

Уважаемые студенты!

Задание:

1. Повторите теоретический материал по ранее изученной теме.
2. Ознакомьтесь с порядком проведения лабораторной работы.
3. Выполните приведенное далее задание.
4. Оформите письменный отчет по лабораторной работе.
5. Письменный отчет по лабораторной работе в виде фото предоставьте преподавателю на e-mail (tamara_grechko@mail.ru).

Обратите внимание!!! В случае возникновения вопросов по выполнению лабораторной работы обращайтесь для консультации к преподавателю по тел. 0721355729 (Ватсап).

С уважением, Гречко Тамара Ивановна!

Лабораторная работа

Тема: Сравнительная характеристика способов наплавки

Цель: Ознакомиться с основными видами наплавки термического класса и

Порядок выполнения:

1. Ознакомиться с теоретическим материалом
2. Изобразить схемы способов наплавки под флюсом (рисунок 2)
3. Проанализировать таблицу и сделать вывод о самом производительном способе наплавки термического класса
4. Ответить на контрольные вопросы

Теоретические сведения

Наплавка – нанесение слоя металла на поверхность заготовки или изделия посредством сварки плавлением.

В зависимости от назначения различают изготовительную и восстановительную наплавку.

Изготовительная наплавка служит для получения новых биметаллических (многослойных) изделий. Такие изделия состоят из основы (основной металл), обеспечивающей необходимую конструкционную прочность, и наплавленного рабочего слоя (наплавленный металл) с особыми свойствами (износостойкость, термостойкость, коррозионная стойкость и др).

Восстановительная наплавка применяется 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).

Наплавку осуществляют нанесением расплавленного металла на поверхность изделия, нагретую до оплавления или до температуры надежного смачивания жидким наплавленным металлом. Наплавленный слой

образует одно целое с основным металлом (металлическая связь). При этом химический состав наплавленного слоя может значительно отличаться от состава основного металла. Толщина наплавленного металла, образованного одним или несколькими слоями, может быть 0,5-10 мм и более.

Преимущества наплавки.

1. Возможность нанесения металлического покрытия большой толщины,
2. Высокая производительность,
3. Отсутствие ограничений по размерам наплавливаемых поверхностей,
4. Простота выполнения, не требующая высокой квалификации, сварщика,
5. Возможность нанесения износостойкого покрытия на основной металл любого состава.
6. Возможность повышения эффективности наплавки путем ее сочетания с другими способами поверхностной обработки.

Недостатки технологии наплавки

1. Ухудшение свойств наплавленного слоя из-за перехода в него элементов основного металла.
2. Деформация изделия из-за высокой погонной энергии наплавки.
3. Неравномерность свойств наплавленных изделий,
4. Ограниченный выбор сочетаний основного и наплавленного металла.
5. Трудность наплавки мелких изделий сложной формы.

Классификация способов наплавки

По физическим признакам (используемые источники нагрева) основные способы наплавки можно разделять на **три класса**:

- термический (наплавка дуговая, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая, световая, индукционная, газовая, печная);
- термомеханический (наплавка контактная, прокаткой);
- механический (наплавка взрывом, трением).

Термические способы наплавки

1. Ручная дуговая наплавка угольными электродами

Ручная дуговая наплавка угольными электродами (рисунок 1, а) осуществляется путем расплавления слоя сыпучего зернистого наплавочного сплава.

2. Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами – наиболее универсальный способ для наплавки деталей различной формы, который может выполняться во всех пространственных положениях.

Легирование наплавленного металла производится через стержень электрода или через покрытие (рисунок 1, б). Электродное покрытие служит для защиты ванны жидкого металла от кислорода и азота воздуха, повышения технологичности процесса наплавки и введения легирующих элементов в состав наплавленного металла.

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/мм².

Основные достоинства способа: универсальность и гибкость при выполнении разнообразных наплавочных работ; простота и доступность оборудования и технологии; возможность получения наплавленного металла практически любой системы легирования.

Основные недостатки способа: низкая производительность; тяжелые условия труда; нестабильность качества наплавленного слоя; большое проплавление основного металла.

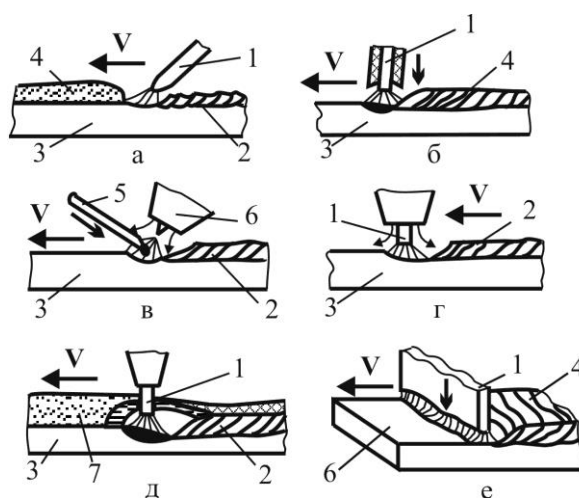


Рисунок 1 - Схемы основных способов дуговой наплавки:

- а – угольным (графитовым) электродом (1) расплавлением слоя сыпучего зернистого наплавляемого материала;
- б – ручной дуговой сваркой покрытым электродом (1) с легирующим покрытием (2);
- в – неплавящимся вольфрамовым электродом (1) в защитных инертных газах с присадочным прутком (2);
- г – плавящимся электродом (проволокой) (1) в среде защитных газов;
- д – электродной проволокой (1) под флюсом (7);
- е – плавящейся лентой (1) в защитных газах или под флюсом; во всех схемах: 3 – наплавляемая деталь; 4 – наплавленный слой

2. Полуавтоматическая и автоматическая дуговая наплавка

Для наплавки применяются все основные способы механизированной дуговой сварки – под флюсом, в среде защитных газов и самозащитными проволоками и лентами.

При наплавке под флюсом (рисунок 1, д, е) дуга скрыта под слоем гранулированного флюса, предварительно насыпанного на поверхность основного металла. Для наплавки под флюсом применяют электроды в виде одной или нескольких проволок диаметром 1 – 6 мм или электродной ленты толщиной 0,4 – 1,0 мм и шириной 20 – 100 мм. Расплавленный шлак надежно изолирует жидкий металл от газов воздуха, способствует сохранению теплоты дуги. После затвердевания металла образуется наплавленный валик,

покрытый шлаковой коркой и нерасплавленным флюсом. Остывшую шлаковую корку удаляют. С помощью наплавки под флюсом можно наносить слой металла почти любого химического состава толщиной от 2 мм и более при наплавке цилиндрических поверхностей.

Процесс наплавки под флюсом отличается большой универсальностью, широкими возможностями легирования металла наплавленного слоя и повышенной производительностью труда.

Широкое распространение получила *электродуговая наплавка лентой*. Дуга на торце ленты (рисунок 1, е) циклически перемещается от одной кромки к другой в зависимости от тока и ширины ленты со скоростью 1 – 4 м/с. Вследствие перемещения дуги получается рассеянное тепловложение в основной металл, что снижает глубину проплавления основного металла и долю его в наплавленном до 10 – 15 %.

На рисунке 2 приведены примеры, характеризующие пути повышения производительности труда и качества при наплавке под флюсом. Наибольшее распространение получили способы многоэлектродной и многодуговой наплавки.

Суть способа *многоэлектродной электродуговой* наплавки под флюсом заключается в том, что дуга автоматически возникает на торце то одного, то другого электрода, расположенных на определенном расстоянии друг от друга и имеющих один общий токоподвод. Дуга, перемещаясь с одного электрода на другой, приводит к попеременному плавлению электродов, чем обеспечивается малая глубина проплавления при высокой производительности процесса.

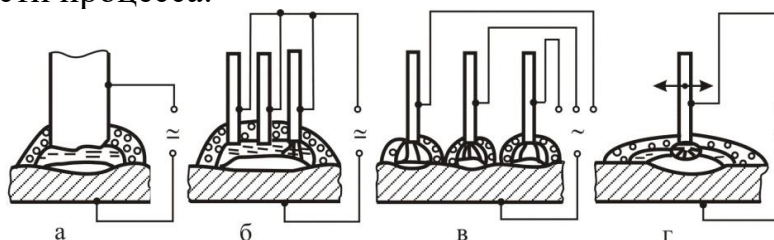


Рисунок 2 - Способы наплавки под флюсом:

а – электродной лентой; б – многоэлектродная;

в – многодуговая; г – поперечным колебанием электрода

При многоэлектродной наплавке вследствие перемещения дуги с одного электрода на другой длительность ее горения на одном из электродов значительно меньше, чем при одноэлектродной. Это уменьшает длительность воздействия дуги на расплавленный металл ванны в определенном ее месте. В результате уменьшаются глубина кратера и проплавление основного металла.

Вибродуговая наплавка под флюсом. Стремление сохранить хорошие качества наплавки, получаемой под слоем флюса, и уменьшения остаточных деформаций привело к использованию вибрации электрода при наплавке, что обеспечивает надежное зажигание и горение дуги при весьма низких параметрах режимов.

Схема устройства для наплавки валов небольшого диаметра таким

способом показана на рисунок 3. Флюсоудерживающее приспособление 2 крепится к сварочной головке и перемещается вместе с ней. Для лучшего отделения шлака и охлаждения наплавляемой детали устанавливают охладитель 3, подающий сжатый воздух.

Основные преимущества наплавки под флюсом: универсальность; высокая производительность; возможность получения наплавленного металла практически любой системы легирования; малые потери электродного металла; отсутствие излучения дуги.

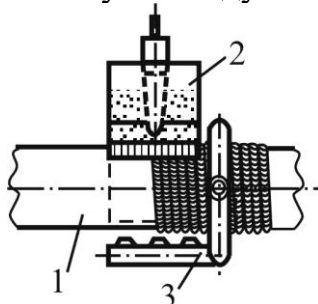


Рисунок 3 - Схема вибродуговой наплавки под флюсом

Основные недостатки: большое проплавление основного металла, особенно при наплавке проволоками; невозможность визуального наблюдения за формированием валиков; необходимость использования различных флюсоудерживающих и формирующих устройств; невозможность выполнения наплавки в пространственных положениях, отличных от нижнего; затрудненность удаления шлаковой корки при наплавке деталей малого диаметра и глубоких внутренних поверхностей.

4. Наплавка в среде защитных газов. Среди способов наплавки в среде активных защитных газов наибольшее распространение получила наплавка плавящимся электродом в среде дешевого и недефицитного углекислого газа. Этот способ позволяет наносить на детали небольших диаметров слои толщиной 0,5 – 3,5 мм высокого качества при высокой производительности. К недостаткам следует отнести повышенное разбрызгивание металла (до 15 %), необходимость применения специальной легированной проволоки для получения слоев высокого качества.

Перспективна наплавка в среде различных газовых смесей (12 % CO_2 и 88 % Ar; 3 % O_2 и 97 % Ar и др.).

Наплавку в среде инертного газа осуществляют неплавящимся и плавящимся электродами.

Для наплавки неплавящимся электродом в качестве неплавящихся электродов используются угольные (графитовые) стержни диаметром 5 – 40 мм и вольфрамовые прутки. При этом присадочный металл вводят в зону дуги в виде проволоки (прутка) или в виде порошка. При наплавке угольным (графитовым) электродом наплавочные порошки насыпают на наплавляемую поверхность, а затем расплавляют (см. рисунок 1,а). Наплавка вольфрамовым электродом в среде инертного газа характеризуется тем, что дуга, за счет теплоты которой происходит плавление наплавочного присадочного металла, возникает между основным металлом и вольфрамовым электродом

(см. рисунок 1,в). Процесс аргонодуговой наплавки, сходный с газовой наплавкой, протекает в условиях подачи наплавочного прутка и его плавления дугой.

Применение механизированных средств подачи наплавочного материала с постоянной скоростью позволяет осуществлять наплавку в автоматическом или полуавтоматическом режиме. Наплавка плавящимся электродом в среде защитного газа (см.рисунок 1,г) характеризуется тем, что дуга возникает между основным металлом и электродным наплавочным материалом. Наплавка протекает в условиях автоматической подачи электродной проволоки. В качестве защитного газа чаще всего используют аргон. С целью стабилизации дуги при наплавке стали к аргону добавляют до 20 % кислорода или углекислого газа. Поэтому задача получения наплавленного металла с заданными свойствами требует тщательного выбора состава защитного газа.

5 Дуговая наплавка самозащитными порошковыми проволоками и лентами. Стабилизация дуги, легирование и защита расплавленного металла от азота и кислорода воздуха обеспечивается за счет соответствующих компонентов сердечника электродного материала. При этом газо- и шлакообразующие компоненты составляют 10–12 % массы проволоки или ленты (рисунок 4).

При плавлении такой проволоки легирующие элементы шихты и металла оболочки переходят в шов, образуя наплавленный металл. Наплавленный валик покрывается тонким слоем шлака, достаточным для защиты от воздействия воздуха и не требующим удаления при многослойной наплавке. Порошковые проволоки с внутренней защитой для автоматической и механизированной наплавки изготавливают диаметрами: 1,6; 2,0; 2,5; 2,8; 3,0; 3,2 мм.

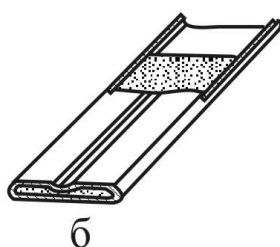
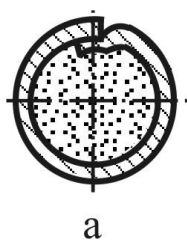


Рисунок 4- Конструкции порошковых проволоки (а) и ленты (б)

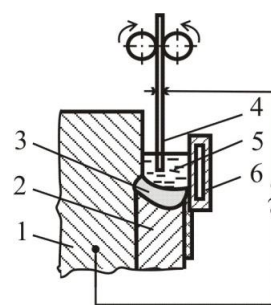


Рисунок 5 - Схема электрошлаковой наплавки

При наплавке крупных деталей вместо порошковой проволоки используется близкая по составу порошковая лента, что дает дополнительный выигрыш в производительности.

6. Электрошлаковая наплавка

Электрошлаковая наплавка (ЭШН) основана на использовании тепла, выделяющегося при прохождении электрического тока через расплавленный шлак (рисунок 5). В пространстве между плоскостью наплаваемого изделия 1 и формирующим кристаллизатором 6 создается ванна расплавленного

шлака 5, в которую подается электрод 4. Ток, проходя между электродом и изделием, нагревает шлаковую ванну до температуры свыше 2000 °С, в результате чего электродный и основной металлы оплавляются, образуя металлическую ванну 3, при затвердевании которой создается наплавленный слой 2.

ЭШН имеет ряд особенностей

- при установившемся процессе разбрызгивание отсутствует;
- расход флюса на образование шлаковой корки на поверхности наплавленного металла составляет не более 5 % его массы;
- расход электроэнергии в 1,5 – 2 раза меньше, а флюса в 20 раз;
- более низкие скорости нагрева и охлаждения основного металла шва неблагоприятно сказываются на структуре наплавленного металла;
- формирование благоприятного направления роста кристаллов в наплавленном снижает вероятности образования трещин;
- меньшая склонность к образованию пор и несплошностей в металле наплавления.

Малые плотности тока на электроде, характерные для данного способа наплавки, позволяют применить электроды большого сечения, в качестве которых используются проволока, прокатанные или литые стержни и пластины, трубы. Не исключается применение порошковой проволоки, а также проката различного профиля. Для получения устойчивого электрошлакового процесса необходимо, чтобы глубина шлаковой ванны была не менее 30 мм. При уменьшении глубины ванны до 10 – 15 мм электрошлаковый процесс переходит в дуговой либо неустойчивый.

Технология позволяет наплавлять детали различной формы. Наплавляемое изделие 1 (см. рисунок 6) устанавливается вертикально, соосно с кристаллизатором-электродом 3. В зазор между наплавляемой поверхностью и стенкой секционного кристаллизатора, к одной из секций которого подведено напряжение, заливается расплавленный (отдельно) шлак.

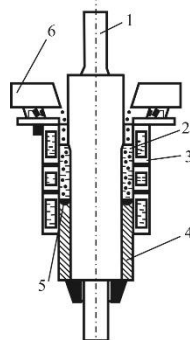


Рисунок 6 - Схема электрошлаковой наплавки зернистой присадкой в токоподводящем кристаллизаторе

При перекрытии шлаком всех секций кристаллизатора идущий от токоподводящей секции ток наплавки обеспечивает выделение в шлаковой ванне 2 теплоты, достаточной для поддержания ее в расплавленном состоянии и обеспечения электрошлакового процесса.

Нижняя секция кристаллизатора служит для формирования

наплавленного слоя.

Промежуточная секция разделяет токоподводящую и формирующую секции, а также является элементом автоматического слежения за уровнем металлической ванны 5, которая образуется при расплавлении переплавляемых в шлаке частиц. Подача присадочного материала в шлаковую ванну осуществляется несколькими стационарными дозаторами 6, обеспечивающими равномерное распределение частиц на поверхности шлаковой ванны, или одним, совершающим возвратно-вращательные движения по периметру кристаллизатора.

Основные достоинства ЭШН: высокая устойчивость процесса в широком диапазоне плотностей тока (от 0,2 до 300 А/мм²), что позволяет использовать для наплавки как электродную проволоку диаметром менее 2 мм, так и электроды большого сечения (более 35000 мм²); высокая производительность; возможность наплавки за один проход слоев большой толщины; возможность применения для сталей и сплавов с повышенной склонностью к образованию трещин; возможность придавать наплавленному металлу необходимую форму, сочетать наплавку с электрошлаковой сваркой и отливкой, на чем основана стыковая шлаковая наплавка.

Основные недостатки ЭШН: большая погонная энергия процесса, что обуславливает перегрев основного металла в ЗТВ; сложность и уникальность оборудования; невозможность получения слоев малой толщины (кроме способа ЭШН лентами); большая длительность подготовительных операций.

7. Газовая наплавка

При *газовой* наплавке (ГН) в качестве источника теплоты для получения наплавленного слоя металла используется газовое пламя. Газовым пламенем специальных горелок можно производить наплавку, напыление покрытий, а также их оплавление. Газовое пламя получают при сжигании газообразных продуктов в кислороде. В качестве горючего газа чаще всего применяют ацетилен, максимальная температура пламени которого составляет 3150 °С. Используют для этих целей также пропан-бутан.

При сварке с использованием горючей смеси, обогащенной ацетиленом, на поверхности металла оседают частицы восстановленного углерода, образуя тонкий науглероженный слой толщиной ~0,02 мм. В связи с этим в настоящее время рассмотренный способ применяют только при наплавке высокохромистого сплава на основе железа и других высокоуглеродистых наплавочных материалов, тогда как при нанесении покрытий из коррозионно-стойкой стали, для которой науглероживание нежелательно, применяют способы дуговой наплавки плавящимся и вольфрамовым электродами в среде инертного газа.

Газопорошковая наплавка позволяет упрочнять детали сложной конфигурации слоем минимальной толщины (0,1 – 0,3 мм) без разбавления основным металлом, так как зона перехода при этом составляет всего 100 – 120 мкм. Для наплавки используют специальные горелки (рисунок 7).

Наплавочный материал в виде порошкового сплава подается из бункера под действием силы тяжести и инжектирующего действия кислородной

струи через газокислородное пламя в место наплавки. В результате нагрева пламенем частицы порошка достигают поверхности детали в высокопластичном или расплавленном состоянии и после затвердевания образуют слой наплавленного металла, используемый для восстановления и упрочнения деталей машин.

Наплавку ведут гранулированным самофлюсующимся порошком системы хром - бор - никель. Расход порошка составляет до 2,7 кг/ч. Рекомендуемые размеры частиц порошка 40 – 100 мкм.

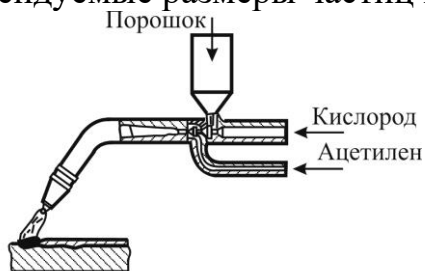


Рисунок 7 - Горелка для газопорошковой наплавки

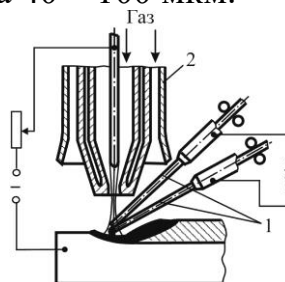


Рисунок 8 - Схема плазменной наплавки с двумя присадочными проволоками

Газопорошковую наплавку используют в основном при ремонтных работах для восстановления и упрочнения автотракторных деталей, штампов и матриц, головок рельсов в железнодорожном транспорте и других деталей.

Основные достоинства способа: малое проплавление основного металла; универсальность и гибкость технологии; возможность наплавки слоев малой толщины.

Основные недостатки способа: низкая производительность процесса; малый коэффициент использования наплавочных материалов (60 – 80 %); нестабильность качества наплавленного слоя.

8. Плазменная наплавка

Широкое применение в настоящее время находят плазменные способы наплавки. При плазменной наплавке (ПН) в качестве источника нагрева используется плазма, которая представляет собой вещество в сильно ионизированном состоянии. В 1 см³ плазмы содержится 10⁹ – 10¹⁰ и более заряженных частиц. Практически в любом дуговом разряде образуется плазма. Основным методом получения плазмы для технологических целей является пропускание газовой струи через электрическую дугу, расположенную в узком медном канале. При этом в связи с отсутствием возможности расширения столба дуги возрастает число упругих и неупругих соударений заряженных частиц, т. е. увеличивается степень ионизации, возрастает плотность и напряжение дуги, что вызывает повышение температуры до 10000 – 15 000 °С.

Наличие у плазменных горелок стабилизирующего водоохлаждаемого канала сопла является основным отличием от обычных горелок, применяемых при сварке в среде защитных газов неплавящимся электродом.

При восстановлении деталей в зависимости от их формы, условий работы применяют несколько разновидностей плазменной наплавки, отличающихся типом присадочного металла, способом его подачи на

упрочняемую поверхность и схемами подключения плазмотрона.

При плазменной наплавке по отношению к наплавляемой детали применяют два вида сжатой дуги: прямого и косвенного действия. В обоих случаях зажигание дуги плазмотрона и осуществление процесса наплавки выполняют комбинированным способом: вначале между анодом и катодом плазмотрона с помощью осциллятора возбуждают дугу косвенного действия.

Дуга прямого действия образуется при соприкосновении малоамперной (40 – 60 А) косвенной дуги с токоведущей деталью. В зону дуги могут подаваться материалы: нейтральная или токоведущая проволока, две проволоки (рис. 8), порошок, порошок одновременно с проволокой.

Метод косвенной дуги заключается в том, что между дежурной дугой и токоведущей проволокой образуется прямая дуга, продолжение которой является косвенной независимой дугой по отношению к электрически нейтральной детали.

Высокую производительность (до 30 кг/ч) обеспечивает плазменная наплавка с подачей в ванну двух плавящихся электродов 1 (рис.8), подключенных последовательно к источнику питания и нагреваемых почти до температуры плавления. Защитный газ подается через сопло 2.

Универсальный способ плазменной наплавки – *наплавка с вдуванием порошка в дугу* (рисунок 9). Горелка имеет три сопла: 3 – для формирования плазменной струи, 4 – для подачи присадочного порошка, 5 – для подачи защитного газа. Один источник тока служит для зажигания дуги осциллятором 2 между электродом и соплом, а другой источник тока формирует плазменную дугу прямого действия, которая оплавляет поверхность изделия и плавит порошок, подающийся из бункера 6 потоком газа. Изменяя ток обеих дуг устройствами 1, можно регулировать количество теплоты, идущей на плавление основного металла и присадочного порошка и, следовательно, долю металла в наплавленном слое.

Увеличение производительности процесса плазменной наплавки во многом зависит от эффективности нагрева порошка в дуге. Наибольшее влияние на нагрев порошка оказывают ток дуги, размер частиц и расстояние между плазмотроном и анодом.

Основные достоинства метода ПН: высокое качество наплавленного металла; малая глубина проплавления основного металла при высокой прочности сцепления; возможность наплавки тонких слоев; высокая культура производства.

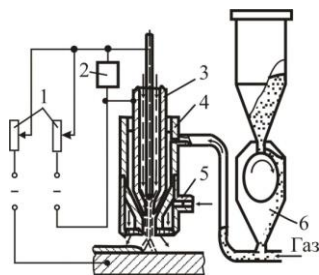


Рисунок 9 - Плазменная порошковая наплавка:

Основные недостатки ПН: относительно невысокая

производительность; необходимость в сложном оборудовании.

9 Лазерная (световая) наплавка

В последние годы наплавку все чаще выполняют с использованием высококонцентрированных источников энергии, таких, как лазерный и электронный лучи. Лазерное излучение на несколько порядков превосходит по концентрации остальные источники теплоты, используемые при сварке и наплавке. Лазерная наплавка (ЛН), в отличие от электронно-лучевой не требует вакуумных камер. При лазерной наплавке луч лазера генерируется оптическим квантовым генератором. Процессы лазерной наплавки можно разбить на две основные группы по способу введения наплавочного материала на поверхности обрабатываемого изделия.

Первая группа – это способы, основанные на оплавлении предварительно размещенного наплавочного материала на поверхности обрабатываемого изделия. В качестве наплавочного материала применяют прутки, ленты, обмазки, содержащие присадочные порошки со связующим.

Вторая группа – способы, при которых наплавочный материал подается в зону воздействия излучения непосредственно в процессе обработки. В этом случае наплавочный материал представляет собой проволоку или порошок, вдуваемый в зону наплавки с помощью транспортирующего газа.

Наиболее эффективными считают газопорошковую лазерную наплавку и оплавление слоя предварительно насыпанного порошка. При газопорошковой лазерной наплавке подача порошка может осуществляться вслед движению образца и навстречу движению. На рисунок 10 показана схема газопорошковой лазерной наплавки с подачей порошка вслед движению образца.

В процессе наплавки основными параметрами подачи порошка являются дистанция подачи l , угол подачи α , расстояние от поверхности основы до точки пересечения осей луча и газопорошковой струи h_1 , расход транспортирующего газа и расход порошка Q .

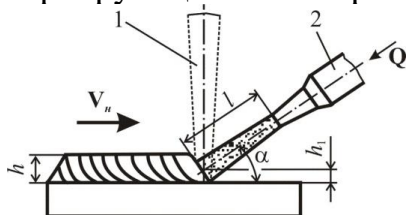


Рисунок 10 - Схема процесса газопорошковой лазерной наплавки:

- 1 – лазерный луч;
- 2 – питатель (дозатор для порошка)

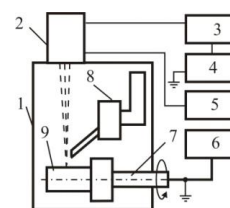


Рисунок 11 - Схема установки электронно-лучевой наплавки

Образование наплавленного валика происходит в процессе взаимодействия лазерного луча, газопорошкового потока и ванны расплава.

Порошок в зону наплавки подается с помощью питателя – дозатора инжекционного типа с диаметром сопла 1,5 мм. В качестве транспортирующего газа используют осушенный атмосферный воздух.

Формирование валика при этом идет наращиванием от подложки к поверхности валика. Процесс характеризуется минимальным тепловым воздействием на материал подложки. Последовательным наложением валиков с коэффициентом перекрытия $K_n = 0,6 \dots 0,7$ можно получить слои различной ширины, а также различной высоты при наложении их друг на друга, причем для этого не требуются какие-либо предварительные технологические операции.

Основные достоинства ЛН: малое и контролируемое проплавление при высокой прочности сцепления; возможность получения тонких наплавленных слоев (менее 0,3 мм); небольшие деформации наплавляемых деталей; возможность наплавки труднодоступных поверхностей; возможность подвода лазерного излучения к нескольким рабочим местам, что сокращает время на переналадку оборудования.

Основные недостатки ЛН: малая производительность; низкий КПД процесса; необходимость в сложном, дорогостоящем оборудовании.

10. Электронно-лучевая наплавка

Электронно-лучевая наплавка (ЭЛН) осуществляется в вакууме за счет плавления основного и присадочного материалов с помощью электронного луча. *Электронный луч* является высококонцентрированным источником энергии. Электронно-лучевая наплавка имеет высокий КПД, составляющий 85 – 95 %. Электронный пучок позволяет отдельно регулировать нагрев и плавление основного и присадочного материалов, а также свести к минимуму их перемешивание. Наплавка производится с присадкой сплошной или порошковой проволоки. Так как наплавка производится в вакууме, то шихта порошковой проволоки может состоять из одних легирующих компонентов.

В состав установки для электронно-лучевой наплавки износостойких покрытий входят вакуумная камера 1 (рисунок 11) с откачными средствами, механический манипулятор 7 с электроприводом 6, устройство 8 для дозированной подачи порошкового материала в зону расплава и электронный источник 2. Устройство для питания электронного источника состоит из блока питания разряда 3, высоковольтного блока 4, блоков питания фокусирующей катушки и отклоняющей системы 5. Порошковый дозатор 8 обеспечивает стабильную подачу наплавленного материала в зону действия электронного луча, а блок управления формирует развертку луча в виде одной или нескольких линий, направленных поперек движения наплавленного изделия 9. Высоковольтный блок 4 служит для преобразования сетевого трехфазного напряжения в выпрямленное высокое напряжение. Манипулятор 6 служит для перемещения изделия в процессе наплавки.

Для ЭЛН в вакууме пригодны порошки дисперсностью 50 – 350 мкм. При дисперсности менее 50 мкм порошки недостаточно сыпучи в вакууме и поэтому трудно обеспечить их подачу непосредственно в ванну расплава. Для расплавления порошков крупнее 350 мкм требуется больше энергии, что приводит к дополнительному проплавлению основы, увеличению остаточных напряжений и росту зерна в покрытии.

В основном покрытия, полученные ЭЛН, применяют для защиты

поверхностей, подвергающихся различным видам абразивного и эрозионного изнашивания. Технологию ЭЛН применяют для восстановления деталей с толщиной изношенного слоя до 10 мм. Износостойкость покрытий, полученных ЭЛН, значительно превышает износостойкость покрытий, наносимых традиционными методами (в 2–5 раз) по сравнению с напыленными порошковыми покрытиями и в 1,5–2 раза по сравнению с напыленными и оплавленными порошковыми покрытиями.

Основные достоинства ЭЛН: малое проплавление основного металла; возможность наплавки слоев малой толщины.

Основные недостатки ЭЛН: сложность и высокая стоимость оборудования; необходимость биологической защиты персонала.

Способы наплавки характеризуются следующими основными показателями: производительностью, долей основного металла в наплавленном валике, толщиной наплавленного слоя.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика способов наплавки

Способ наплавки	Производительность, кг/ч	Доля основного металла, %	Толщина наплавленного слоя, мм
Газовая с присадкой прутков или проволоки	0,5 – 1,5	1	0,8 – 5,0
Газопорошковая	0,5 – 3,0	1	0,3 – 3,0
Аргодуговая неплавящимся электродом	1,0 – 7,0	10 – 30	2,5 – 5,0
Плавящимся электродом в защитном газе	1,5 – 9,0	30 – 60	3,0 – 5,0
Ручная дуговая, покрытыми электродами	0,8 – 3,0	20 – 50	2,0 – 5,0
Под флюсом одной проволокой	2 – 12	30 – 60	3,0 – 5,0
Под флюсом многоэлектродная	5 – 40	15 – 30	5,0 – 8,0
Под флюсом лентой	5 – 40	10 – 20	2,5 – 5,0
Дуговая самозащитной проволокой	2 – 9	25 – 50	2,5 – 5,0
Дуговая самозащитной лентой	10 – 20	15 – 40	2,5 – 5,0
Электрошлаковая двумя электродными лентами	10 – 60	5 – 15	1,5 – 5,0
Электрошлаковая электродными проволоками	20 – 60	10 – 20	6,0 – 50
Плазменная порошком	0,6 – 6,0	5 – 15	0,3 – 6,0

Контрольные вопросы:

1. Какие виды износа деталей оборудования Вы знаете?
2. Что называется наплавкой?
3. Что такое «доля основного металла в наплавленном»?
4. Какие группы наплавочных материалов Вы знаете?
5. Что называется восстановительной наплавкой?
6. Как регулируют долю основного металла в наплавленном?
7. Какими основными показателями характеризуются методы наплавки?
8. В каких случаях применяют электрошлаковую наплавку?
9. В чем сущность плазменной наплавки?

10. Классификация и характеристика методов наплавки деталей.

11. Как выбрать наплавочные материалы?

Как происходит легирование наплавленного металла?