машиностроение, 1987.
- Чулошников П. Л.Контактная сварка. – М.: Машиностроение,1977.

Шмаков В. Г. Кузница в современном хозяйстве. – М.: Машиностроение, 1990.  
Юхин Н. А. Газосварщик. – М.: Издательский центр «Академия», 2005.

<http://www.forumhouse.ru>  
<http://www.freeseller.ru>  
<http://www.master-sam.ru>  
<http://www.masterweld.ru>  
<http://www.metallischekiy-portal.ru>  
<http://www.mysteps.ru>  
<http://www.ostroykevse.ru>  
<http://www.otdelka-profi.narod.ru>  
<http://www.stroykaguru.ru>  
<http://www.stroyrom.ru>  
<http://www.svapka.ru>  
<http://www.technologyk.ru>  
<http://www.tehnolog-svarka.ru>  
<http://www.umeltsi.ru>  
<http://www.valvolodin.narod.ru>  
<http://www.websvarka.ru>  
<http://www.weldingsite.com.ua>

«Делаем сами» 2000, 2001, 2004 гг.  
«Дом» 2008 г.  
«Моделист-конструктор» 1994, 1998, 1999, 2009, 2011 гг.  
«Сам» 1993, 1998, 2000, 2001, 2008 гг.  
«Сделай сам» 1993, 1996, 1998, 2000 гг.  
«Электрик» 2000, 2003 гг.  
«Юный техник» 1988 г.