

Приложение 4.2.11

**МДК 02.01. Техника и технология ручной  
дуговой сварки (наплавки, резки)  
покрытыми электродами**

**Дуговая наплавка**

**Особенности процесса наплавки**

# Цель изучения темы

- В результате обучения по данной теме обучающиеся получают теоретические знания о наплавке и ее сущности.

**Место проведения:** кабинет теоретических основ сварки и резки металлов

**Форма урока :** лекция

# Осваиваемые компетенции:

**ПК 2.3. Выполнять ручную дуговую наплавку покрытыми электродами различных деталей.**

- \* *Наплавка* — нанесение слоя металла на поверхность заготовки или изделия посредством сварки плавлением. В случае применения для этой цели сварки давлением употребляют термин «наварка» (ГОСТ 2601-84).
- \* *Изготовительная наплавка* служит для получения новых биметаллических (многослойных) изделий. Такие изделия состоят из основы (основного металла), обеспечивающей необходимую конструкционную прочность, и наплавленного рабочего слоя (наплавленного металла) с особыми свойствами (износостойкость, термостойкость, коррозионная стойкость и т.д.).
- \* *Восстановительную наплавку* применяют для восстановления первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл может быть близок по составу и свойствам основному металлу (восстановительная размерная наплавка) или отличаться от них (восстановительная износостойкая наплавка).

# Схемы процесса

- Возможны две схемы формирования наплавленного слоя на поверхности детали.
- Основной служит схема наплавки, когда связь формируется в результате образования общей ванны жидкого металла, состоящей из частично оплавленного основного металла изделия и наплавляемого металла. Наплавляемый металл разбавляется металлом детали. Для этого используют все способы сварки плавлением.

- Наплавленный металл отличается по составу от электродного (присадочного) металла не только вследствие перемешивания с основным металлом, но и в результате взаимодействия с атмосферой дуги или шлаком. Таким образом, способ сварки влияет на состав наплавленного слоя и прочность сцепления с металлом детали.
- Недостаток схемы — изменение состава и свойств наплавленного слоя по сравнению с исходным электродным материалом.

- \* Менее распространена схема, когда расплавляется только наплавляемый металл, а поверхность детали нагревается до температур, достаточных для смачивания. В процессе смачивания и растекания наплавляемого металла на поверхности раздела формируются физические и химические связи.
- \* Максимальная прочность сцепления между наплавленным слоем и основным металлом при реализации схемы растекания соответствует образованию продуктов химических реакций на поверхности раздела. Эти же продукты, как правило, охрупчивают соединение.

- \* Наплавляемый металл практически не разбавляется металлом детали и сохраняет свои исходные свойства.
- \* Недостаток схемы — меньшая прочность сцепления между слоем наплавки и изделием и трудность контроля качества этого сцепления.



- \* В промышленности наплавку используют для восстановления исходных размеров детали, а также для придания поверхностному слою детали определенных свойств.
- \* В первом случае химический состав наплавленного металла, как правило, мало отличается от металла детали;
- \* во втором — различие в химическом составе напротив, может быть большим.

- При восстановительной наплавке в зависимости от вида изделия применяют различные присадочные металлы.
- Если наплавка производится на сварную конструкцию, то используют присадочные материалы, применяемые при сварке.
- Если восстанавливают изношенные детали механизмов, то обычно используют присадочные материалы, повышающие износостойкость.
- Для наплавки слоев с особыми свойствами применяют специальные наплавочные материалы, которые повышают эксплуатационные свойства детали в зависимости от условий ее работы: износостойкость, жаропрочность, жаростойкость, коррозионную стойкость и др.

# Материалы для наплавки

## Пять основных групп:

- \* — стали (углеродистые, высокоуглеродистые, марганцевые хромомарганцевые, хромистые, хромоникелевые)
- \* — сплавы на основе железа (высокохромистые чугуны, сплавы с бором и хромом, сплавы с кобальтом, молибденом или вольфрамом)
- \* — сплавы на основе никеля и кобальта (хромоникелевые сплавы с бором и кремнием, никелевые сплавы с молибденом сплавы кобальта с хромом и

— сплавы на основе меди и алюминия  
(алюминиевые, алюминий-железные и  
другие бронзы)

## Электродные стальные проволоки для механизированной электродуговой наплавки

- выпускают по ГОСТ 10543—82 и ГОСТ 2246—70.
- Стандарт предусматривает выпуск проволок 9 марок из углеродистых сталей (Нп-30, Нп-40, Нп-50 пр.); 11 марок из легированных сталей; 11 марок из высоколегированных сталей, в основном для наплавки инструмента и деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания (Нп-45Х4ВЗФ, Нп-60Х3В10Ф, Нп-40Х3Г2МФ) или для антикоррозионной наплавки (Св-08Х19Н10Г2Б, Св-10Х16Н25АМ6, Св-07Х25Н13).
- Для наплавки в защитных газах применяют проволоку диаметром 1,6... 2,2 мм, для наплавки под флюсом — проволоку диаметром 3,0... 5,0 мм и катанку диаметром 6,5 мм.

## Холоднокатаные электродные ленты из стали

Применяют в основном для антикоррозионной наплавки под слоем флюса.

- \* Содержание углерода в лентах обычно не превышает 0,08 %. Основными легирующими добавками являются хром, никель, а также титан, молибден, ниобий (Св-08Х19Н10Г2Б, Св-04Х19Н11М3 и др.).
- \* Толщина лент обычно 0,4... 1,0 мм, ширина 20... 100 мм. Плотность тока при наплавке 10... 15 А/мм<sup>2</sup>.

# Порошковые проволоки

- Основной наплавочный материал для изготовления износостойких слоев
- Проволоки изготавливают волочением или прокаткой в виде трубки, заполненной порошками.
- Коэффициент заполнения (отношение массы порошкового сердечника к общей массе проволоки) не превышает 40...45 %. Диаметр проволоки 3,6 мм для наплавки под флюсом и 1,8...3,2 мм для механизированной наплавки открытой дугой
- ГОСТ 26101—84 предусматривает изготовление 23 марок наплавочных порошковых проволок для условий абразивного изнашивания (ПП-Нп-200Х12М, ПП-Нп-200Х12ВФ), усталостного изнашивания (ПП-Нп-30Х4Г2М), коррозионно-механического и эрозионного изнашивания (ПП-Нп-10Х14Т, ПП-Нп-10Х15Н2Т) сухого трения (ПП-Нп-50Х3СТ) и пр.

# Порошковые электродные ленты

- Ленты имеют однозамковую или двузамковую конструкцию сечением 10x3 или 18x4 мм и поставляются в рулонах (масса 45 ...65 кг) или кассетах (масса 100... 140 кг). Спеченные электродные ленты изготавливают прокаткой смеси порошков с последующим спеканием в водороде. Толщина лент 0,8... 1,2 мм и ширина 25... 100 мм. Плотность тока при наплавке 10...30 А/мм<sup>2</sup>, напряжение 25...27 В. ГОСТ 22366—77 предусматривает изготовление спеченных лент 7 марок (ЛС-12Х14М3, ЛС-50Х4В3ФС и др.). Ленты поставляют в рулонах длиной не менее 40 м, масса рулона не более 100 кг. Преимущество спеченных лент — повышенная производительность наплавки (на 25...30% выше по сравнению с холоднокатаной лентой того же состава).
- служат для наплавки деталей дробилок, ножей бульдозеров, крановых колес, роликов и т.д..



# Порошки для наплавки

- \* По ГОСТ 21448—75 выпускают порошки на основе железа типа «Сормайт» (ПГ-С1, ПГ-УС25, ПГ-АН1), порошки трех марок на основе никеля (ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4).
- \* По ведомственным ТУ производят порошки на основе железа, никеля, кобальта. Порошки применяют для плазменной, лазерной, индукционной наплавки, а также для напыления.

## *Электроды для дуговой наплавки*

Применяют как специальные наплавочные электроды (по ГОСТ 10051—75), так и сварочные электроды, предназначенные для сварки коррозионностойких и жаростойких сталей и сплавов.

### ***Прочие наплавочные материалы***

К этой группе относят литые присадочные прутки по ГОСТ 21449—75 (Пр-С1, Пр-С27 и др.), литые и спеченные присадочные кольца, смеси порошков и псевдосплавы. Эти материалы применяют при дуговой наплавке неплавящимся электродом, плазменной, газовой и индукционной наплавке.

# Флюсы для наплавки

По назначению их разделяют на флюсы общего назначения и специальные.

- \* Первые используют для дуговой наплавки углеродистых и низколегированных сталей
- \* вторые для дуговой и электрошлаковой наплавки легированных сталей и сплавов, цветных металлов

- Флюсы АН-348А и АН-60 с большим содержанием SiO<sub>2</sub> и MnO широко применяют для наплавки низкоуглеродистых и низколегированных сталей. Кремнистый безмарганцевый флюс АН-26 предназначен для наплавки легированных и высоколегированных сталей. Низкокремнистые флюсы АН-15М, АН-28, АН-70, ОФ-6, ОФ-10 используют для электродуговой наплавки легированных и высоколегированных сталей и сплавов.
- Флюсы АН-72 и ФЦ-18 обеспечивают хорошее формирование и отделимость шлаковой корки при наплавке высоколегированных сталей и сплавов. Флюс АН-90 в основном предназначен для электрошлаковой наплавки лентами коррозионностойких сталей. Для традиционных процессов электрошлаковой наплавки применяют флюсы АНФ-1, АН-8 и АН-22.

# Способы и технология наплавки

# Ручная дуговая наплавка штучными электродами

- Ручная наплавка — наиболее универсальный метод, пригодный для наплавки деталей различной формы во всех пространственных положениях. Легирование наплавленного металла производится через стержень электрода и через покрытие.
- Для наплавки используют электроды диаметром 3...6 мм. При толщине наплавленного слоя менее 1,5 мм применяют электроды диаметром 3 мм, при большей — диаметром 4...6 мм.
- Для обеспечения минимального проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока должна составлять 11... 12 А/мм<sup>2</sup>.

# Механизированная дуговая наплавка

- \* Для наплавки применяют все основные способы механизированной дуговой сварки под флюсом, самозащитными проволоками и лентами и в среде защитных газов.
- \* Механизированная дуговая наплавка — универсальный, высокопроизводительный метод, обеспечивающий возможность получения наплавленного металла практически любого состава.
- \* Основной недостаток — большое проплавление основного металла, особенно при наплавке проволоками.

Наиболее распространены способы наплавки расщепленной дугой, многоэлектродный и многодуговой.

- Суть способа расщепленной и многоэлектродной электродуговой наплавки заключается в том, что дуга автоматически возникает на торце то одного, то другого электрода, расположенных на определенном расстоянии один от другого и имеющих один общий токоподвод.
- Благодаря такому попеременному плавлению электродов обеспечивается рассеянное тепловложение в основной металл и малая глубина проплавления при высокой производительности процесса.



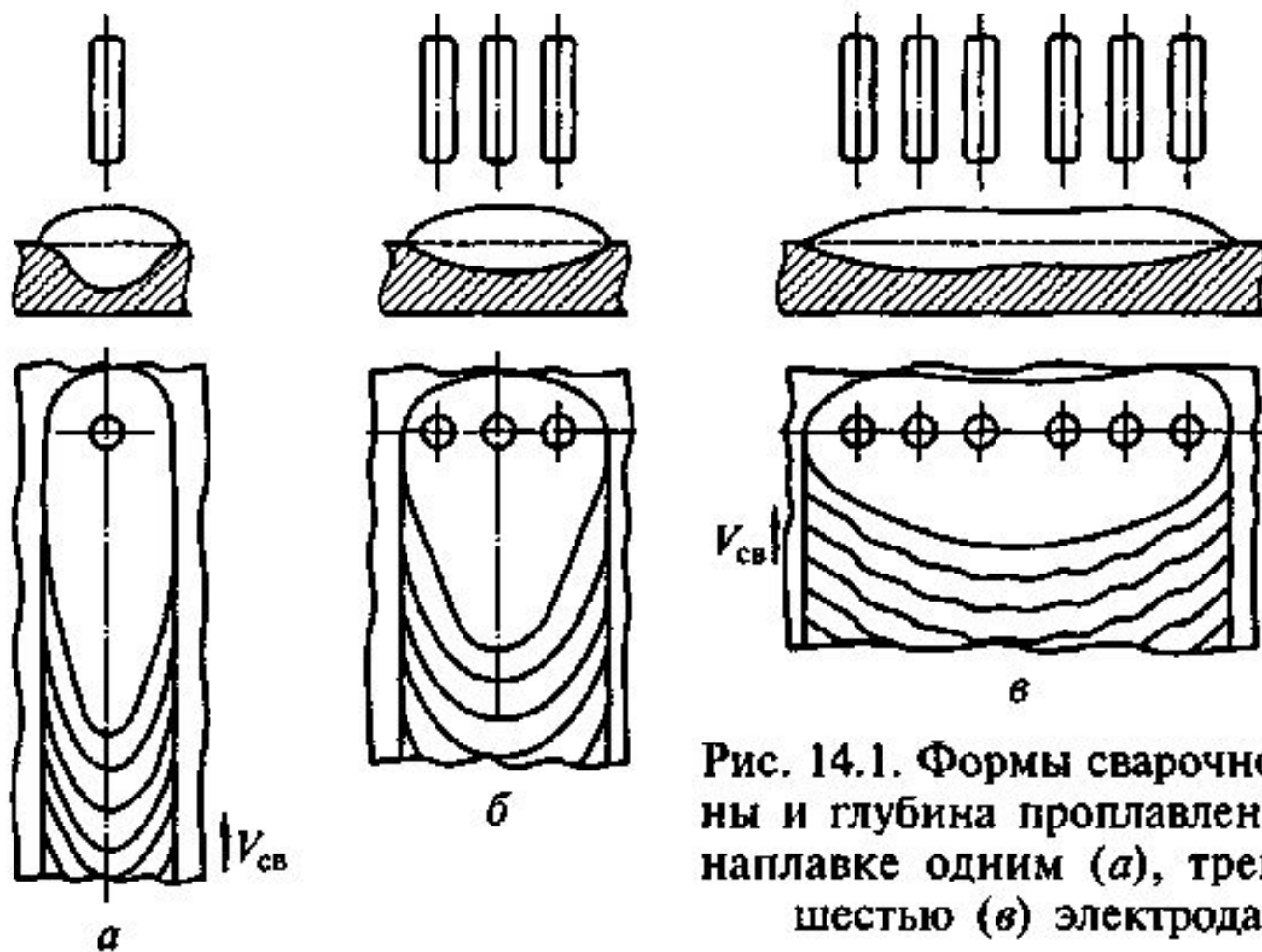


Рис. 14.1. Формы сварочной ванны и глубина проплавления при наплавке одним (*a*), тремя (*б*), шестью (*в*) электродами

# Электрошлаковая наплавка

- \* Технические особенности и преимущества электрошлаковой наплавки позволяют поставить этот способ в один ряд с самыми распространенными способами наплавки, а разнообразие форм применения дает возможность использовать его в тех случаях, когда другие способы применить трудно или невозможно.

В зависимости от положения наплавляемой поверхности в пространстве электрошлаковую наплавку подразделяют на горизонтальную, вертикальную и наклонную.

- В горизонтальном положении образовавшиеся шлаковая и металлическая ванны ограничиваются со всех сторон: перед плавящимся электродом — смесью флюса, легирующей шихты, с боковых сторон — специальными водоохлаждаемыми планками, в хвостовой части — слоем закристаллизовавшегося наплавленного металла.
- В качестве электродного присадочного материала применяют ленту определенной ширины (обычно 50...70 мм) либо несколько проволок диаметром 1,6...3 мм. В отдельных случаях может быть использована проволока большого диаметра с применением поперечных колебаний.

- \* Часто плавление электродных материалов и флюса производится в замкнутом объеме водоохлаждаемого кокиля, к задней стенке которого примыкает водоохлаждаемый кристаллизатор, обеспечивающий получение слоя определенного размера.
- \* Рассмотренная схема в отличие от предыдущей обеспечивает выполнение наплавки не только на плоских деталях, но и дает возможность наплавлять тела вращения (как внутренние, так и наружные поверхности). На поверхность стального водоохлаждаемого кристаллизатора часто наносят покрытия из несмачиваемых материалов (вольфрама, молибдена или графита).

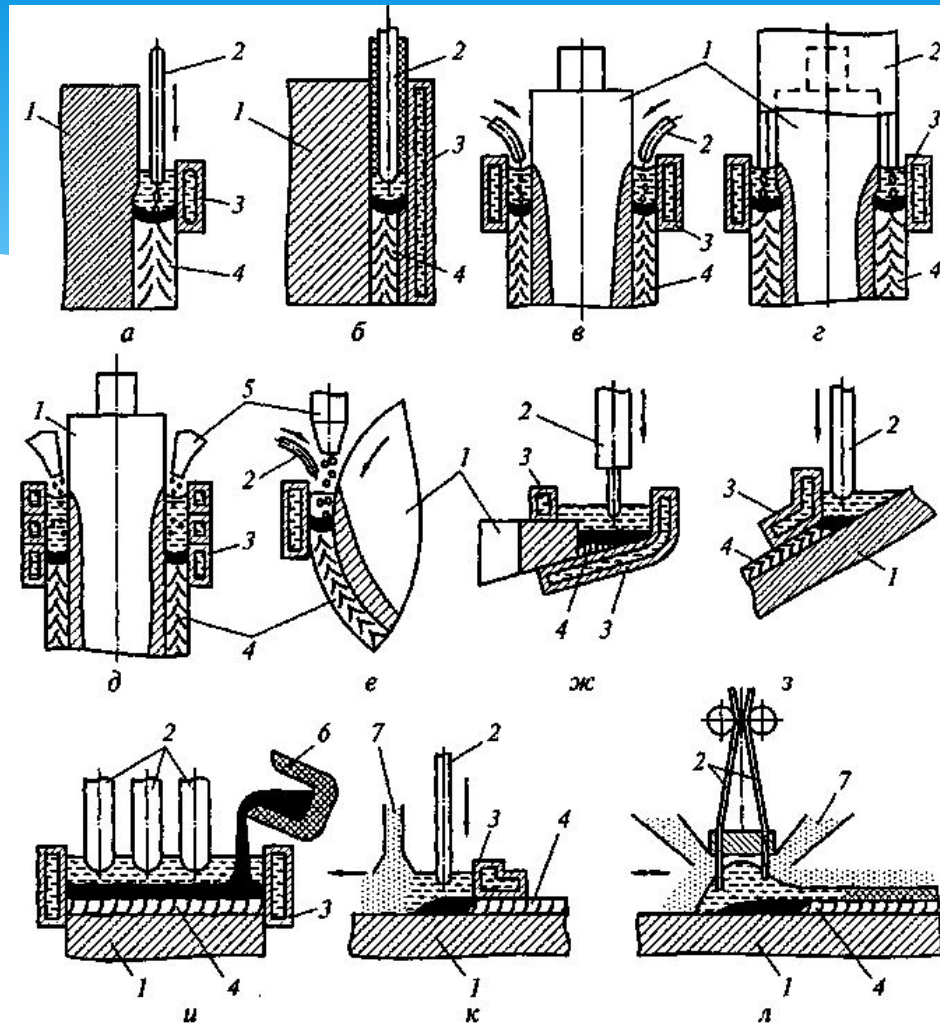


Рис. 14.6. Схемы электрошлаковой наплавки:

*а* — плоской поверхности в вертикальном положении; *б* — неподвижным электродом большого сечения; *в* — цилиндрической детали проволоками; *г* — электродом-трубой; *д* — порошковым присадочным материалом; *е* — композиционного слоя; *ж* — составным электродом; *з* — плоской поверхности в наклонном положении; *и* — жидким присадочным металлом; *к* — горизонтальной поверхности с принудительным формированием; *л* — двумя электродными лентами со свободным формированием; *1* — основной металл; *2* — электрод; *3* — кристаллизатор; *4* — наплавленный металл; *5* — дозатор; *6* — тигель; *7* — флюс

# Плазменная наплавка

- В качестве источника нагрева при наплавке служит плазменная дуга. Как правило, наплавку выполняют на постоянном токе прямой или обратной полярности. Наплавляемое изделие может быть нейтральным (наплавка плазменной струей) или включенным в электрическую цепь источника питания дуги (наплавка плазменной дугой).
- Производительность наплавки невысока (4... 10 кг/ч), но благодаря минимальному проплавлению основного металла получают требуемые свойства наплавленного металла уже в первом слое, и за счет этого сокращается объем наплавочных работ.

- \* Существует несколько схем наплавки (рис.), но наиболее распространена плазменно-порошковая наплавка — наиболее универсальный метод, так как порошки могут быть изготовлены практически из любого, пригодного для наплавки, сплава.
- \* Метод обеспечивает высокое качество наплавленного металла, малую глубину проплавления основного металла при высокой прочности сцепления и возможность наплавки тонких слоев.

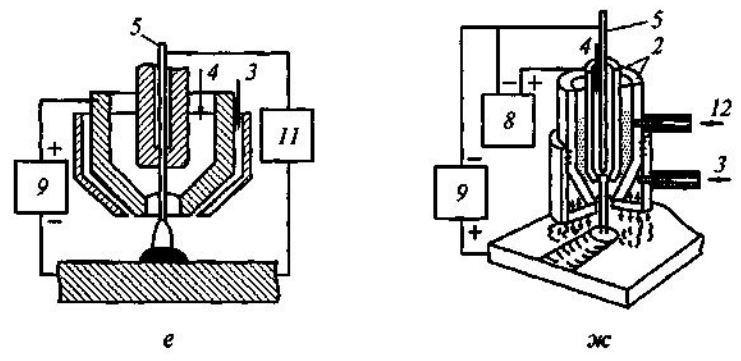
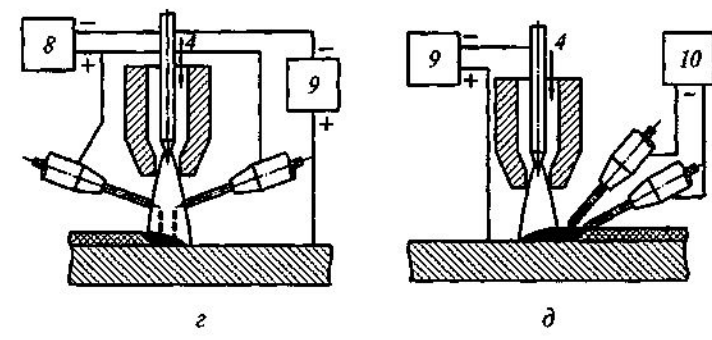
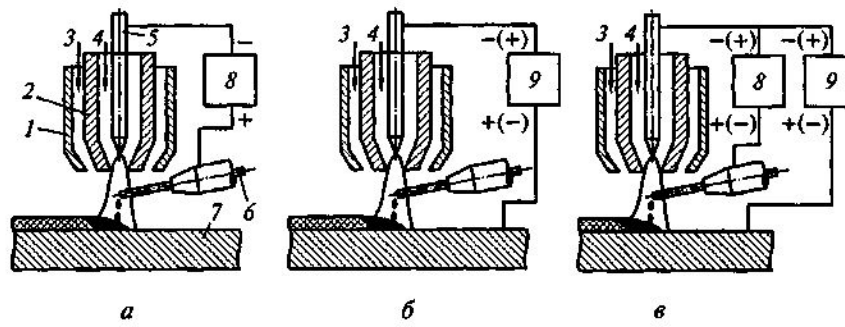


Рис. 14.7. Схемы плазменной наплавки:

*a* — плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой; *б* — плазменной струей с нейтральной присадочной проволокой; *в* — комбинированной (двойной) дугой с одной проволокой; *г* — то же, с двумя проволоками; *д* — горячими проволоками; *е* — плавящимся электродом, *ж* — с внутренней подачей порошка в дугу, *1* — защитное сопло; *2* — сопло плазмотрона; *3* — защитный газ; *4* — плазмообразующий газ; *5* — электрод; *6* — присадочная проволока; *7* — изделие; *8* — источник питания косвенной дуги; *9* — источник питания дуги прямого действия; *10* — трансформатор; *11* — источник питания дуги плавящегося электрода; *12* — порошок