

Лекция 11 ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ СВАРКОЙ И НАПЛАВКОЙ

11.1. Общие сведения

На сварку и наплавку приходится от 40 до 80% всех восстановленных деталей. Такое широкое распространение этих способов обусловлено: простотой технологического процесса и применяемого оборудования; возможностью восстановления деталей из любых металлов и сплавов; высокой производительностью и низкой себестоимостью; получением на рабочих поверхностях деталей наращиваемых слоев практически любой толщины и химического состава (антифрикционные, кислотно-стойкие, жаропрочные и т.д.).

Нагрев до температуры плавления материалов, участвующих при сварке и наплавке, приводит к возникновению вредных процессов, которые оказывают негативное влияние на качество восстанавливаемых деталей. К ним относятся металлургические процессы, структурные изменения, образование внутренних напряжений и деформаций в основном металле деталей.

В процессе сварки и наплавки происходит окисление металла, выгорание легирующих элементов, насыщение наплавленного металла азотом и водородом, разбрызгивание металла.

Соединение наплавленного металла с кислородом воздуха является причиной его окисления и выгорания легирующих элементов (углерода, марганца, кремния и др.). Кроме этого, из воздуха в наплавленный металл проникает азот, который является источником снижения его пластичности и повышения предела прочности. Для защиты от этих отрицательных явлений при сварке и наплавке используют электродные обмазки, флюсы, которые при плавлении образуют шлак, предохраняющий возможный контакт металла с окружающей средой. С этой же целью применяют и защитные газы.

Влага, которая всегда содержится в гигроскопичных электродных обмазках и флюсах, является источником насыщения металла водородом, который способствует повышению пористости наплавленного металла и возникновению в нем значительных внутренних напряжений. Исключить воздействие влаги можно тщательной сушкой электродных обмазок и флюсов.

При сварке и наплавке выделяются углекислый и угарный газы, которые бурно расширяются и являются источником разбрызгивания жидкого металла. Эти потери металла можно уменьшить, если использовать электроды с пониженным содержанием углерода, тщательно очищать детали от окислов или вводить в состав электродных обмазок и флюсов вещества, содержащие раскисляющие элементы (марганец, кремний).

Неравномерный нагрев детали в околошовной зоне (зоне термического влияния) приводит к структурным изменениям в основном металле детали. Механические свойства металла в этой зоне снижаются. Размеры зоны термического влияния зависят от химического состава свариваемого металла, способа сварки и ее режима. Размеры зоны термического влияния для газовой сварки составляют 25... 30 мм, а при электродуговой сварке — 3... 5 мм. Увеличение сварочного тока и мощности сварочной горелки приводит к расширению зоны термического влияния, а скорости сварки (выбором рационального режима) — к уменьшению.

Из-за неравномерного (местного) нагрева и структурных превращений, происходящих в зоне термического влияния, возникают внутренние напряжения деформации в деталях. Если внутренние напряжения превышают предел текучести материала детали, то возникают деформации. Они могут быть значительно снижены путем нагрева деталей перед сваркой и медленного охлаждения после сварки, применения специальных приемов сварки и наплавки. В технологический процесс восстановления деталей сваркой и наплавкой входят следующие операции — это подготовка деталей к сварке или наплавке; выполнение сварочных или наплавочных работ; обработка деталей после выполнения сварочных или наплавочных работ. Порядок выполнения сварочных и наплавочных работ зависит от выбранного способа.

8.2. Сварка и наплавка

8.2.1 Электродуговая сварка и наплавка

Ручная сварка и наплавка плавящимися электродами. Параметры режима — это сила тока, напряжение и скорость наплавки. Для получения минимальной глубины проплавления основного металла электрод наклоняют в сторону, обратную направлению наплавки.

Общие потери при наплавке покрытыми электродами с учетом потерь на угар, разбрызгивание и огарки составляют до 30%.

Сила тока зависит от толщины материала ремонтируемого изделия и определяется по формуле

$$I = k \delta, \quad (8.1)$$

где k — коэффициент, зависящий от толщины свариваемого изделия (таблица 8.1);

δ — толщина материала, мм.

Напряжение дуги составляет 22...40 В. Диаметр электрода равен (таблица 8.1)

$d_{эл} = 0,5\delta + (1...2)$ мм. Длина дуги не должна превышать диаметра электрода.

Ручная сварка и наплавка используются для устранения трещин, вмятин, пробоин, изломов и т. д. В таблице 8.2 приведены способы подготовки поврежденного участка изделия.

Для уменьшения вредного последствия рассмотренных в разделе 8.1 явлений сварку и наплавку ведут электродами с обмазкой — тонкой или толстой.

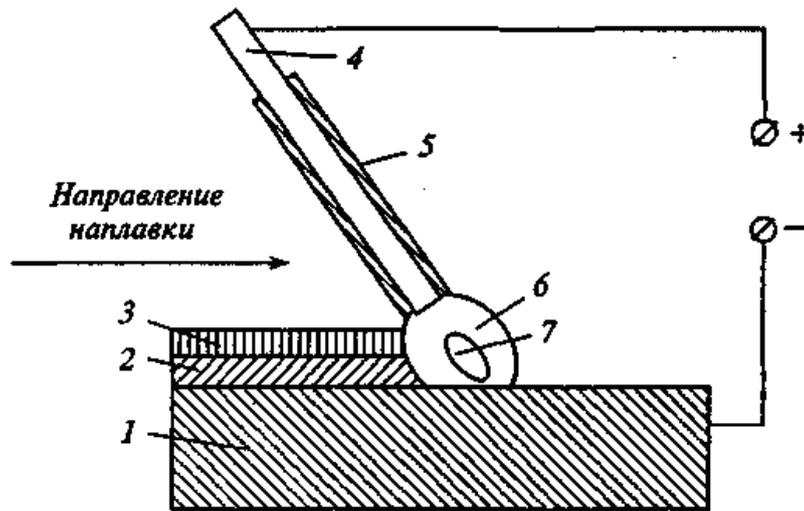


Схема ручной наплавки:

1 — основной металл; 2 — наплавленный валик; 3 — шлаковая корка; 4 — электродный стержень; 5 — покрытие электродного стержня; 6 — газшлаковая защита; 7 — сварочная ванна

Таблица 8.1 Зависимость коэффициента k от толщины материала изделия

δ , мм	1...2	3...4	5...6
k	25...30	30...45	45...60
$d_{э}$	2...3	3...4	4...5

Таблица 8.2 - Способы подготовки деталей перед сваркой

Дефект	Способ подготовки поврежденного участка к сварке	Инструмент
Трещина	Зачистка до металлического блеска поверхности вокруг трещины на ширину 12...15 мм Вырубка канавки вдоль трещины на глубину 1/2 и ширину 2/3 от толщины стенки	Бормашина, стальная щетка, шабер, напильник Бормашина, зубило, крейцмейсель, сверло 3 мм
Пробоина	Зачистка до металлического блеска поверхности вокруг пробоины Изготовление заплаты из стали Ст3 толщиной 2...2,5 мм (при расположении пробоины в стенке с необработанной поверхностью заплату изготавливать внахлест, в стенке с обработанной поверхностью — впотай)	То же, что и при зачистке трещины Механические ножницы, зубило, молоток
Облом	Изготовление ремонтной детали по форме обломанной части Зачистка скосов $3 \times 45^\circ$ в местах стыковки основной и ремонтной деталей	Ножовка, напильник Бормашина, напильник
Износ резьбовых отверстий	Расверливание отверстия до полного снятия старой резьбы (при диаметре отверстия менее 12 мм — зенкование отверстия)	Сверло (зенкер)

Малоответственные детали сваривают электродами с тонкой обмазкой, которые изготовляют из проволоки Св-08. Проволоку рубят на куски длиной 300...500 мм и покрывают обмазкой, состоящей из 3/4 мела и 1/4 жидкого стекла, разведенного в воде до сметанообразного состояния.

Определяющим при выборе толстых электродов является процесс — сварка или наплавка. Для сварки используют электроды, обозначаемые буквой «Э» с двузначной цифрой через дефис, например Э-42. Цифра показывает прочность сварочного шва на разрыв.

Наплавочные электроды обозначают двумя буквами «ЭН» и цифрами, которые показывают гарантированную твердость наплавленного данным электродом слоя.

Толстые обмазки состоят из газообразующих, шлакообразующих, легирующих компонентов, раскислителей и связующего материала — жидкого стекла.

Каждому типу электрода соответствует несколько марок составов обмазок. По входящим в них веществам все электродные покрытия разделяют на следующие группы: рудно-кислородное — Р, рутиловое — Т, фтористо-кальциевое — Ф, органическое — О и др. Наиболее распространены рудно-кислородное (ОММ-5, ЦМ-7, ЦМ-8 и др.), рутиловое (АНО-1, АНО-3, АНО-4, АНО-12, ОЗС-3, ОЗС-4, ОЗС-6 и др.) и фтористо-кальциевое покрытия (УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, ЦЛ-9, ОЗС-2, АНО-7 и др.).

8.2.2 Газовая сварка и наплавка.

Сущность процесса — это расплавление свариваемого и присадочного металла пламенем, которое образуется при сгорании горючего газа в смеси с кислородом. В качестве горючего газа используют ацетилен, что позволяет обеспечить температуру пламени 3100... 3300 °С. Ацетилен получают с помощью ацетиленовых генераторов, а кислород сохраняют и транспортируют в стальных баллонах вместимостью 40 л под давлением 15 МПа.

Сварку и наплавку осуществляют сварочными горелками. Мощность пламени характеризуется массовым расходом ацетилена, зависящим от номера наконечника горелки.

Расход кислорода на 10...20% больше, чем ацетилена.

При ручной сварке пламя направляют на свариваемые кромки так, чтобы они находились в восстановительной зоне на расстоянии 2... 6 мм от конца ядра. Конец присадочной проволоки также держат в восстановительной зоне или в сварочной ванне.

Для получения сварного шва с высокими механическими свойствами необходимо качественно произвести подготовку свариваемых кромок, которая состоит в очистке их от масла, окалины и других загрязнений на ширину 20...30 мм с каждой стороны шва; разделку под сварку, которая зависит от типа сварного соединения; прихватки короткими швами, длина, количество и расстояние между ними зависит от толщины металла, длины и конфигурации шва.

После сварки, чтобы металл приобрел достаточную пластичность и мелкозернистую структуру, необходимо провести проковку металла шва в горячем состоянии и последующую нормализацию при температуре 800...900°С.

8.2.3 Дуговая наплавка под флюсом.

Способ широко применяется для восстановления цилиндрических и плоских поверхностей деталей. Это механизированный способ наплавки, при котором совмещены два основных движения электрода — это его подача по мере оплавления к детали и перемещение вдоль сварочного шва.

Сущность способа наплавки под флюсом (рисунке 8.) заключается в том, что в зону горения дуги автоматически подаются сыпучий флюс и электродная проволока. Под действием высокой температуры образуется газовый пузырь, в котором существует дуга, расплавляющая металл. Часть флюса плавится, образуя вокруг дуги эластичную оболочку из жидкого флюса, которая защищает расплавленный металл от окисления, уменьшает разбрызгивание и угар. При кристаллизации расплавленного металла образуется сварочный шов.

Преимущества способа:

- возможность получения покрытия заданного состава, т. е. легирования металла через проволоку и флюс и равномерного по химическому составу и свойствам;
- защита сварочной дуги и ванны жидкого металла от вредного влияния кислорода и азота воздуха;
- выделение растворенных газов и шлаковых включений из сварочной ванны в результате медленной кристаллизации жидкого металла под флюсом;
- возможность использования повышенных сварочных токов, которые позволяют увеличить скорость сварки, что способствует повышению производительности труда в 6...8 раз;
- экономичность в отношении расхода электроэнергии и электродного металла;
- отсутствие разбрызгивания металла благодаря статическому давлению флюса; возможность получения слоя наплавленного металла большой толщины (1,5 ...5 мм и более);
- независимость качества наплавленного металла от квалификации исполнителя;
- лучшие условия труда сварщиков ввиду отсутствия ультрафиолетового излучения; возможность автоматизации технологического процесса.

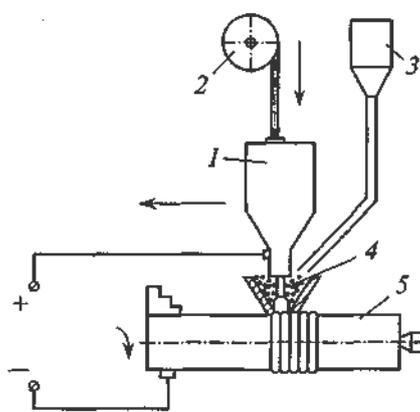


Рис. 13.3. Схема автоматической дуговой наплавки цилиндрических деталей под флюсом:
 1 — патрон; 2 — кассета; 3 — бункер;
 4 — флюс; 5 — деталь

Недостатки способа:

значительный нагрев детали;
 невозможность наплавки в верхнем положении шва и деталей диаметром менее 40 мм из-за стекания наплавленного металла и трудности удержания флюса на поверхности детали;

сложность применения для деталей сложной конструкции, необходимость и определенная трудность удаления шлаковой корки; возможность возникновения трещин и образования пор в наплавленном металле.

Режим наплавки определяется силой тока, напряжением, скоростью наплавки, материалом электродной проволоки, ее диаметром и скоростью подачи, маркой флюса и перемещением электрода, шагом наплавки.

При наплавке сварку обычно ведут постоянным током обратной полярности. Напряжение сварочной дуги задают в пределах 25...35 В, скорость наплавки составляет 20...25 м/ч, подачи проволоки — 75... 180 м/ч..

Схема дуговой наплавки под флюсом *цилиндрических деталей* приведена на рисунке 8.2. Деталь 5 устанавливают в патроне или центрах специально переоборудованного токарного станка, а наплавочный аппарат на его суппорте. Электродная проволока подается из кассеты 2 роликами подающего механизма наплавочного аппарата в зону горения электрической дуги. Движение электрода вдоль сварочного шва обеспечивается вращением детали, а по длине наплавленной поверхности продольным движением суппорта станка. Наплавка производится винтовыми валиками с взаимным их перекрытием примерно на 1/3. Сыпучий флюс 4, состоящий из отдельных мелких крупиц, в зону горения дуги поступает из бункера 3. Под воздействием высокой температуры часть флюса плавится (рисунок 8.3), образуя вокруг дуги эластичную оболочку, которая надежно защищает расплавленный металл от действия кислорода и азота. После того как дуга переместилась, жидкий металл твердеет вместе с флюсом, образуя на наплавленной поверхности ломкую шлаковую корку. Флюс, который не расплавился, может быть снова использован. Электродная проволока подается с некоторым смещением от зенита «е» наплавляемой поверхности (8...10 мм.) в сторону, противоположную вращению детали. Это предотвращает отекание жидкого металла сварочной ванны.

Для наплавки используются наплавочные головки А-580М, ОКС-5523, А-765 или наплавочные установки СН-2, УД-209 и другие.

При наплавке *плоской поверхности* наплавочная головка или деталь совершает поступательное движение со смещением электродной проволоки на 3... 5 мм поперек движения после наложения шва заданной длины. Наплавку шлицев производят в продольном направлении путем заправки впадин, устанавливая конец электродной проволоки на середине впадины между шлицами.

Твердость и износостойкость наплавленного слоя в основном зависят от применяемой электродной проволоки и марки флюса.

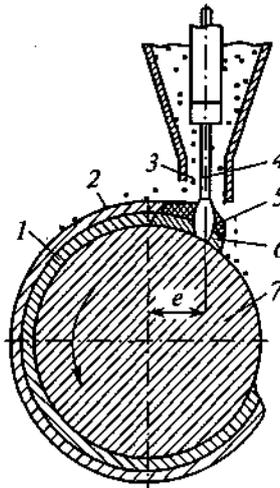


Рис. 13.4. Схема горения электрической дуги под слоем флюса:

1 — наплавленный металл; 2 — шлаковая корка; 3 — флюс; 4 — электрод; 5 — расплавленный флюс; 6 — расплавленный металл; 7 — основной металл; e — смещение электрода с зенита

Для наплавки используют электродную проволоку: для низкоуглеродистых и низколегированных сталей — из малоуглеродистых (Св-08, Св-08А), марганцовистых (Св-08Г, Св-08ГА, Св-15Г) и кремниймарганцовистых (Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС) сталей; с большим содержанием углерода — Нп-65Г, Нп-80, Нп-3ОХГСА, Нп-4ОХ13 и др.

В зависимости от способа изготовления флюсы для автоматической наплавки делят на плавные, керамические и флюсы-смеси. Плавные флюсы содержат стабилизирующие и шлакообразующие элементы, но в них не входят легирующие добавки, поэтому они не могут придавать слою, наплавленному малоуглеродистой, марганцовистой и кремниймарганцовистой проволоками, высокую твердость и износостойкость. Из плавных флюсов наиболее распространены АН-348А, АН-60, ОСу-45, АН-20, АН-28.

Керамические флюсы (АНК-18, АНК-19, АНК-30, КС-Х14Р, ЖСН-1), кроме стабилизирующих и шлакообразующих элементов, содержат легирующие добавки, главным образом в виде ферросплавов (феррохрома, ферротитана и др.), дающие слою, наплавленному малоуглеродистой проволокой, высокую твердость без термообработки и износостойкость.

Флюсы-смеси состоят из плавного флюса АН-348 с порошками феррохрома, графита, а также жидкого стекла.

Для наплавки деталей с большим износом рекомендуется применять автоматическую наплавку порошковой проволокой, в состав которой входят феррохром, ферротитан, ферромарганец, графитовый и железные порошки. Используют два типа порошковой проволоки: для наплавки под флюсом и для открытой дуги без дополнительной защиты. Режимы наплавки зависят от марки проволоки и диаметра детали. Разбрызгивание электродного материала во время наплавки можно уменьшить, используя постоянный ток низкого напряжения (20...21В). Выпускаются проволоки для сварки и наплавки как стальных, так и чугунных деталей (ПП-АН1, ПП-1ДСК и др.)

При наплавке могут возникнуть дефекты: неравномерность ширины и высоты наплавленного валика из-за износа мунштука или подающих роликов, чрезмерного вылета электрода; наплыв металла вследствие чрезмерной силы сварочного тока или недостаточного смещения электродов от зенита; поры в наплавленном металле из-за повышенной влажности флюса (его необходимо просушить в течение 1...1,5 ч при температуре 250...300°C).

В ремонтном производстве наплавку под флюсом применяют для восстановления шеек коленчатых валов, шлицевых поверхностей на различных валах и других деталей автомобиля.

8.2.4 Наплавка в среде углекислого газа

Этот способ восстановления деталей отличается от наплавки под флюсом тем, что в качестве защитной среды используется углекислый газ.

Сущность способа наплавки в среде углекислого газа заключается в том, что электродная проволока из кассеты непрерывно подается в зону сварки. Ток к электродной проволоке подводится через мунштук и наконечник, расположенные внутри газозащитной горелки. При наплавке металл электрода и детали перемешивается. В зону горения дуги под давлением 0,05...0,2 МПа по трубке подается углекислый газ,

который, вытесняя воздух, защищает расплавленный металл от вредного действия кислорода и азота воздуха.

При наплавке используют токарный станок, в патроне которого устанавливают деталь 8, на суппорте крепят наплавочный аппарат 2 (рисунок 8.4). Углекислый газ из баллона 7 подается в зону горения. При выходе из баллона 7 газ резко расширяется и переохлаждается. Для подогрева его пропускают через электрический подогреватель 6. Содержащуюся в углекислом газе воду удаляют с помощью осушителя 5, который представляет собой патрон, наполненный обезвоженным медным купоросом или силикагелем. Давление газа понижают с помощью кислородного редуктора 4, а расход его контролируют расходомером 3.

К достоинствам способа относятся — меньший нагрев деталей; возможность наплавки при любом пространственном положении детали; более высокую по площади покрытия производительность процесса (на 20... 30 %); возможность наплавки деталей диаметром менее 40 мм; отсутствие трудоемкой операции по отделению шлаковой корки, а к недостаткам — повышенное разбрызгивание металла (5... 10 %), необходимость применения легированной проволоки для получения наплавленного металла с требуемыми свойствами, открытое световое излучение дуги.

Для наплавки применяют следующее оборудование: наплавочные головки АВС, А-384, А-409, А-580, ОКС-1252М; источники питания ВС-200, ВСУ-300, ВС-400, ПСГ-350, АЗД-7,5/30; подогреватели газа; осушитель, заполненный силикагелем КСМ крупностью 2,8—7 мм; редукторы-расходомеры ДРЗ-1-5-7 или ротаметры РС-3, РС-3А, РКС-65, или кислородный редуктор РК-53Б.

При наплавке используют материалы: электродную проволоку Св-12ГС, Св-0,8ГС, Св-0,8Г2С, Св-12Х13, Св-06Х19Н9Т, Св-18ХМА, Нп-3ОХГСА; порошковую проволоку ПП-Р18Т, ПП-Р19Т, ПП-4Х28Г и др. содержащих раскислители кремний и марганец.

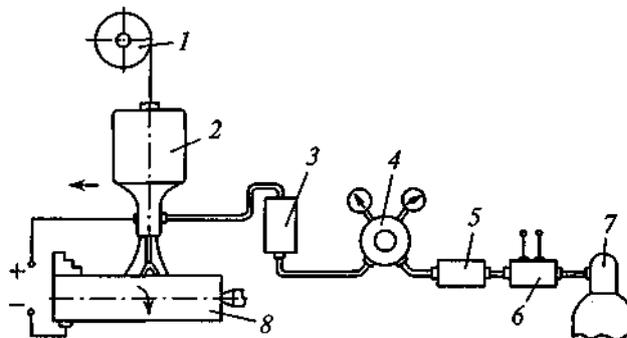


Рис. 13.6. Схема установки для дуговой наплавки в углекислом газе:

1 — катушка с проволокой; 2 — наплавочный аппарат; 3 — расходомер; 4 — редуктор; 5 — осушитель; 6 — подогреватель; 7 — баллон с углекислым газом; 8 — деталь

Наплавку в среде углекислого газа производят на постоянном токе обратной полярности. Тип и марку электрода выбирают в зависимости от материала восстанавливаемой детали и требуемых физико-механических свойств наплавленного металла. Скорость подачи проволоки зависит от силы тока, устанавливаемой с таким расчетом, чтобы в процессе наплавки не было коротких замыканий и обрывов дуги. Скорость наплавки зависит от толщины наплавляемого металла и качества формирования наплавленного слоя. Наплавку валиков осуществляют с шагом 2,5... 3,5 мм. Каждый последующий валик должен перекрывать предыдущий не менее чем на 1/3 его ширины.

Твердость наплавленного металла в зависимости от марки и типа электродной проволоки 200...300 НВ.

Расход углекислого газа зависит от диаметра электродной проволоки. На расход газа оказывают также влияние скорость наплавки, конфигурация изделия и наличие движения воздуха.

Механизированную сварку в углекислом газе применяют при ремонте кабин, кузовов и других деталей, изготовленных из листовой стали небольшой толщины, а также для устранения дефектов резьбы, осей, зубьев, пальцев, шеек валов и т.д.

8.2.5 Электродуговая наплавка неплавящимся электродом (вольфрамовым) в среде аргона

Этот способ наплавки широко используется для восстановления алюминиевых сплавов и титана. Сущность способа — электрическая дуга горит между неплавящимся вольфрамовым электродом и деталью. В зону сварки подается защитный газ — аргон, а присадочный материал — проволока (так же, как при газовой сварке). Аргон надежно защищает расплавленный металл от окисления кислородом воздуха. Наплавленный металл получается плотным, без пор и раковин. Добавление к аргону 10... 12% углекислого газа и 2... 3 % кислорода способствует повышению устойчивости горения дуги и улучшению формирования

наплавленного металла. Благодаря защите дуги струями аргона (внутренняя) и углекислого газа (наружная) в 3...4 раза сокращается расход аргона при сохранении качества защиты дуги.

К преимуществам способа относятся — высокая производительность процесса (в 3...4 раза выше, чем при газовой сварке); высокая механическая прочность сварного шва; небольшая зона термического влияния; снижение потерь энергии дуги на световое излучение, так как аргон задерживает ультрафиолетовые лучи, а к недостаткам — высокая стоимость процесса (в 3 раза выше, чем при газовой сварке) и использование аргона.

Режим сварки определяется двумя основными параметрами: силой тока и диаметром электрода. Силу сварочного тока выбирают исходя из толщины стенки свариваемой детали (чем тоньше стенка, тем меньше сила сварочного тока) и составляет 100...500 А. Диаметр вольфрамового электрода составляет 4... 10 мм.

Устойчивость процесса наплавки и хорошее формирование наплавленного металла позволяют вести процесс на высоких скоростях — до 150 м/ч и выше.

Для наплавки в среде защитных газов применяют специальные автоматы и установки АГП-2, АДСП-2, УДАР-300, УДГ-501; полуавтоматы А-547Р, Л-537, ППП-10; преобразователи ПСГ-350, ПСГ-500.

8.2.6 Вибродуговая наплавка.

Этот способ наплавки является разновидностью дуговой наплавки металлическим электродом. Процесс наплавки осуществляется при вибрации электрода с подачей охлаждающей жидкости на наплавленную поверхность.

На рисунке 8.5 дана принципиальная схема вибродуговой установки с электромеханическим вибратором. Деталь 3, подлежащая наплавке, устанавливается в патроне или в центрах токарного станка. На суппорте станка монтируется наплавочная головка, состоящая из механизма 5 подачи проволоки с кассетой 6, электромагнитного вибратора 7 с мундштуком 4. Вибратор создает колебания конца электрода с частотой 110 Гц и амплитудой колебания до 4 мм (практически 1,8...3,2 мм), обеспечивая размыкание и замыкание сварочной цепи. При периодическом замыкании электродной проволоки и детали происходит перенос металла с электрода на деталь. Вибрация электрода во время наплавки обеспечивает стабильность процесса за счет частых возбуждений дуговых разрядов и способствует подаче электродной проволоки небольшими порциями, что обеспечивает лучшее формирование наплавленных валиков.

Электроснабжение установки осуществляется от источника тока напряжением 24 В. Последовательно с ним включен дроссель 9 низкой частоты, который стабилизирует силу сварочного тока. Реостат 8 служит для регулировки силы тока в цепи. В зону наплавки при помощи насоса 1 из бака 2 подается охлаждающая жидкость (4...6%-ный раствор кальцинированной соды в воде), которая защищает металл от окисления.

К преимуществам способа относятся: небольшой нагрев деталей, не влияющий на нагрев деталей; небольшая зона термического влияния; высокая производительность процесса; возможность получать наплавленный слой без пор и трещин; минимальная деформация

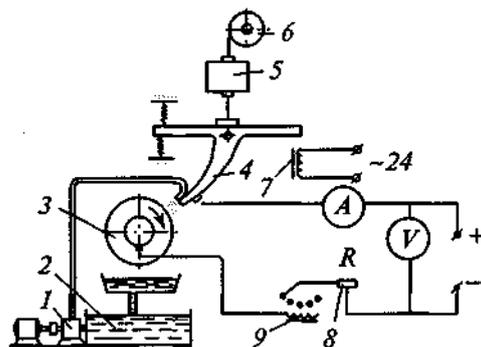


Рис. 13.7. Схема установки для вибродуговой наплавки:

1 — насос; 2 — бак; 3 — деталь; 4 — мундштук; 5 — механизм подачи; 6 — кассета; 7 — вибратор; 8 — реостат; 9 — дроссель

детали, которая не превышает долей допусков посадочных мест. К недостаткам способа относят снижение усталостной прочности деталей после наплавки на 30...40 %.

Качество соединения наплавленного металла с основным зависит от полярности тока, шага наплавки (подача суппорта станка на один оборот детали), угла подвода электрода к детали, качества очистки и подготовки поверхности, подлежащей наплавлению, толщины слоя наплавки и др.

Высокое качество наплавки получают при токе обратной полярности («+» на электроде, «—» на детали), шаге наплавки 2,3...2,8 мм/об и угле подвода проволоки к детали 15... 30°. Скорость подачи электродной проволоки не должна превышать 1,65 м/мин, а скорость наплавки — 0,5...0,65 м/мин.

Надежное сплавление обеспечивается при толщине наплавленного слоя, равной 2,5 мм.

Структура и твердость наплавленного слоя зависят от химического состава электродной проволоки и количества охлаждающей жидкости. Если при наплавке используется проволока Нп-80 (содержание углерода 0,75...0,85 %), то валик в охлаждающей жидкости закаляется до высокой твердости (26...55 HRC_Э). При использовании при наплавке низкоуглеродистой проволоки Св-08 твердость поверхности наплавки равна 14... 19 HRC_Э.

Вибродуговой наплавкой восстанавливают детали с цилиндрическими, коническими наружными и внутренними поверхностями, а также с плоскими поверхностями.

При однослойной наплавке толщина слоя колеблется от 0,5 до 3 мм, а при многослойной наплавке ее можно получить любой толщины.

Рациональный режим наплавки: напряжение — 28...30 В; сила тока — 70...75 А (диаметр проволоки 1,6 мм); скорость подачи проволоки — 1,3 м/мин; скорость наплавки — 0,5...0,6 м/мин; амплитуда вибрации — 1,82 мм.

8.2.7 Плазменно-дуговая сварка и наплавка.

Плазменная струя представляет собой частично или полностью ионизированный газ, обладающая свойствами электропроводности и имеющая высокую температуру. Она создается дуговым разрядом, размещенным в узком канале специального устройства, при обдуве электрической дуги потоком плазмообразующего газа. Устройства для получения плазменной струи получили название плазмотронов или плазменных горелок (рисунок 8.6). Плазменную струю получают путем нагрева плазмообразующего газа в электрической дуге, горящей в закрытом пространстве. Температура струи достигает 10000... 30000°С, а скорость в 2...3 раза превышает скорость звука.

Плазмотрон состоит из охлаждаемых водой катода и анода, смонтированных в рукоятке. Катод обычно изготавливают из вольфрама или лантанированного вольфрама (вольфрамовые стержни с присадкой 1...2 % окиси лантана), анод (сопло) — из меди (водоохлаждаемое сопло). Катод и анод изолированы друг от друга прокладкой из изоляционного материала (асбеста).

Для получения плазменной струи между катодом и анодом возбуждают электрическую дугу от источника постоянного напряжения 80...100 В. Электрическая дуга, горящая между катодом и анодом, нагревает подаваемый в плазмотрон газ до температуры плазмы, т. е. до состояния электропроводности. В поток нагретого газа вводится материал для сварки и наплавки. Образующиеся расплавленные частицы материала выносятся потоком горячего газа из сопла и наносятся на поверхность изделия.

В качестве плазмообразующих газов используют аргон и азот. Аргонная плазма имеет более высокую температуру — 15 000... 30 000 °С, температура азотной плазмы ниже — 10 000... 15 000 °С. Применение нейтральных газов способствуют предотвращению окисления материалов.

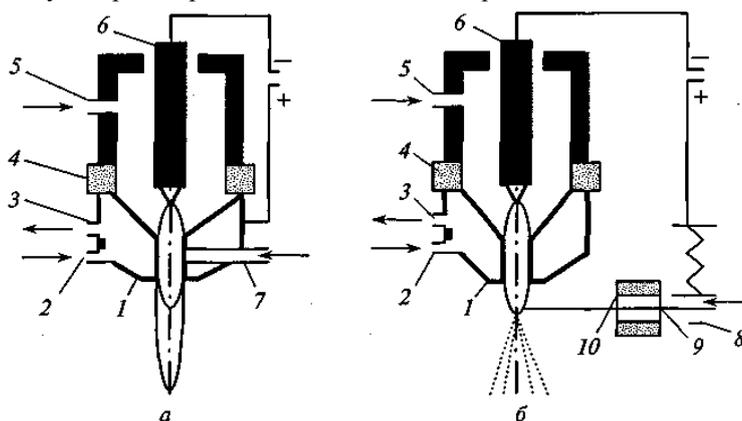


Рис. 13.9. Схема плазмотрона:

а — для работы на порошках; *б* — для работы на проволоке; 1 — сопло плазменной струи (анод); 2, 3 — подвод и отвод охлаждающей воды; 4 — изолирующее кольцо; 5 — подвод плазмообразующего газа; 6 — вольфрамовый электрод (катод); 7 — подача напыляемого порошка; 8 — контактное устройство для проволоки; 9 — напыляемая проволока (анод); 10 — направляющая трубка для проволоки

В зависимости от подключения плазмотрона к источнику питания плазменная дуга может быть открытой, закрытой и комбинированной.

При открытой плазменной дуге (рисунок 8.7, б) ток течет между вольфрамовым электродом и деталью. Плазмообразующий газ совпадает с дуговым разрядом на всем пути его следования от катода до

анода. Такой процесс сопровождается передачей большого количества тепла детали. Открытая плазменная дуга применяется при резке металлов.

При закрытой плазменной дуге (рисунок 8.7, а) плазмообразующий газ проходит соосно с дугой лишь часть пути и, отделяясь от нее, выходит из сопла плазматрона в виде факела плазмы. Температура закрытой плазменной дуги (светлой ее части) на 25...30% выше, чем открытой. Эта дуга применяется для плавления тугоплавких порошков, подаваемых в сжатую часть дуги.

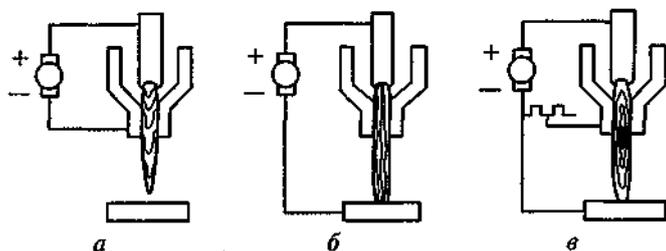


Рис. 13.10. Схема включения плазматронов:
а — закрытая; б — открытая; в — комбинированная

При комбинированной схеме горят две дуги (рисунок 8.7, в): между вольфрамовым электродом и деталью; между вольфрамовым электродом и водоохлаждаемым соплом. Плазматрон с комбинированной дугой позволяет раздельно регулировать плавление присадочного и основного материала изменением величины соответствующих сопротивлений.

Исходный материал покрытия подается в плазматрон в виде порошка, проволоки, прутка

Плазменную наплавку выполняют одиночным валиком (при наплавке цилиндрических деталей по винтовой линии), а также с применением колебательных механизмов, на прямой и обратной полярности. Наиболее простой способ наплавки — это наплавка по заранее насыпанному на наплавляемую поверхность порошку.

В ремонтной практике для получения износостойких покрытий применяют хромборникелевые порошки СНГН и ПГ-ХН80СР4, твердосплавные порошки на железной основе ФБХ-6-2, КБХ, УС-25 и другие, а также смеси порошков.

Для плазменной наплавки выпускаются установки УМП-303, УПУ-602 и другие и оборудование-комплект КРН-01.23-215 Рем-деталь, пост 01.23-21 Ремдеталь, для сварки УПС-301, УПС-403, УПС-804. Толщина наплавляемого материала — 0,1...2 мм.

8.2.8 Лазерная наплавка

Этот способ наплавки представляет собой технологический метод получения покрытий с заданными физико-механическими свойствами путем нанесения наплавочного материала (порошок, фольга, проволока и др.) с последующим оплавлением его лазерным лучем. Наименьших затрат энергии требуют порошковые материалы.

Порошки на поверхность детали могут подаваться непосредственно в зону лазерного луча с помощью дозатора; после предварительной обмазки клеящим составом; в виде коллоидного раствора. Для первого случая характерен увеличенный расход порошка (в 5...7 раз) и ухудшение физико-механических свойств покрытия. Коллоидный раствор — это смесь порошка и раствора целлюлозы.

С увеличением толщины обмазки увеличивается поглощение излучения и растет КПД наплавки. Одновременно возрастает твердость нанесенного слоя, которую путем подбора скорости наплавки и материала можно регулировать в пределах 35...65 HRC.

При наплавке порошковых материалов необходимо учитывать грануляцию частиц. Увеличение размеров частиц приводит к росту твердости и износостойкости покрытия. Рациональной является смесь различных фракций: 40...100 мкм — 10%, 100...280 мкм — 80%, 280 мкм и более — 10%.

Качество покрытий зависит от скорости перемещения лазерного луча, толщины наплавляемого слоя и перекрытия валиков. Покрытия, нанесенные лазерной наплавкой, имеют следующие характеристики: толщина слоя, наплавленного за один проход — до 0,8 мм; толщина дефектного слоя — не более 0,1 мм; прочность сцепления — до 35 кг/мм²; потери наплавляемого материала — не более 1 %; глубина зоны термического влияния — не более 1 мм. Толщина нанесенного слоя может достигать 40...50 мкм.

Оплавление лазерным лучем проводится на установках, которые используют серийные лазеры: ЛГН-702 «Кардамон», ЛТ1-2, «Иглай», «Комета», «Катунь», Латус-31, Юпитер 1,0, и лазерных технологических модулях: 01.03.178 «Ремдеталь» и 01.12.376 «Рем-деталь». Лазерной наплавкой восстанавливают тарелки клапанов, кулачки распределительных и кулачковых валов и других деталей.

8.2.9 Особенности сварки чугунных деталей.

Многие корпусные детали изготавливаются из серого, высококачественного и ковкого чугуна, который является трудносвариваемым материалом. У деталей из чугуна сваркой заделывают трещины и отверстия, присоединяют отколотые части детали, наплавляют износостойкие покрытия.

Наличие в чугуне значительного содержания углерода и низкая его вязкость вызывают значительные трудности при восстановлении деталей из этого материала. Быстрое охлаждение чугуна приводит к образованию в околосшовной зоне твердых закалочных структур. Местный переход графита в цементит, который может произойти при расплавлении чугуна, приводит к образованию структуры белого чугуна. В этих зонах металл тверд и хрупок. Разница в коэффициентах линейного расширения серого и белого чугуна является причиной образования внутренних напряжений, что приводит к появлению трещин. Выгорание углерода и кремния в процессе сварки приводит к тому, что сварочный шов получается пористым и загрязненным шлаковыми включениями. Они появляются в результате неполного выделения газов и шлаков из-за быстрого перехода чугуна из жидкого состояния в твердое.

Таким образом, трудность сварки чугунных деталей вызывается следующими основными причинами: отсутствие площадки текучести у чугуна, хрупкость и небольшой предел прочности на растяжение вызывает образования трещин в процессе сварки; отсутствие переходного пластического состояния при нагреве до плавления. Текучесть чугуна в процессе сварки затрудняет восстановление деталей даже с небольшим уклоном от горизонтального положения; получение отбеленных участков карбида железа Fe_3C и высокоуглеродистых сталей, которые трудно поддаются механической обработке.

При восстановлении чугунных деталей можно применить горячий и холодный способы сварки.

Горячая сварка чугуна — процесс, который предусматривает нагрев детали (в печи или другими способами) до температуры 650...680°C. Температура детали во время сварки должна быть не ниже 500 °C. Такие температуры позволяют: задержать охлаждение сварочной ванны, что способствует выравниванию состава металла ванны; освободить свариваемую деталь от внутренних напряжений литейного и эксплуатационного характера; предупредить появление сварочных напряжений и трещин. Для деталей с большой жесткостью (блок цилиндров и другие корпусные детали) при сварке обязателен общий нагрев.

В процессе сварки происходят структурные преобразования с перераспределением внутренних напряжений (термическое воздействие). Металл, на который непосредственно действует сварочная дуга, плавится, образуя жидкую ванну, а тот, который соприкасается со сварочной ванной, нагревается вследствие теплоотдачи. В результате скорости нагрева и охлаждения отдельных участков зоны термического влияния при сварке неодинаковы. Металл сварочной ванны при охлаждении кристаллизуется (с большой скоростью) в тонкий слой первого участка зоны термического влияния. Происходит уменьшение объема за счет усадки на 1 %. Этот слой первого участка связан с основным металлом детали и твердым металлом шва, что мешает нормальной усадке и приводит к возникновению напряжений растяжения и образованию трещин.

Усадка во время охлаждения сокращает длину валика (валик соединен с основным металлом), а основной металл детали растягивает его. Этот процесс является следствием образования поперечных трещин. Для предотвращения этого процесса необходимо: обеспечить достаточную пластичность наплавленного шва (подобрать соответствующие присадочный материал, обмазку и режимы сварки); проковывать швы во время кристаллизации; равномерно нагревать и особенно охлаждать как шов, так и свариваемую деталь; сварку выполнять на постоянном токе обратной полярности («+» — электрод, «—» — деталь) и малой силы (25...30 А на 1 мм диаметра электрода); наплавлять валики длиной 30...40 мм; применять сварку отжигающими валиками и многослойным швом.

Если при сварке чугуна использовать электрод из низкоуглеродистой стали, то металл шва получится высокоуглеродистым (т.е. будет отличаться высокими хрупкостью и твердостью). Количество углерода в металле шва зависит от геометрии шва, в частности, отношения h_1/h_2 , где h_1 — глубина проплавления; h_2 — усиление шва (рис. 13.12). Чем меньше значение этого отношения, тем меньше в металл шва поступает расплавленного чугуна детали и тем ниже содержание в шве углерода. Например, если в чугуне около 3 % углерода, то в металле шва в зависимости от h_1 углерода будет 1,5...2,0% (в нижней части больше, чем в верхней). Снижают содержание углерода в наплавленном слое за счет уменьшения силы сварочного тока (глубины проплавления чугуна h_1), подбора компонентов покрытия электрода и многослойности сварного шва.

Изменяя состав и толщину обмазки сварочной проволоки, скорость сварки и силу тока, можно получить стальной шов с разным содержанием углерода и разной твердости — от закаленной высокоуглеродистой стали до мягкой отпущенной низкоуглеродистой. Лучшие результаты при горячей сварке чугуна дает ацетилено-кислородное пламя с присадочным материалом из чугуна.

Горячая сварка чугуна предполагает необходимость применения специального нагревательного оборудования: термические и нагревательные печи, кожухи, термостаты и т. д. Поэтому этот способ сварки применяют только в тех случаях, когда необходимо получить наплавленный металл, близкий по структуре, прочности и износостойкости к основному металлу детали.

При сварке необходимо обязательно применять флюс, который выполняет следующие функции: растворяет образующиеся оксиды кремния и марганца, переводя их в шлак; окисляет и частично растворяет графитные включения чугуна, находящиеся на свариваемых поверхностях; образует микроуглубления, которые повышают свариваемость чугуна; предохраняет от окисления расплавленную ванну; увеличивает текучесть сварочных шлаков. В качестве флюса применяют техническую безводную буру ($Na_2B_4O_7$). Бура в чистом виде для сварки не пригодна, так как высокая температура ее плавления вызывает образование в сварочной ванне густых шлаков, которые плохо всплывают на поверхность металла, в результате чего

образуются шлаковые раковины. Применение в качестве флюса смеси из 50 % переплавленной измельченной буры и 50 % кальцинированной соды увеличивает текучесть шлаков и расплавленного металла в ванне, улучшает качество сварки. Лучшие результаты дает флюс ФСЧ-1 следующего состава (% по массе): буры — 23, кальцинированной соды — 27, азотнокислого натрия — 50.

Кромки трещины для сваривания готовят механическим способом или оплавлением металла газовой горелкой с избытком кислорода. Перед сваркой подогретые кромки и конец стержня покрывают слоем флюса. Пламя горелки должно быть строго нейтральным. В ванну расплавленного металла вводят присадочную проволоку с флюсом, подогретые перед этим до температуры плавления. Затем сварщик концом чугунной проволоки воздействует на кромки ванны, делая круговые движения.

Горячей сваркой ацетиленокислородным пламенем с присадкой чугуна рекомендуется восстанавливать блоки цилиндров двигателей и других корпусных деталей при наличии трещин на ребрах жесткости.

Газовую сварку чугуна цветными сплавами без подогрева детали выполняют в сочетании с дуговой сваркой и широко применяют в ремонтном производстве для сварки трещин на обрабатываемых поверхностях корпусных деталей. Присадочный материал — латунь. Температура плавления латуни ниже температуры плавления чугуна (880...950°C), поэтому ее можно применить для сварки, не доводя чугун до плавления и не вызывая в нем особенных структурных изменений и внутренних напряжений. Использование этого процесса позволяет получить сварочные швы плотные, легко поддающиеся обработке.

При сварке трещин в чугунных деталях выполняют следующие операции: снятие с кромок трещин фасок с углом разделки 70... 80 °; грубая обработка фасок (желательно с образованием насечки); очистка места сварки от грязи, масла и ржавчины; подогрев подготовленных к сварке мест пламенем газовой горелки до температуры 900 ...950 °С; нанесение на подогретую поверхность слоя флюса; нагрев в пламени горелки конца латунной проволоки; натирание латунной проволокой горячих кромок трещины (латунь должна покрывать фаски тонким слоем); сварка трещины; медленный отвод пламени горелки от детали; покрытие шва листовым асбестом.

При холодной сварке чугуна деталь не нагревают (возможен подогрев не выше 400 °С для снятия напряжения и предупреждения возникновения сварочных напряжений). Сварочная ванна имеет небольшой объем металла и быстро твердеет. Способ получил более широкое применение по сравнению с горячей сваркой из-за простоты выполнения.

В зоне сварного шва происходят отбеливание и закалка с одновременным ростом внутренних напряжений, которые могут привести к образованию трещин.

Высота сварочного шва определяется значением ($h_1 + h_2$), не одинакова для электродов с разными покрытиями и находится в пределах 4...7 мм.

Холодная сварка применяется для устранения трещин и заварки пробоин в тонкостенных корпусных и крупногабаритных чугунных деталях, которые требуют последующей механической обработки и эксплуатируются под нагрузкой при тепловом воздействии.

Заварка трещин в тонких (до 10 мм) ненагруженных стенках осуществляется без разделки кромок. Процесс заварки в этом случае проводят в следующем порядке: поверхность детали очищают на расстоянии 25 мм от краев трещины; концы трещины обваривают за два прохода; дугу возбуждают на расстоянии 10... 12 мм от одного конца трещины и ведут сварку в направлении другого конца трещины (валик наваривают на расстоянии 10... 12 мм от конца трещины); не прерывая дуги, ведут сварку в обратном направлении, вторым слоем перекрывая первый; делят трещину на участки длиной 30...50 мм; отступив от конца трещины на выбранную длину участка, наплавляют с двух сторон трещины (отступая от ее краев на 1... 1,5 мм) подготовительные валики 1, 2 и 3, 4 (ширина валика равна толщине стенки детали), причем валики 2 и 4 не должны соприкасаться со стенками детали и перекрывать валики, которые лежат под ними; очистка наплавленных вдоль кромок трещины валиков от шлаков; наплавка валиков 5 и 6 (за два прохода, не прерывая дуги), образуя шов, закрывающий трещину; проковывание молотком участка шва (после окончания сварки), не зачищая шлака. В таком же порядке сваривают и другие участки трещины (II, III, IV, V).

Сварку трещин в толстостенных деталях, которые в дальнейшем подвергаются механической обработке или работают под нагрузкой, проводят с разделкой кромок. Ширина разделки краев трещины под сварку на поверхности детали должна быть в 2 раза больше ее толщины, а глубина разделки на 2...3 мм меньше этой толщины. Кромки трещины разделяют фрезерованием или слесарным способом вручную. При такой технологии облегчается сварка деталей в вертикальной плоскости.

Подготовительные валики на кромки трещины наплавляют раздельно: сначала два ряда валиков 1— 8 на одну сторону среза вверх на участке протяженностью 30...50 мм, а затем — на другую сторону среза валики 9—17. Каждый предыдущий валик должен частично перекрываться последующим. После наплавки первого слоя очищают шлак и наплавляют второй. Подготовительные валики второго слоя не должны соприкасаться с основным металлом.

Так же наплавляют подготовительные валики и на других участках, дают им охладиться до температуры 30...50°C, счищают с них шлак и в такой же последовательности, как и при наплавке сколов,

соединяют валики центральными (соединительными) валиками. Заполнение шва на каждом участке проводят с перерывом для охлаждения.

Холодная сварка может осуществляться:

электродами МНЧ-1 (63 % Ni + 37 % Cu) со специальным фтористо-кальциевым покрытием. Процесс сварки выполняется электродами диаметром 3...4 мм на постоянном токе 140...150 А обратной полярности, короткой дугой, участками 20...30 мм, которые сразу же проковываются. Вместо медно-никелевых электродов можно также использовать железо-никелевые электроды типа ЖНБ;

электродами ЦЧ-4, представляющими собой сварочную проволоку Св-08 или Св-08А с фтористо-кальциевым покрытием, содержащим титан или ванадий, которого в наплавленный металл переходит до 9,5%. Процесс ведется электродами диаметром 3...4 мм на постоянном токе 120... 150 А обратной полярности при напряжении 20 В. Перед сваркой рекомендуется подогреть деталь до 150...200 °С, а после наложения валиков сразу же их проковывать;

электродами ОЗЧ-1, представляющими собой медную электродную проволоку с фтористо-кальциевым покрытием, содержащим железный порошок. Процесс сварки рекомендуется вести на постоянном токе 150... 160 А обратной полярности и напряжении 20 В, короткой дугой, небольшими участками по 30...60 мм. После сварки каждый участок необходимо проковывать и продолжать ее после охлаждения шва до 50...60°С.

8.2.10 Особенности сварки деталей из алюминия и его сплавов

Особенности сварки этих деталей состоят в следующем:

очень плохая сплавляемость алюминия (температура плавления алюминия 658°С) из-за образования на его поверхности тугоплавкой окисной пленки (Al_2O_3), температура плавления которой 2050 °С. Окислы снижают механическую прочность деталей. Для их удаления применяют флюсы типа АФ-4А, в состав которых входят хлористый натрий (28%), хлористый калий (50%), хлористый литий (14%) и фтористый натрий (8%);

при нагреве до 400... 450 °С алюминий сильно теряет свою прочность, и деталь может разрушиться даже от легкого удара;

алюминий, как и чугун, не имеет пластического состояния и при нагреве сразу переходит из твердого состояния в жидкое. Алюминиевые сплавы в расплавленном состоянии активно растворяют водород, который при быстром охлаждении не успевает покинуть расплавленный металл и создает в нем поры и раковины. Источник появления водорода — это влага, для удаления которой рекомендуется прогреть детали;

коэффициент линейного расширения алюминия в 2, а теплопроводность в 3 раза больше, чем у стали, что способствует появлению значительных внутренних напряжений, которые приводят к деформациям в свариваемых деталях. Для уменьшения внутренних напряжений целесообразно подогревать перед сваркой детали до температуры 250... 300°С и медленно охлаждать после сварки;

при нагревании алюминий и его сплавы не изменяют цвет, поэтому трудно определить состояние материала при нагревании.

Для деталей из алюминия и его сплавов рекомендуются следующие способы сварки:

неплавящимся вольфрамовым электродом в среде аргона (ар-гонодуговая сварка). В качестве присадочного материала используют сплавы алюминия. В зависимости от толщины деталей используют электроды диаметром 1 ...5 мм, силу сварочного тока — 45... 280 А, напряжением — 22...24 В. Расход аргона колеблется в пределах 4... 12 л/мин. Сварку ведут на переменном токе без применения флюса;

электродами ОЗА-2 (сплава алюминия) и ОЗА-1 (технического алюминия) на постоянном токе обратной полярности, короткой дугой (электродуговая сварка). Сила тока выбирается из расчета 35...45 А на 1 мм диаметра электрода. Стержень электрода изготавливают из алюминиевой проволоки. Электрод имеет покрытие АФ-4А;

ацетилено-кислородным нейтральным пламенем (газовая сварка) с использованием флюса АФ-4А. Присадочный материал должен быть того же состава, что и основной металл. В момент расплавления основного и присадочного материалов пленку окислов разрывают с помощью стального крючка.