

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ РЕМОНТА И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	
1.1 Комплексная характеристика способов восстановления и упрочнения поверхностей деталей.....	
1.2 Классификация деталей, подлежащих восстановлению. Дефекты деталей.....	
1.3 Подготовка деталей к ремонтно-восстановительному процессу. Выбор способа восстановления и упрочнения поверхностей.....	
2. СПОСОБЫ МЕХАНИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ.....	
2.1 Холодная и горячая правка металла.....	
2.2 Упрочнение и восстановление деталей пластическим деформированием.....	
2.3 Ультразвуковое упрочнение деталей машин.....	
2.4 Восстановление деталей слесарно-механической обработкой.....	
3 НАПЛАВКА И РЕМОНТНАЯ СВАРКА.....	
3.1 Классификация способов наплавки. Преимущества и недостатки технологии наплавки.....	
3.2 Электродуговые способы наплавки. Ручная дуговая наплавка.....	
3.3 Наплавка под флюсом, в защитных газах и порошковой проволокой.....	
3.4 Плазменная и плазменно-порошковая наплавка.....	
3.5 Наплавка токами высокой частоты (индукционная).....	
3.6 Наплавка трением. Электроконтактная наварка.....	
3.8 Газовая сварка и наплавка стальных деталей. Заварка трещин.....	
3.9 Вибродуговая наплавка.....	
4 НАПЫЛЕНИЕ И МЕТАЛЛИЗАЦИЯ.....	
4.1 Газопламенное и детонационное напыление.....	
4.2 Плазменное напыление.....	
4.3 Металлизация (электродуговая, газовая).....	
4.4 Вакуумное напыление.....	
4.5 Электроискровое наращивание и легирование.....	
5 ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ.....	
5.1 Основные виды термической обработки.....	

5.2 Характеристика основных видов химико-термической обработки.....	
6 ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	
6.1 Гальванические покрытия поверхности деталей.....	
6.2 Электрохимическое микродуговое оксидирование.....	
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССЕ РЕМОНТА И УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1.1 Комплексная характеристика способов восстановления и упрочнения поверхностей деталей

Восстановление деталей – это технологический процесс возобновления исправного состояния и ресурса этих деталей путем возвращения им утраченной части материала из-за изнашивания и доведения до нормативных значений уровня свойств, изменившихся за время длительной эксплуатации.

Упрочнение деталей – это повышение сопротивляемости элементов этих деталей разрушению, остаточной деформации или изнашиванию.



Рис. 1.1 - Способы восстановления и упрочнения поверхностей деталей

Для восстановления изношенных деталей машин и аппаратов, а также для упрочнения и нанесения слоев на поверхность деталей с особыми свойствами в промышленности применяют различные способы.

Электролитическое металлопокрытие – осаждение металла с образованием покрытия на поверхности изделия при пропускании тока между анодом и катодом, например: никелирование, хромирование.

Хромирование – нанесение хрома или его сплава на металлическое изделие для придания поверхности комплекса физико-химических свойств: коррозионной стойкости, износостойкости, жаростойкости, высоких механических и электромагнитных свойств.

Никелирование – нанесение на поверхность изделий никелевого покрытия (толщиной, как правило, от 1...2 до 40...50 мкм).

Химическое металлопокрытие – образование покрытия за счет осаждения ионов металла из водного раствора без применения электрического тока.

Отличительной особенностью химических покрытий является высокая равномерность их осаждения по всей поверхности.

Горячее металлопокрытие погружением – образование покрытия путем погружения изделия в ванну расплавленного металла.

Цинкование. Одним из важнейших свойств защитных покрытий является прочность сцепления их с поверхностью покрываемого изделия.

Алюминирование. По данным различных исследований, алюминиевое покрытие примерно в 6 раз устойчивее цинкового при одинаковом весе и в 2,5 раза при одинаковой толщине покрытия.

Диффузионное насыщение слоя металла при высокой температуре в специальной среде.

Химико-термическая обработка (ХТО). Химико-термической называется обработка, заключающаяся в сочетании термического и химического воздействия с целью изменения состава, структуры и свойств поверхностного слоя стали.

ХТО включает три последовательные стадии:

1. Образование активных атомов в насыщающей среде вблизи поверхности или непосредственно на поверхности металла;
2. Адсорбцию образовавшихся активных атомов поверхностью насыщения;
3. Диффузию-перемещение адсорбированных атомов в решётке обрабатываемого металла.

Азотированием является химико-термическая обработка, состоящая из диффузионного насыщения поверхностного слоя, стали азотом и углеродом при нагревании в соответствующей среде.

Вакуумное осаждение ионов. Основным достоинством данных методов является возможность создания весьма высокого уровня физико-механических свойств материалов в тонких поверхностных слоях, нанесение плотных покрытий из тугоплавких химических соединений.

Эмалирование – нанесение эмалей на поверхности металлических изделий для защиты их от коррозии, истирания и высоких температур, а также в декоративных целях с последующим нагревом (обжиг) изделия для оплавления и закрепления эмали.

Эмаль представляет собой стеклообразное вещество, в основном состоящее из оксидов, полученное плавлением, которое одним или несколькими слоями наносят на металлическое изделие.

Наплавка – нанесение слоя расплавленного металла на оплавленную металлическую поверхность путем плавления присадочного материала теплотой газового пламени, электрической или плазменной дуги.

Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами (РДН). Универсальный способ, пригодный для наплавки деталей различной формы и назначения во всех пространственных положениях. Легирование наплавленного металла производится через стержень электрода и (или) через покрытие.

Полуавтоматическая и автоматическая дуговая наплавка проволоками. Применяется механизированная наплавка под флюсом одной проволокой (сплошной или порошковой) или лентой (холодно-катаной, порошковой или спеченной). Легирование наплавленного металла осуществляется, как правило, через электродный материал, легирующие флюсы применяются реже.

Электрошлаковая наплавка (ЭШН) – заключается в том, что основной и наплавляемый металлы расплавляются за счет выделения тепла в шлаковой ванне при пропускании через нее электрического тока.

Плазменно-дуговая наплавка (ПДН) – состоит в нанесении покрытия из расплавленного присадочного порошкового или проволочного материала на металлическую поверхность с использованием в качестве источника нагрева плазменной дуги, горящей между электродом плазмотрона и изделием.

Индукционная наплавка. Сущность способа заключается в разогреве наплавляемого материала и поверхности основного материала токами высокой частоты под воздействием мощного электромагнитного поля, генерируемого специальным устройством – индуктором.

Электроконтактная наплавка (наварка). Соединение основного и присадочного металлов осуществляется в результате их совместной пластической деформации, сопровождающейся пропусканием в месте контакта импульсов тока.

Лазерная наплавка. Разработаны три способа лазерной наплавки: с подачей присадочного порошка в зону плавления, оплавление предварительно нанесенных паст, оплавление напыленных слоев.

Электронно-лучевая наплавка. Использование для наплавки электронного луча позволяет отдельно регулировать нагрев и плавление основного и присадочного материалов, а также свести к минимуму их перемешивание.

Наплавка трехфазной дугой неплавящимися электродами в аргоне. Способ применяется для наплавки изделий из алюминиевых и магниевых сплавов с подачей присадочной проволоки в зону сварки. Используется как источник тепла одновременно и для сварки, и для подогрева зоны наплавки межэлектродной (косвенной) дугой.

Газовая наплавка. Металл нагревается и расплавляется пламенем газа, сжигаемого в смеси с кислородом в специальных горелках. Горючий газ – ацетилен или его заменители: пропан-бутановая смесь, природный газ, водород.

Наплавка трением. Суть метода заключается в быстром вращении присадочного прутка (1500...4000 об/мин), который торцом прижимается к наплавленной поверхности. Металл нагревается, становится пластичным и как бы намазывается на поверхность изделия.

Плакирование – получение слоев, соединенных между собой способами прокатки, сварки взрывом или литьем.

Плакирование с использованием энергии взрыва. Для непосредственного плакирования деталей или получения многослойных заготовок наиболее широко применяется взрывное плакирование пластичными коррозионно-стойкими сталями и сплавами.

Плакирование прокаткой. Плакированный металл производят из специальных многослойных слитков, из заготовок, полученных наплавкой, ЭШС, сваркой взрывом, из сварных герметизированных заготовок-пакетов.

Напыление – образование на поверхности изделия покрытия из нагретых до плавления или близкого к нему состояния частиц распыляемого материала с использованием теплоты сжигаемого газа или электрического разряда в газовых средах.

Плазменное порошковое напыление (ППН) – состоит в нанесении покрытия из отдельных частиц порошкового материала, нагретого и ускоренного с помощью высокотемпературной плазменной струи.

Газопламенный метод напыления покрытий. Источником тепла выступает ацетиленокислородное пламя, температура которого не превышает 3000 °С. Распыляемый материал, попадая в факел ацетиленокислородного пламени горелок, разогревается до температуры, близкой к температуре плавления, и разгоняется до скорости 20...30 м/с. При соударении с изделием разогретые частицы соединяются с поверхностью и между собой, образуя достаточно плотное и равномерное покрытие.

Напыление металлизацией. Сущность метода. В электрометаллизаторе установлены направляющие, через которые непрерывно производится подача двух распыляемых проволок. Между концами этих проволок возбуждается электрическая дуга. В центральной части электрометаллизатора имеется сопло, через которое подается сжатый воздух. Струя сжатого воздуха отрывает с проволок-электродов частицы расплавленного металла и уносит их к напыляемой поверхности.

1.2 Классификация деталей, подлежащих восстановлению.

Дефекты деталей

В зависимости от условий службы наплавляемые детали можно разбить на несколько групп.

1. Детали, работающие в условиях трения металла о металл. К этой группе обычно относят крановые колеса и колеса локомотивов, детали гусеничных тракторов, автомобильные сцепки и шкворни, оси, валы, шпиндели, зубчатые колеса и шестерни и т. д. Износ деталей происходит при больших контактных напряжениях. Наплавка этой группы деталей производится в основном для восстановления первоначальных их размеров без значительного повышения износостойкости, так как большая твердость одной контактной поверхности может вызвать повышенный износ другой. Для наплавки используют обычно низкоуглеродистые и низколегированные стали, содержащие не более 5 % легирующих элементов (08Г, 08ГС, 15Г2С, 18Г4 и т. д.).

2. Детали и инструменты, работающие в условиях абразивного износа при нормальных температурах. Это детали сельскохозяйственной техники (лемеха плугов, лапки культиваторов, зубья бороны), детали строительно-дорожных машин, размольного оборудования, буровые долота, зубья дробилок, шнеки для перемещения сыпучих материалов и т. д.

Наибольшую стойкость против абразивного износа имеют сплавы, имеющие в своей структуре большое количество карбидов металлов. Поэтому для наплавки выбирают присадочный металл, легированный хромом и марганцем в сочетании с повышенным количеством углерода. Например: сталь У25Х28, У35Х7Г7, У30Х28Г2С.

3. Детали, эксплуатирующиеся в условиях абразивного износа с ударными нагрузками. Представителями этой группы могут быть ролики рольгангов, ножи бульдозеров, зубья ковшей экскаваторов, детали дробилок, автомобильные рессоры, наконечники отбойных молотков и т. д. Такие детали наплавляют высокохромистыми сплавами с более низким содержанием углерода, например, в качестве наплавочного материала используют сталь Х12, Х19М, Х13Н4. Такие стали в основном относятся к ледебуритным сплавам. Наплавленный слой сталью типа Х12 обладает высокой твердостью, исключительной износостойкостью. Вместе с тем сталь этой группы имеет невысокую стоимость. Отлично сопротивляются ударно-абразивному износу высокомарганцевые, аустенитные стали типа Г13.

4. Детали и инструменты, работающие на термическую усталость и абразивный износ при повышенных температурах. К деталям этой группы

относят прокатные валки, ножи блюминга, прессовый инструмент для горячей штамповки, керны для захвата слитков, металлургическое оборудование и т. д.

Наплавленный металл должен обладать высокой твердостью, износостойкостью и в то же время удовлетворительной вязкостью во избежание сколов при эксплуатации. Эти свойства достигаются за счет легирования металла наплавки хромом и вольфрамом. Лучшей износостойкостью обладают хромовольфрамовые стали типа 3Х2В8.

5. Детали, работающие в условиях коррозии и эрозии, сочетающихся с абразивным износом при повышенных температурах. Это уплотнительные поверхности арматуры для пара высокого давления (задвижки, вентили), крыльчатки, шестерни и плунжеры насосов для перекачки агрессивных жидкостей, детали, работающие в морской воде, лопасти гидротурбин и парогенераторов и т. д. Для наплавки применяют высокохромистые сплавы 1Х13, 1Х25Н4Т и хромоникелевые аустенитные 0Х18Н9, 1Х18Н9Т. Детали, работающие в условиях абразивного износа, сопровождаются эрозией при температурах до 800°, рекомендуется наплавлять твердыми сплавами типа «Стеллит», т. е. сплавами на основе кобальта, легированными вольфрамом, титаном и углеродом. К таким деталям относятся клапаны двигателей внутреннего сгорания, поверхности «седла» клапана головки блока ДВС.

6. Детали подшипников, подпятников и других узлов трения скольжения. Детали этой группы должны обладать высокими антифрикционными свойствами, т. е. поверхность должна иметь низкий коэффициент трения. Хорошими антифрикционными свойствами обладают сплавы на основе меди, а также некоторые сорта чугуна и неметаллические материалы (фторопласт). Например, алюминиево-железистые бронзы применяются при наплавке заготовок червячных шестерен, кулачков и других деталей, работающих в условиях трения скольжения. Оловянисто-фосфористые бронзы, оловянистые и свинцовистые баббиты используются для наплавки вкладышей крупных подшипников, например, вкладышей судовых дизельных двигателей.

7. Металлорежущий инструмент. Основные требования к металлу, наплавляемому на рабочие кромки режущего инструмента: высокая твердость, износостойкость, красностойкость и удовлетворительная вязкость. Такие свойства достигаются при легировании металла ванадием, молибденом, вольфрамом. Обычно для наплавки применяют быстрорежущие стали типа Р18, Р9, Р13К3 и РВ6М5.

С целью правильного выбора технологического процесса восстановления деталей необходимо четко классифицировать имеющиеся дефекты изделий.

Дефект – каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям. Различают следующие группы дефектов, относящихся к деталям в целом:

1. Трещины – образуются в результате воздействия значительных местных нагрузок, ударов и перенапряжений, а также усталостные трещины, появляющиеся в деталях, длительно работающих в условиях знакопеременных нагрузок. Трещины наиболее часто возникают в нагруженных местах корпусных деталей, рам, блоков, изготовленных из твердых и хрупких материалов, например, чугуна, высокоуглеродистых сталей или магниевых сплавов;

2. Пробоины – появляются в результате ударов различных предметов о поверхности тонкостенных деталей;

3. Риски и надирь – образуются на рабочих поверхностях деталей, работающих в условиях трения скольжения, вследствие загрязнения смазки или абразивного действия чужеродных частиц;

4. Выкрашивание – дефект, характерный для поверхностей деталей, подвергнутых химико-термической обработке (зубчатые колеса, шестерни, зубчатые муфты); он появляется вследствие динамических ударных нагрузок в процессе эксплуатации. Выкрашивание может быть и в результате усталостных напряжений;

5. Обломы, сколы – возникают при сильных ударах о детали; часто наблюдаются на литых деталях;

6. Изгибы и вмятины – характеризуются нарушением формы детали и происходят в результате ударных нагрузок;

7. Коробление – происходит в результате воздействия высоких температур, приводящих к возникновению структурных изменений и больших внутренних напряжений;

8. Коррозия (сплошная и местная) – процесс разрушения металлов вследствие химического и электрохимического взаимодействия их с коррозионной средой; общая коррозия проявляется в постепенном уменьшении первоначальной толщины деталей; местная коррозия (избирательная) проявляется на отдельных участках деталей, имеющих нарушение структуры и свойств металла, а также на участках, подверженных действию внешних факторов (температуры, давления, коррозионной среды и т.д.). Значительно снижают работоспособность сварной конструкции такие виды избирательной коррозии, как межкристаллитная (питтинговая) коррозия

по линии сплавления, фреттинг-коррозия в подшипниковых узлах. Одними из видов разрушения являются коррозионная усталость и коррозионное растрескивание;

9. Коррозионно-механическое изнашивание – наиболее распространенный вид дефектов технологического оборудования, происходит в результате механического изнашивания, сопровождающегося химическим воздействием среды на металл.

Способы выявления дефектов делятся на две группы: визуальные и измерительные.

Часть дефектов можно обнаружить простым осмотром (визуально), не производя измерений или не разрушая детали. К ним относятся видимые трещины, пробоины, коррозия, обрыв, вмятины, деформация, нарушение герметичности, уплотнение и т. д.

Измерительный контроль применяют для получения количественной оценки отклонения параметров формы и относительного положения поверхностей детали, скрытых дефектов и физических (физико-механических) свойств материала деталей.

Контроль состояния деталей выполняют в порядке сложности дефектов и трудности их обнаружения и устранения. Сначала визуально определяют наличие крупных трещин, деформаций, изломов, коррозии, пробоин. Если обнаружены неустранимые дефекты, деталь непригодна. Далее пригодную (на первом этапе) деталь проверяют на наличие нарушения взаимного расположения рабочих поверхностей и существенного (недопустимого) изменения физико-механических свойств материала детали. Если обнаружен неустранимый дефект, деталь бракуется. Затем пригодную (уже на этом этапе) деталь контролируют на наличие скрытых дефектов. Если эти дефекты не обнаружены, то приступают к определению износа и геометрических форм рабочих поверхностей детали.

Для выявления дефектов используют различные методы и средства, которые зависят от параметров и формы проявления дефектов, а также конструктивных особенностей детали.

Скрытые дефекты на поверхности и в объеме детали выявляют различными методами. Для обнаружения скрытых поверхностных дефектов (трещин, пористости) используют капиллярный, магнитный, ультразвуковой, люминесцентный, рентгеновский методы.

Капиллярный метод – специальная жидкость проникает в невидимую глазом трещину. После очистки поверхности и нанесения проявляющего вещества дефект обнаруживается визуально по следу жидкости. Жидкость – керосин, вещество – мел (трещины шириной не менее 20 мкм).

Метод магнитной порошковой дефектоскопии – нанесение на поверхность ферромагнетика, который концентрируется по краям трещины, обозначая ее расположение. Порошок наносят в виде суспензии в керосине, солярке, мыльной воде. Намагничивают деталь электромагнитным полем (постоянного или переменного тока) большой силы.

Ультразвуковой метод – используют для анализа дефектов в объёме. Контроль дефектов (трещин, раковин, шлаковых включений) осуществляют путём распространения в металле ультразвуковых колебаний и их отражения от дефектов (и соответственно, регистрации).

Люминесцентный метод – свечение неметаллических материалов и цветных металлов в ультрафиолетовых лучах.

1.3 Подготовка деталей к ремонтно-восстановительному процессу. Выбор способа восстановления и упрочнения поверхностей

При выборе способа ремонта и упрочнения поверхностей деталей главным показателем является износостойкость, но должны быть учтены и другие свойства покрытий или восстановленных слоев. К ним относятся пластичность, твердость, хрупкость, степень адгезии с основным металлом, а также специфические требования – жаропрочность и коррозионная стойкость.

При выборе восстановительных и упрочняющих технологий следует учитывать, что хромирование и химическое никелирование пригодны лишь для восстановления деталей при неподвижных посадках и трении скольжения, сопровождающихся небольшой степенью износа (0,1...0,3 мм).

Все виды покрытий, наносимых газотермическим напылением или вакуумной ионно-плазменной обработкой, пригодны для ремонта деталей, работающих в условиях трения скольжения без ударных нагрузок. Все вышеперечисленные методы не пригодны для восстановления мест износа при трении качения (например, под ролики игольчатых подшипников) и при местной сосредоточенной нагрузке. В этом случае можно ремонтировать (восстанавливать поверхность) способом наплавки, добавочных ремонтных деталей (ДР), заменой элемента детали или способом пластического деформирования.

При выборе того или иного способа ремонта следует учитывать, что затраты на восстановление деталей уменьшаются в следующей последовательности:

1. Способ ДР и замена элемента детали;
2. Гальванические методы (хромирование, никелирование);

3. Химико-термическая обработка (цементация, азотирование и т. д.);
4. Металлизация, напыление;
5. Ремонтная сварка и наплавка;
6. Правка и упрочнение давлением;
7. Механическая обработка под ремонтные размеры.

Наиболее дешевым является способ ремонтных размеров, но при условии выпуска промышленностью сопряженных деталей не только номинального, но и ремонтного размеров.

Наиболее распространенный способ восстановления и упрочнения поверхностей различных деталей машин и механизмов – ремонтная сварка и наплавка.

Выбор рационального способа ремонтной сварки и наплавки.

Для правильной организации подготовки деталей к наплавке и выполнения наплавочных работ необходимо после осмотра и замеров износа деталей составить карту технологического процесса ремонта. В ней должны быть отображены причины и характер износа, условия работы деталей, объем работ, вид и способ наплавки, марка и диаметр электродов или проволоки, режим и технология наплавки, время на выполнение работ, последовательность операций, припуск на механическую обработку, необходимость предварительной и последующей термической обработки.

В первую очередь необходимо обосновать выбор способа наплавки. При выборе способа восстановления изделия, а также повышения его износостойкости следует учитывать особенности способов наплавки и применимость их к восстановлению тех или иных деталей. Особое внимание при выборе материала наплавки следует уделять тем свойствам наплавленного металла, которые наиболее характерны для работы детали, чтобы прочность и износостойкость ее была не ниже по сравнению с ненаплавленной деталью. Целесообразность применения какого-либо способа наплавки определяется и экономической эффективностью для каждого конкретного способа, для каждой детали. Если принять среднюю стоимость ручной дуговой наплавки за 100 %, то автоматическая наплавка под флюсом составит 74 %, вибродуговая наплавка – 82 %. В значительной степени выбор способа наплавки (ручная или автоматическая) определяется однотипностью и массовостью восстанавливаемых деталей.

Средняя стоимость восстановления ручной дуговой наплавкой составляет 25...35 % от стоимости изготовления новых деталей. При экономическом расчете выбора способа наплавки должны быть учтены следующие факторы: стоимость восстановления детали наплавкой по сравнению со стоимостью изготовления новой заготовки обычными

методами (ковкой, литьем, штамповкой и т. д.); стоимость механической и термической обработки (до наплавки и после) по сравнению со стоимостью обработки новой детали из заготовки; качество выпускаемой продукции (в тех случаях, когда оно зависит от детали, подвергающейся наплавке); затраты на эксплуатацию и ремонты машины или агрегата за длительные периоды времени до и после применения наплавляемых деталей; изменение их производительности; влияние наплавки на расход дефицитных материалов; организация труда и механизации наплавочных работ. Особого внимания при выборе рационального способа наплавки требует электросварочное оборудование. Некоторые металлы и сплавы можно наплавлять только определенным способом. Многие способы наплавки требуют специализированного оборудования.

На выбор способа наплавки оказывают влияние размеры и конфигурация деталей, производительность и доля основного металла в наплавленном слое. Несмотря на невысокие показатели по производительности, ручная дуговая наплавка (РДН) штучными электродами является наиболее универсальным способом, пригодным для наплавки деталей различных сложных форм, и может выполняться во всех пространственных положениях. Для наплавки используют электроды диаметром 3...6 мм. При толщине наплавленного слоя до 1,5 мм применяются электроды диаметром 3 мм, а при большей толщине – диаметром 4...6 мм. Для обеспечения минимального проплавления основного металла при достаточной устойчивости дуги плотность тока составляет 11...12 А/мм². Основными достоинствами РДН являются универсальность и возможность выполнения сложных наплавочных работ в труднодоступных местах. Для выполнения РДН используется обычное оборудование сварочного поста.

К недостаткам РДН можно отнести относительно низкую производительность, тяжелые условия труда из-за повышенной загазованности зоны наплавки, а также сложность получения необходимого качества наплавленного слоя и большое проплавление основного металла.

В большинстве случаев детали, поступающие в ремонт, сильно загрязнены, замаслены, покрыты ржавчиной или краской. Поэтому они должны быть предварительно очищены механическим путем или промывкой, а затем рассортированы по виду и степени износа.

Очистка может быть нескольких уровней:

1. Макроочистка,
2. Микроочистка,
3. Активационная очистка.

Приведенные уровни очистки отличаются массой остаточных загрязнений. Процесс удаления с поверхности наиболее крупных частиц, мешающих разборке, дефектации и механической обработке, является макроочисткой. Удаление загрязнений от масла, остатков эмульсии, солей моющих растворов, пыли выполняется при микроочистке. Травление металла и очистка поверхности от остатков поверхностно-активных частиц, защитных пленок и посторонних веществ представляет собой активационную очистку, которую обычно выполняют при подготовке поверхностей деталей к хромированию, цинкованию и к другим видам электролитических покрытий.

Загрязнения с поверхностей деталей удаляют различными способами. Так, широко применяют специальные моющие средства, которые удаляют жидкие и твердые загрязнения с поверхности, а также синтетические моющие средства, растворы которых по моющей способности в несколько раз превосходят растворы едкого натра и различных щелочных смесей. Растворами из синтетических моющих веществ можно очищать детали из черных, цветных и легких металлов и сплавов.

Удаляют загрязнения и с помощью растворителей – керосина, бензина, уайт-спирита, дизельного топлива. В основном их используют для очистки деталей и элементов масляных фильтров, блоков, каналов коленчатых валов, топливной аппаратуры, обезжиривания поверхностей от асфальтосмолистых загрязнений.

Очистку от нагара, накипи, коррозии можно осуществлять химическими, механическими, химико-термическими и иными способами. Стальные и чугунные детали от нагара можно очистить химическим способом, который основан на использовании щелочных растворов повышенной концентрации. Например, детали из алюминиевых сплавов обрабатывают в растворе, не содержащем каустической соды. На 3 часа их погружают в ванну с раствором при температуре 90 °С, затем размягченный нагар снимают металлическими щетками, после чего детали промывают в слабом щелочном растворе.

При очистке дробленой скорлупой фруктовых косточек поток сжатого воздуха, который движется с высокой скоростью, вместе с косточковой крошкой подается на очищаемую поверхность под давлением 0,3...0,6 МПа, с силой ударяется о поверхность детали и разрушает нагар и другие загрязнения. Шероховатость поверхности детали при этом не изменяется, что важно для деталей из алюминиевых сплавов, а также деталей и сборных единиц двигателей – шатунов, головок блоков, коленчатых валов и др.

Внутренние поверхности охлаждающей системы двигателя очищают от накипи щелочными растворами. Карбонаты магния и кальция, содержащиеся в накипи, растворяются в соляной кислоте, а силикаты и сульфаты кальция и магния разрыхляются в щелочном растворе. Разрыхленный слой затем смывают водой.

Для очистки деталей от окалины, ржавчины, подготовки поверхностей для окрашивания, нанесения гальванических и других покрытий, а также для различных отделочных операций английской фирмой Abrasives Development Limited разработан специальный процесс, использование которого позволяет обходиться без дорогих химикатов, применение которых часто требует дополнительной очистки поверхности. Сущность процесса заключается в том, что поверхности деталей подвергают бомбардировке твердыми частицами, содержащимися в больших объемах циркулируемой в камере воды (обычно это частицы абразивов или стекла). Обработку детали производят в специальной камере при помощи пистолета, действующего под высоким давлением. Регулируемая струя сжатого воздуха подается к пистолету, а от него распыленная суспензия направляется на деталь. Вода, в которой находятся очищающие частицы, служит своего рода «подушкой» между ними и поверхностью деталей и полностью предотвращает образование пыли. Таким образом, целиком устраняется вопрос техники безопасности, а также проблема загрязнения окружающей среды.

Пескоструйная обработка – это специальный технологический процесс механической очистки различных поверхностей от разного рода защитных покрытий, загрязнений, следов коррозии и т. д. Очистка производится за счет удара песчинок, разогнанных до большой скорости струей сжатого воздуха в специальной установке и вылетающих через сопло, изготовленное из сверхпрочного материала, с обрабатываемой поверхностью.

Преимущества пескоструйной обработки:

1. Процесс более производительен по сравнению с обычной механической зачисткой;
2. Позволяет обрабатывать участки и детали различных конструкций (внутренние поверхности), к которым ограничен доступ обычным ручным или электроинструментом;
3. После пескоструйной обработки поверхность приобретает повышенные адгезионные свойства;
4. Относительная дешевизна применяемых материалов.

При газотермическом напылении прочность сцепления покрытия с деталью определяют силы механического зацепления за неровности поверхности (степень адгезии). В этой связи подлежащую напылению

поверхность детали подвергают специальной обработке с целью получения максимальной шероховатости. Наиболее широкое применение для этих целей находит метод обработки деталей колотой дробью с острыми кромками и твердостью не менее 60 HRC. В специальных устройствах (дробеструйных пистолетах) частицы дроби (0,5...2,0 мм) сжатым воздухом разгоняются до 30...40 м/с. Этот поток частиц дроби направляется на предварительно обезжиренную поверхность детали. При соударении с деталью частицы дроби создают шероховатость Rz 40...160 мкм (в зависимости от твердости обрабатываемой поверхности). Дробеструйная обработка малогабаритных деталей осуществляется в стационарных камерах (рис. 1.2).



Рис. 1.2 - Камера для дробеструйной обработки деталей (стационарная)

Обезжиривание деталей осуществляется в специальной ванне, содержащей раствор следующего состава:

1. Кальцинированная или каустическая сода – 100 грамм на один литр воды;
2. Мыло твёрдое – 30 грамм на один литр воды.

Обезжиривание ведётся при кипении раствора. После обезжиривания необходимо промыть детали в холодной проточной воде и охладить до комнатной температуры. Хорошо обезжиренная деталь должна полностью смачиваться водой. Если вода при промывке покрывает поверхность детали не полностью, а собирается каплями, то это указывает на недостаточное обезжиривание. При наличии на поверхности деталей толстого слоя смазки перед обезжириванием необходимо удалить её сухой ветошью.

Травление деталей должно осуществляться в специальной ванне в вытяжном шкафу.

Для приготовления раствора в отмеренное количество воды влить ингибированную соляную кислоту; воду в кислоту лить нельзя, так как это может привести к разбрызгиванию кислоты и сильным ожогам. Температура травильного раствора и погруженных в него деталей должна быть в пределах до 30°C. Время выдержки деталей в травильной ванне устанавливается опытным путём; в зависимости от состава ванны, степени поражения ржавчиной поверхности очищаемых деталей и состава металла время выдержки может колебаться от 20 минут до 3 часов. По истечении установленного времени травления вынуть детали из травильного раствора и тщательно промыть в ванне с холодной проточной водой, после чего отправить детали на промывку в растворе пассиваторов или на ремонт и оксидирование.

При травлении сильно заржавевших деталей следует растворять только часть ржавчины, так как оставшаяся ржавчина от действия кислоты сильно разрыхляется и может быть снята щеткой и смыта водой.

Очищенные и обезжиренные детали подвергают контролю и сортировке на годные без восстановления, подлежащие ремонту и негодные, т.е. осуществляют операцию дефектации – контролю с целью обнаружения дефектов. Под дефектами детали понимают всякие отклонения ее параметров от величин, введенных техническими обстоятельствами либо рабочим чертежом.

К деталям, годным для дальнейшего использования, относят те, которые имеют допустимые размеры и шероховатость поверхности согласно чертежу и не имеют наружных и внутренних дефектов. Такие детали отправляют на склад запасных частей или в комплектовочное отделение.

Детали, износ которых больше допустимого, но годные к дальнейшей эксплуатации, направляют на склад накопления деталей, а далее – в соответствующие ремонтные цехи для восстановления.

Негодные детали отправляют на металлолом, а вместо них со склада выписываются запасные детали.

Результаты дефектации и сортировки фиксируют посредством маркировки деталей краской. Обычно малахитовой (зеленой) краской помечают пригодные для дальнейшего основного использования детали, красной – негодные детали, яичной (желтой) – детали, требующие восстановления.

Количественные данные, позволяющие судить о свойствах и качествах дефектации и сортировки деталей, фиксируют в дефектовочных ведомостях. Эти сведения в дальнейшем после статистической обработки позволяют

предопределять либо переправлять коэффициенты годности, сменности и восстановления деталей.

При дефектации выполняют следующие операции. Вначале внешним осмотром невооруженным глазом или с применением лупы, проверкой на ощупь, простукиванием выявляют следующие повреждения деталей: трещины, забоины, риски, обломы, пробоины, вмятины, задиры, коррозию, ослабление плотности посадки. Далее, используя универсальный и специальный измерительный инструмент, определяют геометрические параметры деталей. Для обнаружения скрытых дефектов, проверки на герметичность, упругость, контроля взаимного положения элементов деталей используют специальные приборы и приспособления.

К технологической подготовке деталей для ремонтно-восстановительной наплавки, кроме очистки, обезжиривания и травления, относятся также операции, связанные с удалением дефектного металла, по защите поверхности, не подвергаемой наплавке, от брызг расплавленного металла и термическая подготовка.

Наплавка по плохо подготовленной поверхности приводит к непрочным сварным соединениям, образованию пор и раковин, загрязнению шва неметаллическими включениями. Изношенная или поврежденная резьба перед наплавкой полностью удаляется. Это необходимо потому, что гребни резьбы препятствуют наплавке поверхности короткой дугой. Кроме того, в углубление резьбы впереди дуги затекает шлак, который затем остается внутри наплавленного валика, вызывая дефекты.

Имеющиеся на наплавляемой части поверхности детали отверстия, пазы или канавки, которые необходимо сохранить, заделываются медными, графитовыми или угольными вставками. Способ закрепления вставки перед наплавкой выбирается применительно к каждой детали отдельно.

Поверхности детали, не подвергающиеся наплавке, в случае необходимости защищают от брызг окислов сухим или мокрым асбестовым картоном или стеклотканью.

Восстанавливаемые детали в зависимости от материала и его состояния (вида термической или химико-термической обработки) перед наплавкой могут подвергаться предварительному общему подогреву, степень которого зависит от склонности металла к трещинообразованию (технологическая прочность). В ряде случаев изделие перед наплавкой подвергают высокому отпуску для снятия остаточных напряжений или отжигу для устранения структуры закалки.

2. СПОСОБЫ МЕХАНИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

2.1 Холодная и горячая правка металла

Правка металла – операция, при помощи которой устраняют неровности, кривизну или другие недостатки формы заготовок. Правка металла – это выправление металла действием давления на какую-либо его часть независимо от того, производится это давление прессом или ударами молотка (рихтовка). Правка применяется при искажении формы деталей, например, при изгибе, и скручивании валов, осей, шатунов, рам; при вмятинах и перекосах тонкостенных деталей. В зависимости от степени деформации и размеров детали правят с нагревом или без него. Правят стальные листы, листы из цветных металлов и их сплавов, стальные полосы, прутковый материал, трубы, проволоку, стальной квадрат, круг стальной, а также металлические сварные конструкции. Металл правят как в холодном, так и в нагретом состоянии. Правка играет большую роль в восстановлении негодных деталей оборудования. Правильно примененная правка может полностью восстановить деталь, вернув ей первоначальные качества. Правка может осуществляться в холодном состоянии, с подогревом и путем термического воздействия. Обработка металлов давлением при температуре ниже температуры рекристаллизации называется холодной обработкой, а при более высокой температуре – горячей обработкой.

Правка холодным методом основана на механическом воздействии, вызывающем пластические деформации металла. Правку деталей из листового проката выполняют холодным методом вручную или на машинах. При ручной правке металлический лист проколачивают на ровной плите или наковальнях с помощью ручного инструмента или пневматического молотка со специальным зубилом. Машинную правку листовых деталей осуществляют прокаткой и растяжением. Правку прокаткой выполняют на валковых листо-правильных машинах (рис. 2.1). Правку растяжением выполняют на растяжных правильных машинах, состоящих из стола-рольганга и гидравлического цилиндра двустороннего действия с подвижными зажимами, в которых зажимают листовую деталь. С повышением давления в гидравлическом цилиндре зажимы раздвигаются и создают в укороченных волокнах закрепленного листа растягивающие напряжения, достигающие предела текучести материала. В результате пластического растяжения укороченных волокон материала листовая деталь

выпрямляется. В отдельных случаях правку листовых деталей выполняют поперечным изгибом на гидравлическом прессе последовательным нажимом пуансона. Сварные полотна, получившие деформации от усадки сварных швов, правят аналогично деталям из листового проката.

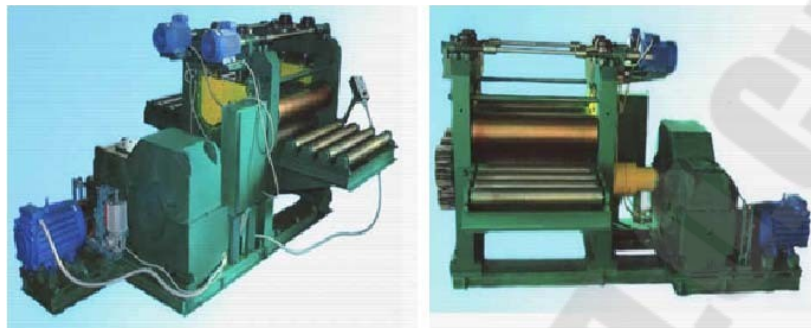


Рис. 2.1 - Валковые правильные машины

Правку деталей из профильного проката осуществляют холодным методом – вальцеванием на роликовых машинах, растяжением на растяжных машинах, а также поперечным изгибом на горизонтально-гибочных и гидравлических прессах. Правку сварных тавровых балок, рам, имеющих недопустимые сварочные деформации, выполняют холодным методом аналогично правке деталей профильного проката, а также тепловым методом.

Холодная правка ряда деталей является трудоемкой операцией, в процессе которой необходим контроль эффективности ее применения. Поэтому помимо обычного оборудования и контрольного инструмента (гидравлические прессы, индикаторы) все большее применение находят специальные стенды и приспособления, позволяющие осуществлять правку и комплексную проверку детали в процессе ее применения.

Холодная правка не влияет на структуру металла, так как на самом деле способствует снижению внутреннего напряжения материала. Это значительно отличает ее от горячих методов правки, когда материал подвергают нагреву до температур структурного превращения металла и таким образом наносят ему ущерб. Однако при правке без нагрева у стальных деталей остаются значительные внутренние напряжения. В результате после правки они постепенно принимают первоначальную форму. Для снятия внутренних напряжений после холодной правки деталь необходимо стабилизировать, т. е. выдержать при температуре 400...450 °С около 1 часа или при температуре 250...300 °С в течение нескольких часов.

Недостатки механической холодной правки: опасность обратного действия, снижение усталостной прочности и несущей способности детали.

Опасность обратного действия вызвана возникновением неуравновешенных внутренних напряжений, которые с течением времени, уравниваясь, приводят к объемной деформации детали. Ухудшение усталостной прочности деталей происходит за счет образования в ее поверхностных слоях мест с растягивающими напряжениями, причем снижение усталостной прочности достигает 15...40 %.

Для повышения качества холодной правки применяют следующие способы: выдерживание детали под прессом в течение длительного времени; двойная правка детали, заключающаяся в первоначальном перегибе детали с последующей правкой в обратную сторону; стабилизация правки детали последующей термообработкой. Последний способ дает лучшие результаты, но при нагреве может возникнуть опасность нарушения термической обработки детали, кроме того, он дороже первых двух.

Горячая правка металла. Этот метод правки является универсальным. Он осуществляется с помощью обычных средств нагрева и применяется для выправления деталей различной конфигурации с большой степенью точности. Одно из преимуществ метода в том, что он позволяет править литые детали из чугуна, которые иначе выправить почти невозможно. При необходимости процесс можно вести так, что исправление оси детали происходит замедленно и измеряется десятymi и сотыми долями миллиметра. Термическим воздействием можно производить правку деталей большого сечения, что особенно ценно при отсутствии на предприятии достаточно мощного прессового оборудования.

При горячей правке выравнивание получается в результате создания напряжений усадки. Это явление объясняется тем, что нагретая часть благодаря увеличению температуры старается расшириться, а окружающая ее область противодействует этому. При этом нагретая часть металла пластически деформируется. После осадки неровности нагретая часть охлаждается и создаваемые напряжения растяжения способствуют выравниванию металла. Правка тем эффективнее, чем быстрее происходит процесс нагревания и охлаждения и чем уже нагреваемая полоса. В то же время слишком узкая полоса нагревания вызывает трещины в материале.

Деталь типа вала или оси круглого сечения или балки прямоугольного сечения, подвергаемая правке, укладывается на две опоры или ставится в центры выпуклостью вверх. Под точку наибольшей вогнутости ставится индикатор, по показаниям которого контролируют ход процесса. Нагрев ведут обычно сварочной горелкой (мощность ее подбирают в зависимости от сечения детали), место наивысшего перегиба ограничивают накладками. Если одноразового нагрева оказывается недостаточно для получения

заданной прямолинейности, операцию повторяют, прогревая зону, расположенную рядом с первоначальной. Дважды греть одно и то же место не рекомендуется. Например, требуется выправить шпиндель фрезерного станка, который изогнут до величины прогиба 0,2 мм. Правка ведется на токарном станке. Исправляемый шпиндель закрепляется в патроне и люнете. Для правки деталь нагревают в точке наибольшей выпуклости с последующим охлаждением проточной водой. Место нагрева ограничивается специальным щитком из листового асбеста, смоченного водой. Нагревом с последующим охлаждением ось шпинделя может быть выправлена до прямолинейности 0,01...0,02 мм.

Детали из листовой стали правят по такому же методу, укладывая их для удобства на плиту (рис. 2.2). По прилеганию детали к плите определяют ход процесса правки. Нагрев ведут до температуры 800...900 °С, но не выше 1000 °С. Температуру нагрева можно определить по вишнево-красному цвету детали. Охлаждение можно интенсифицировать путем обдувания нагретой зоны сжатым воздухом или смачиванием водой. Момент начала охлаждения нужно выбирать такой, чтобы не закалить деталь.



Рис. 2.2 - Термическая правка листовой стали

Хорошие результаты дает правка термическим воздействием изогнувшихся столов фрезерных, продольно-строгальных, шлифовальных и других станков. Для правки стол укладывают на плиту вниз направляющими. На рабочей поверхности стола наносят мелом черту поперек стола против места наибольшей выпуклости и нагревают полосу вдоль нанесенной черты. Если эта операция производится на плите, то результаты правки контролируются по зазору между направляющими стола и плитой, а также при помощи индикатора.

Термомеханический метод правки. Он отличается от термического тем, что до начала нагрева участка вала, установленного выпуклой стороной вверх, в нем заранее создаются упругие напряжения с помощью механического нажима, например, хомутом. Нажимное устройство устанавливается вблизи от места нагрева, рядом с точкой наибольшего прогиба. Перед началом нагрева этим устройством прогибают вал в противоположную от первоначального прогиба сторону. Контроль величины деформации вала при изгибе его нажимным устройством выполняют при помощи индикаторов. При нагреве вал стремится выгнуться вверх; встречая дополнительное сопротивление вследствие этого, материал в месте нагрева переходит предел текучести раньше, чем при чисто термической правке.

Метод релаксации напряжений заключается в том, что вал на участке его максимального искривления подвергается нагреву по всей окружности и на глубину всего сечения до температуры 600...650 °С. Нагрев производится при вращении вала на малых оборотах. После выдержки при указанной температуре в течение нескольких часов вал устанавливается прогибом вверх, и сразу же на нагретый участок вала с помощью специального приспособления производится нажим в сторону, противоположную прогибу. Нажим производится для создания небольшого напряжения в материале нагретого вала (упругая деформация). Время, в течение которого нагретый вал выдерживается в напряженном состоянии, должно быть достаточным, чтобы под действием нагрузки и высокой температуры необходимая часть упругой деформации перешла в пластическую. Основным достоинством метода правки, основанного на явлении релаксации напряжений, является выпрямление вала с обеспечением стабильности формы при дальнейшей эксплуатации. При этом в процессе правки, проводимой при напряжениях значительно ниже предела текучести, не возникает опасных внутренних напряжений.

2.2 Упрочнение и восстановление деталей пластическим деформированием

Для повышения долговечности и несущей способности транспортных деталей широко используется метод упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД). ППД – это обработка деталей давлением (без снятия стружки), при которой пластически деформируется только их поверхностный слой. ППД осуществляется инструментом, деформирующие элементы (ДЭ) которого (шарики, ролики или тела иной

конфигурации) взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью по схемам качения, скольжения или внедрения.

При ППД по схеме качения деформирующие элементы (как правило, ролик или шарик) прижимаются к поверхности детали с фиксированной силой P (рис. 2.3, а), перемещаются относительно нее, совершая при этом вращение вокруг своей оси. В зоне локального контакта ДЭ с обрабатываемой поверхностью возникает очаг пластической деформации, который перемещается вместе с инструментом, благодаря чему поверхностный слой последовательно деформируется на глубину H (рис. 2.3, б), равную глубине распространения очага деформации. Размеры очага деформации зависят от технологических факторов обработки – силы P , формы и размеров ДЭ, скорости подачи, твердости обрабатываемого материала и др.

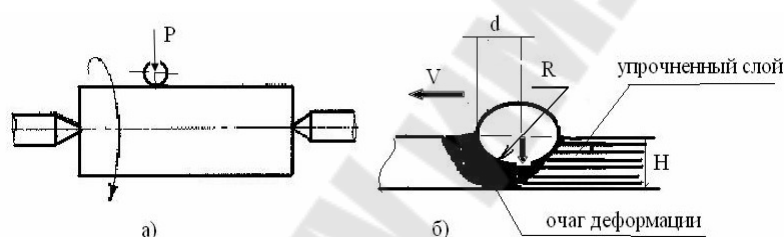


Рис. 2.3 - Поверхностное пластическое деформирование по схеме качения:
а – вращение детали с прижатым к поверхности шариком; б – схема возникновения очага деформации

Упрочнение ППД выполняется с целью повышения сопротивления усталости и твердости поверхностного слоя металла и формирования в поверхностном слое напряжений сжатия, а также регламентированного микрорельефа. Упрочняющую обработку поверхностным пластическим деформированием применяют на финишных операциях технологического процесса вместо или после термообработки, часто вместо абразивной или отделочной обработки. Поверхностное пластическое деформирование, выполняемое без использования внешнего тепла и обеспечивающее создание поверхностного слоя с заданным комплексом свойств, называют наклепом.

Наклеп. Наклёп металлов и сплавов – это изменение структуры и, соответственно, свойств металлов и сплавов, вызванное пластической деформацией при температуре ниже температуры рекристаллизации. Наклепом называется также технологический процесс создания упрочнённого состояния материала холодной поверхностной пластической деформацией. Явление наклепа объясняется накоплением в металле части

энергии деформации, которая расходуется на искажение кристаллической решётки, образование преимущественно ориентированных кристаллов, изменение дислокационных структур, а также на увеличение удельного объёма металла в слое. Наклеп может быть результатом действия внешних деформирующих сил (деформационный наклеп) или, реже, фазовых превращений (фазовый наклеп). Наклеп сопровождается увеличением прочности и твёрдости и снижением пластичности материала.

В технике наклеп используется для поверхностного упрочнения деталей. Кроме того, наклеп приводит к возникновению в поверхностном слое детали благоприятной системы остаточных напряжений, влияние которых главным образом и определяет высокий упрочняющий эффект поверхностной пластической деформации, выражающийся в повышении усталостной прочности, а иногда и износостойкости. Наклеп осуществляют специальными способами и на специальном оборудовании, например, производят обкатку цилиндрических поверхностей роликами, зубьев зубчатых колёс роликами или зубчатыми накатниками, дробеструйную обработку фасонных поверхностей, обработку ударными инструментами и др. В машиностроении существует большое число методов ППД, основанных на динамическом (ударном) воздействии инструмента на поверхность детали. В этих процессах инструмент внедряется в поверхностный слой детали перпендикулярно профилю поверхности или под некоторым углом к ней. Многочисленные удары, наносимые инструментом по детали по заданной программе или хаотично, оставляют на ней большое число локальных пластических отпечатков, которые в результате покрывают (с перекрытием или без него) всю поверхность. Размеры очага деформации зависят от материала детали, размеров и формы инструмента и от энергии удара по поверхности.

Наклеп поверхности дробеструйной обработкой осуществляется за счет кинетической энергии потока чугунной, стальной или другой дроби, который направляется, например, сжатым воздухом через сопло роторного дробемета (рис. 2.4).

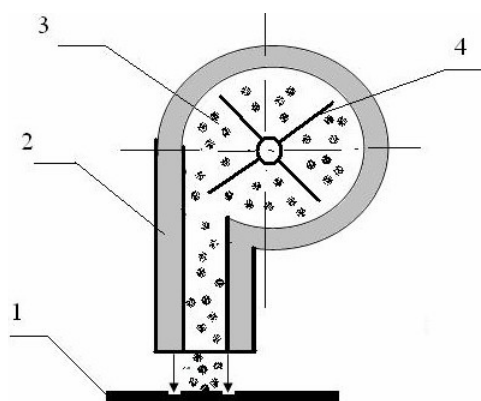


Рис. 2.4 - Схема роторного дробемета: 1 – изделие; 2 – корпус дробемета; 3 – дробь чугунная или стальная; 4 – ротор дробемета

Материал, используемый для дробеструйного упрочнения, может подаваться на поверхность детали дробеструйным соплом также с помощью воды или воздействием центробежных сил.

Дробеструйное упрочнение используется в автомобильной промышленности для обработки цилиндрических пружин, установленных на большинстве машин, включая листовые рессоры и торсионы. Часто дробеструйной обработке подвергаются редукторы, коробки передач, оси, валы и шатуны.

В аэрокосмической промышленности дробеструйное упрочнение стало нормативным процессом как на стадии производства, так и на стадии техобслуживания и эксплуатации для многих типов летательных аппаратов. Обычно обрабатываются следующие узлы двигателя: лопасти вентилятора, диски турбины и валы. Используется также такая разновидность дробеструйного упрочнения, как дробеструйное профилирование – для формирования профиля обшивки.

С целью увеличения производительности для дробеструйной обработки применяются камеры с системой сбора дробы (рис. 2.5).

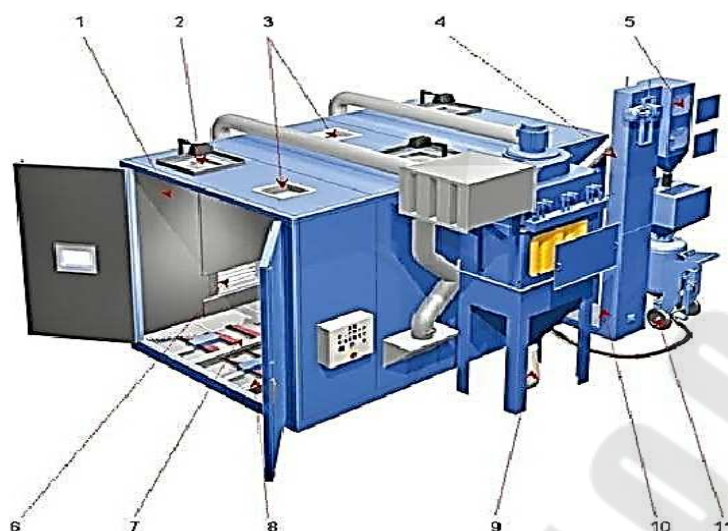


Рис. 2.5 - Схема дробеструйной камеры с системой сбора дробы

На рисунке обозначено: 1 – стальные кассеты и внутренние стены, снабжённые резиновыми занавесами для высокой износостойкости; 2 – интенсивное освещение для оптимальных условий видимости; 3 – каналы приточной вентиляции; 4 – элеватор. Транспортирует отработанную дробь вертикально к устройству подготовки дробы; 5 – блок рекуперации дробы со встроенным воздушным сепаратором. Удаляет пыль и грубые частицы из отработанной дробы; 6 – встроенные камеры вытяжной вентиляции с удалением дробы из воздушного потока; 7 – транспортирующий желоб (продольный). Для транспортирования дробы к поперечному транспортёру; 8 – приводная станция. Для автоматического возвратно-поступательного движения; 9 – фильтровальная установка для вентиляции камеры, очистки воздуха и дробы от пыли; 10 – транспортирующий желоб (поперечный). Транспортирует дробь к элеватору; 11 – дробеструйный аппарат оснащён клапаном-дозатором, смесительной камерой и дробеструйным шлангом с соплом

Преимущества дробеструйного метода:

1. Простота конструкции;
 2. Концентрированный поток дробы, позволяющий обрабатывать труднодоступные участки деталей;
 3. Возможность получения высоких скоростей полета дробы;
 4. Простота обращения с инструментом (дробью);
 5. Возможность сепарации дробы потоком воздуха;
 6. Отсутствие необходимости промывания детали после упрочнения.
- Накатка.

Накатка – это процесс обработки материалов поверхностным пластическим деформированием при помощи накатывающего инструмента – роликов, зубчатых накатников, плашек. Формообразующей называется накатка резьбы, зубьев шестерен, шлицов на валах, образование шероховатой поверхности на цилиндрических головках гаек, винтов, рукоятках и других деталях машин и приборов. Упрочняющая накатка – холодная поверхностная пластическая деформация валов, осей, втулок, дисков, зубьев зубчатых колёс, плоских деталей, приводящая к повышению усталостной прочности, износостойкости поверхности.

Накатка, которая делается на поверхностях, охватываемых рукой, бывает прямая (рис. 2.6, а) и сетчатая (рис. 2.6, б). Шаг (рис. 2.6, в) прямой накатки делается независимо от материала детали равным 0,5...1,2 мм. Шаг сетчатой накатки на деталях из латуни и алюминия делается 0,6...1,2 мм, а на стальных деталях – 0,6...1,6 мм. Чем тверже материал детали и чем больше ее диаметр, тем крупнее должен быть шаг накатки.

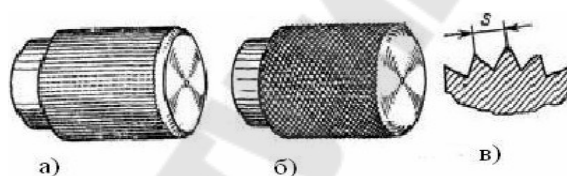


Рис. 2.6 - Схема накатки рифленых поверхностей: а – прямая; б – сетчатая; в – шаг накатки

Ролик для получения прямой накатки представлен на рис. 2.7, а. Для получения сетчатой накатки необходимо иметь два ролика с левой (рис. 2.7, б) и с правой (рис. 2.7, в) насечками. Диаметр роликов обычно принимается около 20...25 мм, ширина – 10 мм. Угол α между сторонами насечки (рис. 2.7, г) следует брать острее для накатки твердых материалов и более тупым, если материал накатываемой детали мягок (для латуни, $\alpha = 90^\circ$). Ролики для накатывания изготавливаются из стали марок У10А, У12А, ХВГ, 5ХНМ.

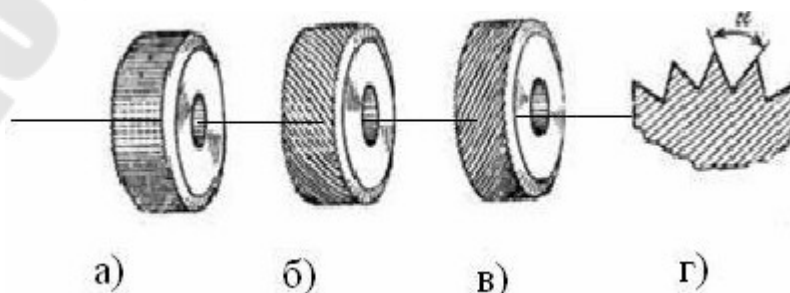


Рис. 2.7 - Ролики для накатки поверхностей: а – для прямой накатки; б – с левой насечкой; в – с правой насечкой; г – угол насечки

Накатка получается качественной, т. е. без выкрашивания металла, если диаметр поверхности, подготовленной под накатывание, делится без остатка на диаметр ролика. При накатке державка с роликом закрепляется в резцедержателе токарного станка (рис. 2.8). Деталь вращается в обычном направлении. Накатка требуемой глубины получается после нескольких проходов ролика. Чем крупнее накатка и чем тверже материал, тем больше должно быть сделано проходов. Например, накатка с шагом 1,2 мм на латунной детали может быть получена за 4...6 проходов, а на стальной детали за 6...8 проходов ролика.

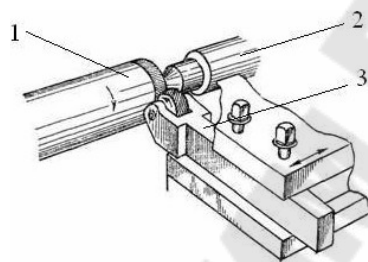


Рис. 2.8 - Схема процесса накатки: 1 – деталь; 2 – задняя бабка станка; 3 – державка с накатным роликом

Особенности процесса накатывания винтовых профилей Процесс накатывания винтовых поверхностей представляет собой одну из разновидностей процессов поперечной накатки. Рассмотрим наиболее распространенный процесс накатывания резьбы роликами, при котором из цилиндрических заготовок образуются детали с винтовым профилем. Заготовку, обработанную под накатывание, устанавливают между двумя или тремя вращающимися в одном направлении инструментами, имеющими негативный профиль по отношению к профилю готовой детали (рис. 2.9).

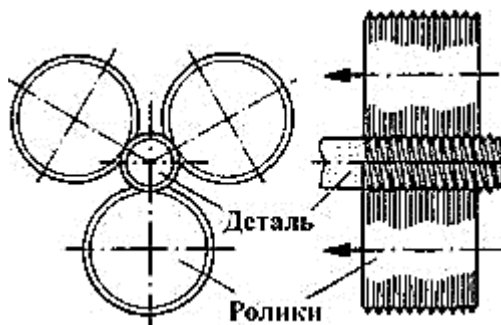


Рис. 2.9 - Схема накатки резьбы роликами

Один из инструментов (роликов) подается в радиальном направлении. Таким образом, процесс накатывания поверхностей можно рассматривать как сочетание вдавливания в заготовку профиленакатных инструментов и прокатки, возникающей при вращении заготовки.

Основными особенностями происходящей при накатке пластической деформации являются:

1. возможность значительных деформаций без разрушений деформируемого металла (в том числе коррозионностойких, жаропрочных и других специальных сталей, и сплавов);
2. существенное упрочнение поверхностных слоев в процессе деформации и связанное с этим повышение нагрузочной способности накатанных деталей.

Многие эксплуатационные свойства деталей машин в значительной степени обуславливаются геометрическими характеристиками микрорельефа и физико-механическим состоянием поверхностного слоя рабочих поверхностей деталей. При накатывании вследствие скольжения на контакте образуется поверхность, обладающая оптимальной шероховатостью, повышенной твердостью (наклепом), однородной микроструктурой и оптимальной текстурой прилегающих к поверхности слоев материала.

Прочность накатанного винтового профиля при статических нагрузках выше прочности профиля, обработанного резанием, примерно на 10 % при испытании на растяжение и на 20...35 % при испытании витков на срез.

Для высоконагруженных резьбовых деталей местом наибольшей концентрации напряжений являются впадины профиля. Поэтому для повышения усталостной прочности необходимо стремиться к минимальному параметру шероховатости поверхности таких участков; в этом отношении накатанный профиль обладает преимуществами перед нарезанным профилем.

Изменение физико-механических свойств поверхностного слоя металла в процессе накатывания профиля оказывает еще большее влияние на усталостную прочность деталей. Образующийся наклеп поверхностного слоя, и текстура металла в значительной степени повышают циклическую прочность деталей. Этому способствуют также остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое металла.

Накатывание резьбы неприводным цилиндрическим инструментом осуществляется с помощью резьбонакатных головок и державок, устанавливаемых на суппортах универсального оборудования (рис. 2.10).

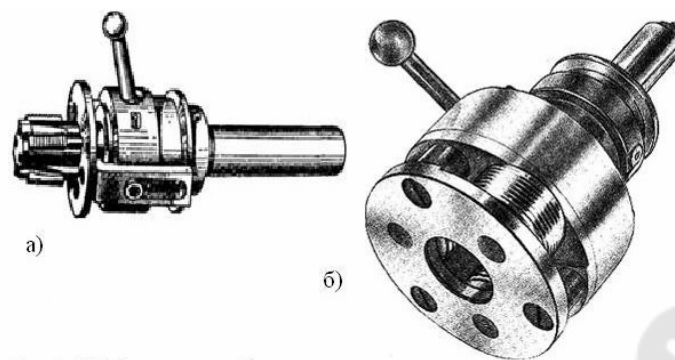


Рис. 2.10 - Головки резьбонакатные: а – для внутренней резьбы; б – для наружной резьбы

Использование резьбонакатных головок и устройств расширяет область применения накатывания и обеспечивает получение этим способом точной резьбы на универсальных металлорежущих станках: токарных, токарно-револьверных, одно- и многошпиндельных автоматах. Применение головок и устройств позволяет получать окончательно обработанные детали, удовлетворяющие необходимым требованиям по соосности, биению и стабильности размеров резьбы, не выделяя изготовление резьбы в самостоятельную операцию.

Кроме указанных способов накатки резьбы существует еще несколько разных способов и устройств, например: накатывание плоскими плашками, накатывание инструментом типа «ролик-сегмент», а также с помощью специализированных резьбонакатных автоматов.

К методам поверхностного пластического деформирования, в которых деформирующие элементы (ДЭ) работают по схеме скольжения, относятся выглаживание и дорнование. Для этих процессов ДЭ должны изготавливаться из материалов, имеющих высокую твердость (алмаз, твердый сплав и т. п.) и не склонных к адгезионному схватыванию с обрабатываемым материалом.

Выглаживание заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом (рис. 2.11).

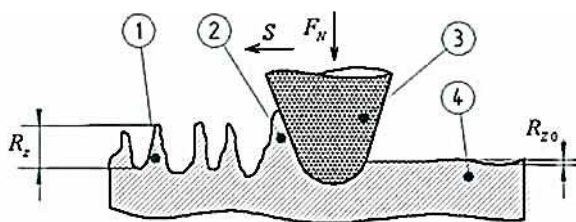


Рис. 2.11 - Схема деформирования поверхностного слоя при алмазном выглаживании: 1 – микронеровности исходной поверхности; 2 – наплыв; 3 – выглаживатель; 4 – поверхность после выглаживания

Неровности поверхности от предшествующей обработки после выглаживания уменьшаются или полностью исчезают. При этом уменьшение шероховатости сопровождается повышением твердости поверхностного слоя. Алмазное выглаживание применяется для ППД закаленных сталей и деталей маложестких, то есть когда невозможно применить обработку накатыванием. Недостатком выглаживания является низкая производительность и невысокая стойкость инструмента.

Дорнование (дорнирование) – вид обработки заготовок без снятия стружки. Сущность дорнования сводится к перемещению в отверстии заготовки с натягом жесткого инструмента – дорна. Размеры поперечного сечения инструмента больше размеров поперечного сечения отверстия заготовки на величину натяга. Дорнование – деформирующее протягивание, калибрование, применяется для обработки отверстий (рис. 2.12).

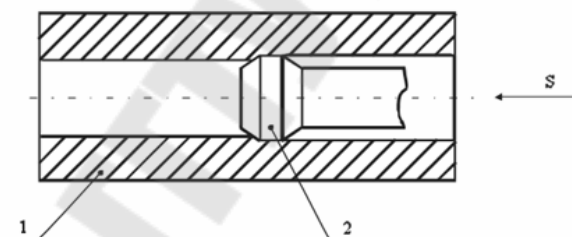


Рис. 2.12 - Схема дорнования: 1 – изделие; 2 – дорн; s – направление подачи

Это высокопроизводительный процесс, сочетающий возможности чистовой, упрочняющей, калибрующей и формообразующей обработки. Формообразующая обработка применяется для получения на поверхности детали мелких шлицов и других рифлений. Толщина упрочненного слоя при дорновании регулируется натягом, т. е. разностью диаметров дорна и отверстия заготовки.

Дорнование подразделяют на поверхностное и объёмное. При поверхностном дорновании пластически деформируется поверхностный слой, при объёмном – пластическое деформирование происходит по всему поперечному сечению обрабатываемой детали. Поверхностное дорнование относят к методам поверхностного пластического деформирования (ППД), а объёмное дорнование к методам обработки металлов давлением (ОМД).

Инструмент для поверхностного дорнования изготавливают из твёрдых сплавов. Твёрдые сплавы, обладая рядом преимуществ, хуже воспринимают

ударные и изгибные нагрузки по сравнению инструментальными и подшипниковыми сталями.

Осадка применяется для увеличения наружного диаметра сплошных деталей или для уменьшения внутреннего диаметра полых. При осадке диаметр детали увеличивается за счет уменьшения ее длины. Этим способом восстанавливают различные втулки при износе по наружному или внутреннему диаметру, цапфы валов, оси, клапаны двигателей внутреннего сгорания, зубчатые колеса и другие детали, имеющие поверхностный износ не более 1 % их диаметра. Осадкой увеличивают диаметр деталей типа пальцев и втулок из цветных металлов за счет некоторого уменьшения их длины.

Этим способом можно уменьшить длину деталей до 15 %, однако ответственные детали не уменьшают больше чем на 8 %. Приспособление для осадки состоит из верхней и нижней подставок и цилиндрической оправки, диаметр которой должен быть меньше окончательного диаметра отверстия примерно на 0,2 мм. После осадки под прессом отверстие втулки разворачивают до требуемого размера. Небольшие по ширине цилиндрические зубчатые колеса восстанавливают в нагретом состоянии с помощью специальных штампов, которые позволяют получить небольшое утолщение зубьев и уменьшение отверстия ступицы.

Отверстие ступицы после осадки растачивают, а затем обтачивают наружные поверхности и нарезают зубья колеса. Если необходимо, производят термическую обработку зубьев на режимах, предусмотренных для новых зубчатых колес.

Обжатие проводят при необходимости уменьшить внутренний диаметр полых деталей за счет изменения наружного диаметра. Этим способом восстанавливают втулки из цветных металлов, проушины различных рычагов при износе гладких или шлицевых отверстий, корпуса гидронасосов и пр. При обжатии изношенную втулку проталкивают с помощью пуансона через отверстие матрицы, размер которой, регулируемый вкладышем, равен наружному диаметру обжатой втулки. После обжатия наружный диаметр увеличивают, например, с помощью электролитического наращивания слоя металла, а внутренний – разворачивают до требуемого размера. Обжатием уменьшают внутренние размеры деталей типа втулок, изготовленных из цветных металлов. Втулку проталкивают пуансоном через установленную в подставке матрицу. Входное отверстие матрицы сужается под углом $7...8^\circ$, далее идет калибрующая часть, которая заканчивается входным отверстием, расширяющимся углом $18...20^\circ$. После обжатия наружную поверхность втулок омедняют и протачивают, а внутреннюю разворачивают.

Вытяжка применяется для увеличения длины детали за счет местного (на небольшом участке) сужения ее поперечного сечения. Этот способ используют при ремонте тяг, штанг и др.

Раздача применяется для увеличения наружного диаметра за счет увеличения внутреннего диаметра полых деталей. Этим способом восстанавливают бронзовые втулки шестеренчатых насосов гидросистем, трубы рулевой колонки и пр. Раздачу чаще проводят в холодном состоянии, закаленные детали предварительно подвергают отпуску или отжигу. Наиболее часто этот способ применяют при восстановлении поршневых пальцев двигателей внутреннего сгорания. Изношенный палец устанавливают в специальную матрицу и раздают с помощью пуансона на прессе.

2.3 Ультразвуковое упрочнение деталей машин

Сущность ультразвукового упрочнения (УЗУ) поверхностей деталей машин состоит в том, что под суммарным воздействием статической и динамической сил, передаваемых поверхности посредством инструмента, значительно изменяются ее свойства. А именно: пластически деформируется поверхностный слой детали, снижается шероховатость поверхности, почти в 2 раза увеличивается микротвердость, а глубина упрочненного слоя достигает 0,5 мм.

Статической силой здесь является усилие прижатия инструмента к поверхности изделия, а динамическая сила создается колебательной системой, включающей ультразвуковой генератор, волновод и упрочняющий инструмент.

К параметрам режима УЗУ относятся статическая сила, амплитуда колебаний инструмента, радиус его округления, частота колебаний, эффективная масса инструмента, продольная подача, число рабочих ходов, скорость обработки детали.

При ультразвуковом упрочнении рабочая часть инструмента выполняется обычно из твердосплавных материалов ВК8, Т15К6 или закаленных сталей ШХ15 с радиусом закругления 8 мм. Рабочая часть инструмента прижимается к обрабатываемой детали с помощью груза с усилием 300...400 Н и приобретает ультразвуковые колебания, создаваемые ультразвуковым генератором, магнитострикционным преобразователем и коническим концентратором. Частота колебаний инструмента 18...24 кГц, амплитуда колебаний 10...20 мкм, скорость обработки поверхности детали 0,9...1,0 м/с. Продольная подача инструмента $S = 0,125$ мм/об. С целью

уменьшения износа инструмента и повышения производительности процесса при упрочнении используют смазочно-охлаждающую жидкость – индустриальное масло.

Применение ультразвукового упрочнения особенно эффективно для инструментов, зубьев колес, деталей, изготовленных из чугуна, цветных металлов и сплавов, в том числе твердосплавных, а также для деталей сложной формы, так как при ультразвуковом упрочнении не требуется использование следящей системы или копира.

Ультразвуковая обработка применяется после чистовой токарной обработки. Ультразвуковой инструмент, зажатый в резцедержателе универсального токарного станка, под действием статической силы, создаваемой прижимом, и динамической силы, создаваемой ультразвуковой колебательной системой, пластически деформирует и упрочняет поверхностный слой детали, увеличивает микротвердость, снимает остаточные макро- и микронапряжения, сглаживает неровности поверхности и создает в итоге улучшенный поверхностный слой с регулярным характером микрорельефа (рис. 2.13).



Рис. 2.13 - Ультразвуковая импульсная упрочняюще-чистовая обработка деталей: а – упрочнение цилиндрической детали на токарном станке; б – инструмент для обработки внешних поверхностей; в – для обработки внутренних поверхностей

В результате применения данного способа микротвердость поверхности возрастает на 30...300 %, а шероховатость снижается в два раза. Такое качество поверхности можно получать не только на термически обработанных и сырых сталях, но и на чугунах, цветных металлах и сплавах.

Толщина наклепа после ультразвуковой обработки может быть до 0,1 мм. Оптимально сочетая статическую и динамическую составляющую силы

ультразвуковой обработки, можно превысить предел текучести обрабатываемого металла и тем самым проводить коррекцию геометрии обрабатываемой детали, т. е. осуществлять правку.

Отсутствие внедренных в поверхность деталей зерен абразива увеличивает до двух раз срок службы сопряженных деталей (пар скольжения, уплотнительных сальников, сальниковой набивки и т. д.). К тому же регулярный микрорельеф повышает свойство удержания обработанной поверхностью масел и смазок, что улучшает коррозионную устойчивость обработанной поверхности.

Перечисленные свойства доказывают, что детали машин и механизмов, подвергнутые ультразвуковой импульсной упрочняюще-чистовой обработке, имеют большую износостойкость, циклическую, контактную, усталостную прочность, чем после шлифования, обкатывания шаром и других финишных способов обработки поверхности деталей.

Ультразвуковое деформационное упрочнение деталей автомобилей.

Упрочнение осуществляют за счет энергии удара об обрабатываемую поверхность стальных шариков, разгоняемых стенками волновода, колеблющимися с ультразвуковой частотой. В результате высокой частоты ударов и относительно большой энергии происходит интенсивная пластическая деформация металла, вследствие чего изменяются исходное состояние микрогеометрии и физические свойства поверхностного слоя. Поверхностный слой упрочняется, в нем наводятся остаточные напряжения сжатия.

Используют также ультразвуковое упрочнение (УЗУ), когда загружаемым рабочим телам, помещённым в замкнутый объём вместе с обрабатываемой деталью, сообщают ультразвуковые колебания, под действием которых происходит упрочнение обрабатываемой поверхности. Процесс (рис. 2.16) напоминает виброударную обработку.

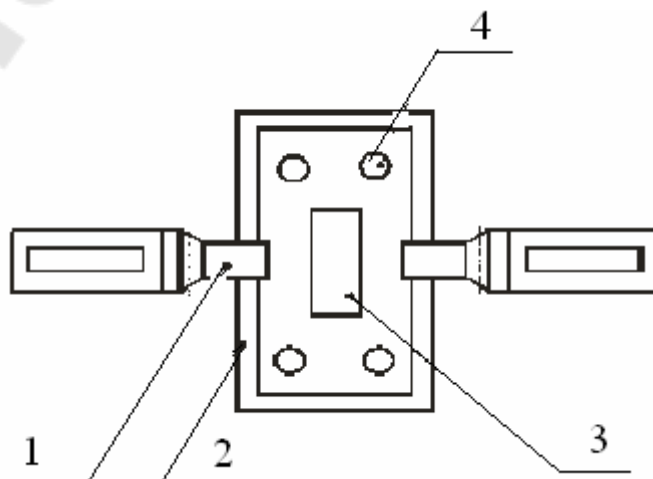


Рис. 2.14 - Схема ультразвукового упрочнения шариками: 1 – волновод; 2 – камера; 3 – обрабатываемая деталь; 4 – стальные шарики

Виброударная обработка – это обработка рабочими телами деталей в замкнутом объеме при его вибрации. При этом виде обработки частота вибрации рабочей среды гораздо ниже частоты ультразвуковых колебаний.

Для вибрационной ударной обработки используют рабочие тела из различных материалов и жидкие рабочие среды. Кроме стальных и полимерных шариков (ГОСТ 3722–81, ОСТ 1.51334–73), стальной и чугунной дроби (ГОСТ 1 1964–81 Е) применяют металлическую сечку из проволоки, гранулы из алюминиевых и цветных сплавов.

При виброударной обработке в рабочей камере, смонтированной на упругих подвесках и имеющей возможность колебаться в различных направлениях, сообщаются низкочастотные колебания – в большинстве случаев с помощью дисбалансного вибратора. Виброударная обработка производится в результате множества микроударов и относительного скольжения с определенным давлением рабочих тел по поверхности обрабатываемой детали. Рабочие тела движутся с переменным ускорением, что обеспечивает их большую подвижность. Вследствие высокой относительной подвижности рабочие тела хорошо вписываются в фасонную поверхность деталей, за счёт чего этим методом можно упрочнять как наружные, так и внутренние поверхности сложных деталей различных размеров. В силу ограниченных энергетических возможностей продолжительность упрочнения значительна (от 10...20 минут до нескольких часов), а вероятность перенаклёпа исключается, т. е. виброударная обработка по сравнению с другими способами ППД обладает ограниченными энергетическими возможностями.

Применение ультразвукового упрочнения может быть эффективно в следующих случаях:

1. Для деталей термически и химико-термически обработанных сталей У10А, У12, Х40, ШХ 15, сталей аустенитной структуры 12Х18Н9Т и других, где применение иных методов обработки не позволяет получить значительный упрочняющий эффект;
2. Деталей и инструментов из твердых сплавов;
3. Деталей малой и неравномерной жёсткости.

Проведенные сравнительные исследования свойств поверхностного слоя наплавленных коленчатых валов после шлифования без

ультразвука и после выглаживания с применением УЗУ показали, что наибольший эффект получен на деталях после УЗУ. При этом твердость поверхности детали увеличилась на 30 %, толщина упрочнения составила 0,6...0,8 мм, микротвердость увеличилась на 50 %, шероховатость уменьшилась с 1,63 до 0,2 мкм.

Важным преимуществом УЗУ является также образование в поверхностном слое наплавленных деталей остаточных напряжений сжатия.

Лабораторные испытания на износостойкость наплавленных и упрочненных ультразвуковым инструментом шеек коленчатых валов показали их меньший износ по сравнению с неупрочненными примерно в 7 раз. Износостойкость упрочненных шеек по сравнению с образцами, не наплавленными (контрольными), изготовленными из стали 45 и закаленными ТВЧ, повысилась примерно в 4,7 раза.

2.4 Восстановление деталей слесарно-механической обработкой

Слесарно-механическая обработка подразделяется на слесарную и механическую. Слесарные работы обычно дополняют или завершают механическую обработку восстанавливаемых деталей. Их применяют также при подготовке деталей к восстановлению другими способами, например, сварке, пайке, склеиванию и т. д. К слесарным работам относятся опиловка, развертывание, зенкерование отверстий, сверление, прогонка и нарезание резьбы, шабрение, притирка, доводка до более полного прилегания.

Способы ремонта поверхностей слесарной обработкой. К таким способам относятся опилование, шабрение, притирка, развертывание и др. Обработка напильником обеспечивает шероховатость поверхности 20 мкм и применяется при работах, не требующих высокой точности.

Шабрением достигается шероховатость поверхности 0,32 мкм. Шабрение применяют при ремонте подшипников скольжения и некоторых других деталей компрессоров. Это технология высокоточного выравнивания поверхности детали из металла с помощью специального режущего инструмента – шабера.

Притирка пастами обеспечивает шероховатость поверхности 0,02 мкм и точность 5...7 квалитетов. Притирка находит широкое применение при ремонте деталей рабочих клапанов, сальников, запорной арматуры.

Развертывание применяют для чистовой обработки отверстий, например, отверстий в бобышках поршня. Развертывание обеспечивает точность 7...9 квалитетов и шероховатость поверхностей 0,16 мкм. Это чистовая обработка поверхностей, когда достигается высокая точность.

Развертывание осуществляется с помощью развертки (рис. 2.15). Высокое качество обработки обеспечивается тем, что развертка имеет большое число режущих кромок и снимает малый припуск.



Рис. 2.15 - Развертка – режущий инструмент, который нужен для окончательной обработки отверстий после сверления, зенкерования или растачивания

Механическая обработка применяется как самостоятельный способ восстановления деталей, а также в качестве операций, связанных с подготовкой или окончательной обработкой при восстановлении другими способами. Механическая обработка связана с выбором инструмента и режима обработки.

При механической обработке восстанавливаемых деталей необходимо обеспечивать требуемую шероховатость, точность размеров формы и взаимного расположения рабочих поверхностей. Точность взаимного расположения поверхностей на детали зависит от правильного выбора технологической базы при её обработке. Технологическая (обработочная) база – это поверхности на детали, которые определяют положение детали в приспособлении относительно режущего инструмента. В качестве технологической базы рекомендуются поверхности, которые использовались при изготовлении этой детали.

Сущность слесарно-механической обработки заключается в восстановлении правильной геометрической формы и поверхностных свойств деталей, а также обеспечении их первоначальной посадки.

Слесарно-механическую обработку как способ восстановления деталей можно разделить на следующие виды:

1. Штифтовка;
2. Постановка заплат;

3. Шлифование и притирка;
4. Восстановление деталей под ремонтный размер;
5. Постановка дополнительной детали.

Штифтовка применяется для заделки трещин длиной менее 30 мм. Ремонт деталей штифтовкой заключается в заделке трещин в неответственных местах путем постановки на всей длине трещины штифтов из красной меди или латуни с последующей их расчеканкой и поверхностным лужением.

Последовательность штифтовки:

1. Определить границы трещины (мел и керосин);
2. Засверлить концы трещины, нарезать резьбу и ввернуть штифты из красной меди или латуни;
3. Просверлить отверстие на расстоянии 9...10 мм от оси первого отверстия, просверленного в конце трещины, и ввернуть штифт;
4. Просверлить отверстие между штифтами так, чтобы онохватило 1/3 части одного и другого штифта, и поставить штифты вдоль всей трещины. Штифты должны выступать над поверхностью металла на 0,1...0,2 мм;
5. Расчеканить выступающие концы штифтов и пропаять мягким припоем.

Постановкой заплат восстанавливаются картеры агрегатов автомобилей, имеющих пробоины и трещины. Заплаты устанавливаются следующими способами:

1. На винтах;
2. На заклепках;
3. Приваркой;
4. Приклеиванием.

Шлифование и притирка.

Шлифование – обработка поверхности материала с помощью режущего инструмента или абразивного материала. Этот способ наиболее часто применяется при ремонте сопряжения седло – клапан. Для седел выпускного клапана применяют конусные абразивы под углом 30° (относительно горизонтальной оси), для выпускного клапана – 45°. Ремонт рабочих фасок седел клапанов производят шлифованием специальными абразивными камнями. Притирка является завершающей операцией при восстановлении герметичности клапанов.

Технические условия:

1. Перед исправлением седла клапана следует проверить состояние направляющей клапана;

2. Ширина рабочей фаски клапана не менее 2,5...3,0 мм.

Восстановление изделий способом дополнительных деталей применяется в том случае, когда необходимо восстановить и характер посадки, и первоначальные размеры деталей. Сущность состоит в том, что изношенная поверхность обрабатывается под больший или меньший размер и в основную деталь устанавливается дополнительная деталь (ввертыш, втулка и т. д.). Этим способом восстанавливаются как круглые, так и плоские детали. Для восстановления плоских поверхностей применяются пластины, диски, кольца. Для восстановления резьбовых отверстий используются ввертыши. Например, если износилась резьба в отверстии для свечи на головке блока цилиндров, то это отверстие рассверливают под больший размер, нарезают в нем резьбу, а затем вворачивают специально подготовленную втулку с внутренней резьбой, соответствующей резьбе свечи зажигания.

3 НАПЛАВКА И РЕМОНТНАЯ СВАРКА

3.1 Классификация способов наплавки. Преимущества и недостатки технологии наплавки

Способы наплавки, как и способы сварки, классифицируются по трем типам признаков (ГОСТ 19621–74): физическим, техническим и технологическим. Наиболее распространена и удобна классификация по физическому признаку (используемый источник нагрева). По нему основные способы наплавки и наварки можно разделить на три группы (рис. 3.1):

1. Термические (электродуговая, электрошлаковая, плазменная, электронно-лучевая, лазерная (световая), индукционная, газовая, печная);
2. Термомеханические (контактная, прокаткой, экструдированием);
3. Механические (взрывом, трением).



Рис. 3.1 - Способы наплавки

В свою очередь, большинство из этих способов могут подразделяться по техническим (способ защиты металла в зоне наплавки, степень механизации процесса, непрерывность наплавки) и технологическим (по роду тока, количеству электродов, наличию внешнего воздействия и т. п.) признакам.

Сущность процесса наплавки заключается в использовании теплоты для расплавления присадочного материала и его соединения с основным металлом детали. Используя возможности дуговой наплавки, на поверхности детали можно получить наплавленный слой любой толщины, любого химического состава с разнообразными свойствами. Наплавка может производиться в один или несколько слоев на различные поверхности:

1. Плоские;

2. Цилиндрические;
3. Конические;
4. Сферические и др.

Толщина слоя наплавки может изменяться в широких пределах – от долей миллиметра до десятков миллиметров. При наплавке поверхностных слоев с заданными свойствами, как правило, химический состав наплавленного металла существенно отличается от химического состава основного металла. Поэтому при наплавке должен выполняться ряд технологических требований.

1. Минимальное разбавление наплавленного слоя основным металлом, расплавляемым при наложении валиков. Поэтому в процессе наплавки необходимо получение наплавленного слоя с минимальным проплавлением основного металла, так как в противном случае возрастает доля основного металла в формировании наплавленного слоя. Это приводит к ненужному разбавлению наплавленного металла расплавляемым основным.

2. Обеспечение минимальной зоны термического влияния и минимальных напряжений и деформаций. Это требование обеспечивается за счет уменьшения глубины проплавления, регулированием параметров режима, погонной энергии, увеличением вылета электрода, применением широкой электродной ленты и другими технологическими приемами.

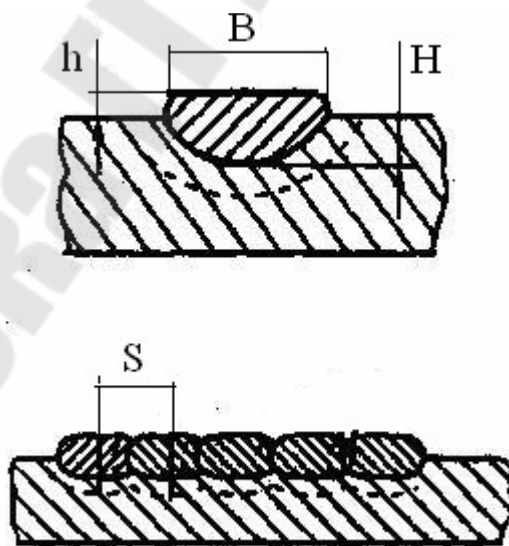


Рис. 3.2 - Способы наложения слоёв при наплавке: В – ширина валика; h – высота наплавки; Н – глубина проплавления; S – шаг наплавки

Технология наплавки различных поверхностей предусматривает ряд приемов нанесения наплавленного слоя (рис. 3.2):

1. Ниточными валиками с перекрытием один другого на 0,3...0,4 их ширины;

2. Широкими валиками, полученными за счет поперечных к направлению оси валика колебаний электрода, электродными лентами и др.

Расположение валиков с учетом их взаимного перекрытия характеризуется шагом наплавки.

Наплавку криволинейных поверхностей тел вращения выполняют тремя способами: наплавкой валиков вдоль образующей тела вращения; по окружностям; по винтовой линии (рис. 3.3). Наплавку по образующей выполняют отдельными валиками, как при наплавке плоских поверхностей. Наплавка по окружности также осуществляется отдельными валиками до полного замыкания начального и конечного участков со смещением их на определенный шаг вдоль образующей.

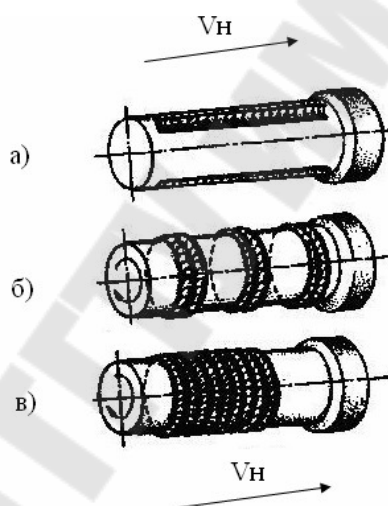


Рис. 3.3 - Наплавка тел вращения: а – по образующей; б – по окружности; в – по винтовой линии; V_H – скорость наплавки

При винтовой наплавке деталь вращают непрерывно, при этом источник нагрева перемещается вдоль тела со скоростью, при которой одному обороту детали соответствует смещение источника нагрева, равное шагу наплавки. При наплавке тел вращения необходимо учитывать возможность стекания расплавленного металла в направлении вращения детали.

В этом случае источник нагрева смещают в сторону, противоположную направлению вращения. Предварительный подогрев наплавляемой детали до температуры 200...250 °С уменьшает склонность наплавленного металла к образованию трещин. Все дефекты в наплавленном металле можно подразделить на наружные и внутренние. К последним относятся непровар

(несплавление наплавленного металла с основным), пористость, трещины и шлаковые включения. Наружные дефекты, к которым относятся раковины и трещины, выявляют визуально.

Режимы ручной дуговой наплавки характеризуются диаметром электрода, силой, родом и полярностью сварочного тока.

При автоматической наплавке в технологии описывают тип электродного материала (проволока, лента: сплошного сечения, порошковая), значение силы тока, напряжение дуги, длину дуги, скорость наплавки. При наплавке в защитном газе дополнительно указывают защитный газ; при наплавке под флюсом – марку флюса.

По сравнению с другими способами поверхностной обработки металла технология наплавки обладает рядом преимуществ и недостатков.

Преимущества:

1. Возможность нанесения металлического покрытия большой толщины. Это приносит большой эффект при восстановлении деталей с большой величиной износа, кроме того, позволяет изготавливать сосуды высокого давления из обычной стали с последующей наплавкой коррозионностойкой стали на внутреннюю поверхность, что более экономично по сравнению с применявшейся ранее технологией изготовления сосудов из плакированной стали, получаемой прокаткой.

2. Высокая производительность наплавки, особенно механизированных и автоматизированных способов.

3. Относительная простота конструкции и транспортабельность оборудования, приспособленного для выполнения работ вне помещений, например, наплавка деталей землеройных и сельскохозяйственных машин в полевых условиях.

4. Отсутствие ограничений по размерам наплавливаемых поверхностей изделий; наплавку можно применять для таких крупногабаритных объектов, как сосуды высокого давления атомных реакторов, конусы засыпных аппаратов доменных печей и т. д., тогда как другие способы поверхностной обработки (электролитическое или горячее металлопокрытие, цементация и т. д.) имеют существенное ограничение по размерам обрабатываемых изделий.

5. Простота выполнения процесса наплавки, не требующая высокой квалификации сварщика, при автоматическом или полуавтоматическом режиме наплавки.

6. Возможность нанесения износостойкого слоя на основной металл любого состава.

7. Возможность повышения эффективности наплавки путем её сочетания с другими способами поверхностной обработки; например, после наплавки изделие подвергают плазменной закалке или азотированию.

Недостатки:

1. Ухудшение свойств наплавленного слоя из-за перехода в него элементов основного металла; например, снижение коррозионной стойкости, износостойкости и т. д.

2. Деформация изделия, вызываемая высокой погонной энергией наплавки. Неправильный выбор режима наплавки может привести к чрезмерной деформации изделия, поэтому для сохранения точности размеров и формы изделия необходимо принимать особые меры, например, наплавку изделия необходимо проводить в зажатом состоянии, исключая его деформацию, создавать «обратную» предварительную деформацию, осуществлять последующую механическую обработку.

3. Неравномерность свойств наплавленных изделий, обусловленная тем, что наплавленный слой, в отличие от плакированного, имеет характерные свойства и особый состав, присущий металлу сварного шва. Поэтому для получения качественных наплавленных слоев сварщику необходимо иметь специальные сведения в области теоретической подготовки, например, металловедения, термической обработки, технологической прочности.

4. Более ограниченный выбор сочетаний основного и наплавляемого металлов, чем, например, при напылении. Наплавка допускает разнообразные сочетания основного и наплавляемого металлов, однако в отличие от напыления имеются определенные ограничения, например, при наплавке титаном на стальную поверхность на границе основного металла и наплавленного слоя образуется хрупкая прослойка интерметаллических соединений, что практически исключает возможность применения методов наплавки титаном.

5. Трудность наплавки мелких деталей сложной формы. Наплавка сопровождается оплавлением поверхностного слоя основного металла и протекает в условиях непрерывного перемещения сварочной ванны, состоящей из смеси основного и наплавляемого металлов. При наплавке мелких деталей условия формирования такой ванны ухудшаются, а при сложной форме изделия также затруднено её плавное перемещение, что исключает образование ровного качественного наплавленного слоя. Кроме того, мелкие детали от воздействия сварочной дуги быстро нагреваются до

температуры пластического течения металла, и в результате может происходить изменение формы изделия и даже его частичное расплавление.

Изложенные выше преимущества и недостатки процесса наплавки следует учитывать при выборе оптимального способа её осуществления, требуемого сварочного оборудования и наплавочных материалов.

3.2 Электродуговые способы наплавки. Ручная дуговая наплавка

Дуговая наплавка покрытыми электродами является наиболее распространенным способом ремонта (восстановления формы и размеров) деталей автомобилей, тракторов и других машин, и механизмов вследствие простоты ее осуществления, и мобильности оборудования. Наплавку осуществляют обычно вручную, поэтому такой способ называют также ручной дуговой наплавкой.

Электродное покрытие служит для защиты ванны жидкого металла от кислорода и азота воздуха, стабилизации дуги, повышения технологичности процесса наплавки и введения легирующих элементов в состав наплавленного металла. Применяют следующие виды электродного покрытия: ильменитовое с содержанием более 30 % ильменита; высокоцеллюлозное с содержанием 20...30% целлюлозы; карбонатно-рутиловое; основное (фтористо-кальциевое), основными компонентами которого являются карбонат кальция и флюорит; высокорутиловые с содержанием до 35 % рутила (TiO_2).

Дуговая наплавка покрытыми электродами отличается низкой стоимостью оборудования, возможностью выполнения наплавки вручную (рис. 3.4).

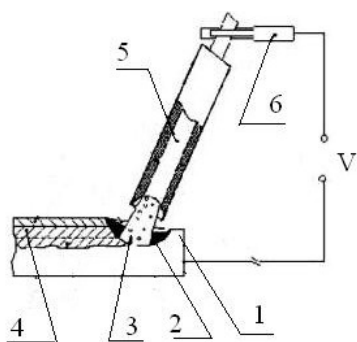


Рис. 3.4 - Схема ручной дуговой наплавки покрытым электродом: 1 – изделие; 2 – сварочная ванна; 3 – электрическая дуга; 4 – наплавленный валик; 5 – покрытый электрод; 6 – электрододержатель

Наплавка малоуглеродистых и низколегированных сталей производится обычным способом при обычных условиях. Во время наплавки электрод должен быть наклонен под углом $15...20^\circ$ к вертикали во избежание попадания жидкого шлака на еще не расплавленный основной металл. Наплавка должна осуществляться углом назад (рис. 3.5, а).

Для получения узкого валика шириной до $1,5$ диаметра электрода электрод при наплавке перемещают прямолинейно без поперечных колебаний. Однако из-за высокой скорости охлаждения в металле наплавки могут остаться не успевшие выделиться газы и шлаковые включения. С целью устранения таких дефектов при наплавке накладываются более широкие валики, которые получаются при поперечном перемещении конца электрода (рис. 3.5, б). Такой прием увеличивает прогрев кромок валика и замедляет скорость охлаждения сварочной ванны, что уменьшает вероятность появления дефектов.

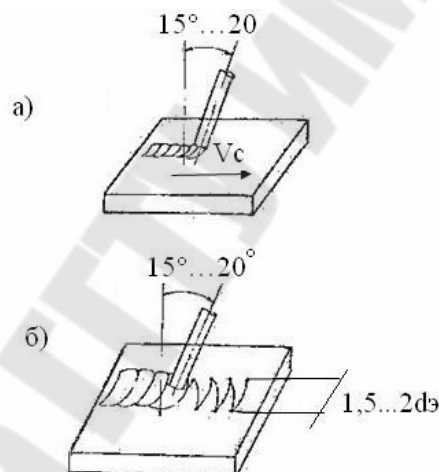


Рис. 3.5 - Техника наплавки: а – углом назад; б – с поперечными колебаниями

Наплавка более широких слоев и большей высоты наплавленного слоя может осуществляться пучком электродов. Он представляет собой несколько сложенных вместе электродов, скрепленных между собой обвязкой и прихватками. В случае необходимости наплавки низкими и широкими валиками применяют пучки из двух или трех электродов, скомпонованных в ряд. Для наплавки более узкими, но высокими валиками применяют пучки из трех электродов, скомпонованных треугольником, или четырех электродов (рис. 3.6).

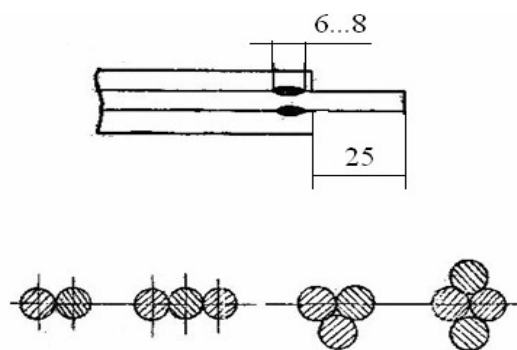


Рис. 3.6 - Пучки электродов для наплавки

Наплавка должна выполняться короткой дугой, валики накладывают так, чтобы каждый последующий перекрывал предыдущий на 1/2 или 1/3 своей ширины. По высоте слой наплавленного металла устанавливается из расчета, чтобы припуск на механическую обработку составил 2...3 мм. Значение силы тока при наплавке определяется в зависимости от диаметра электрода по формуле $J = (30...50)dэ$, где J – сила тока; $dэ$ – диаметр стержня электрода.

Между толщиной слоя наплавленного металла, диаметром электрода, числом слоев наплавки и силой тока рекомендуется выдерживать следующие соотношения (табл. 3.1).

При окончании наплавки усадочный кратер необходимо выводить за пределы рабочей наплавленной поверхности, используя для этой цели приставные планки. После наложения каждого валика с поверхности наплавки удаляются шлак и брызги металла. При наплавке средне- и высокоуглеродистых сталей рекомендуется предварительный подогрев металла до температуры 350°. Изделия, подвергнутые ранее термообработке (закалка), перед наплавкой отжигают, после наплавки рекомендуется производить высокий отпуск наплавленного слоя.

Таблица 3.1 – Выдерживаемые соотношения

№ п/п	Наименование параметров	Величина параметров		
1	Толщина слоя наплавки, мм	до 1,5	до 5	свыше 5
2	Диаметр электрода, мм	3	4...5	5...6
3	Число слоев наплавки	1	1...2	2 и более
4	Сила сварочного тока	50...100	130...180	180...240

3.3 Наплавка под флюсом, в защитных газах и порошковой проволокой

Механизированная наплавка под флюсом цилиндрических и плоских деталей является развитием способов ручной наплавки электродами с толстыми качественными покрытиями. Этот способ был разработан коллективом под руководством академика Е.О. Патона в 1938–1939 гг. Сущность способа заключается в том, что сварочная дуга горит между электродом (проволокой) и изделием под слоем толщиной 10...40 мм сухого гранулированного флюса с размерами зерен 0,5...3,5 мм (рис. 3.7).

В качестве флюса выступают неметаллические гранулированные порошки, по составу схожие с электродными покрытиями, и в общем случае выполняют такие же функции, как и покрытия, а именно:

1. Обеспечивают шлаковую и газовую защиту сварочной ванны и наплавленного валика от воздействия окружающей среды;
2. Легируют и раскисляют наплавленный металл;
3. Способствуют устойчивому горению дуги за счет ионизации дугового промежутка при диссоциации компонентов флюса;
4. Рафинируют наплавленный металл.

Для осуществления автоматической наплавки деталей требуется комплекс машин, механизмов и приспособлений, в целом составляющих автоматическую установку. Устройство, производящее зажигание дуги, подачу электродной проволоки по мере плавления и обеспечивающее устойчивое горение дуги, называется автоматической головкой для дуговой сварки и наплавки, или дуговым автоматом. Наиболее важное промышленное значение для ремонтно-восстановительной наплавки имеют автоматы с плавящимся металлическим электродом – проволокой или лентой.

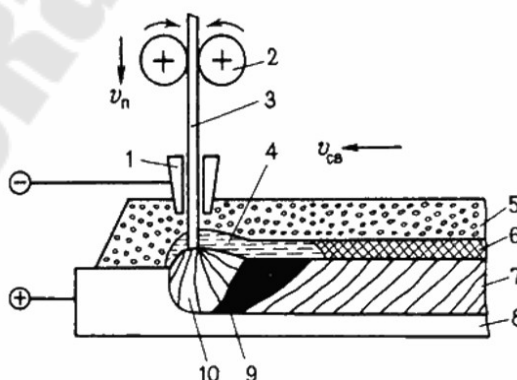


Рис. 3.7 - Схема механизированной наплавки металла под слоем флюса: 1 – токоподводящие колодки; 2 – подающие ролики; 3 – электродная проволока; 4 – слой шлака; 5 – слой сухого флюса; 6 – шлаковая корка; 7 – сварной шов (наплавленный металл); 8 – основной металл; 9 – сварочная ванна; 10 – электрическая дуга

Преимущества механизированного способа наплавки

1. Повышение производительности труда в 6...8 раз по сравнению с ручной дуговой наплавкой.
2. Снижение расхода электроэнергии в два раза за счёт более высокого термического КПД.
3. Высокое качество наплавленного металла благодаря надёжной защите наплавленного слоя от воздействия окружающей среды.
4. Возможность получения наплавленных слоев толщиной более 2 мм.
5. Меньший расход присадочного материала в результате исключения потерь на разбрызгивание и уменьшение угара электродного металла.
6. Лучшие условия труда оператора за счёт механизации процесса и отсутствия открытой дуги.

Недостатки:

1. Большое вложение тепла в материал детали, что увеличивает зону термического влияния и изменяет результаты предыдущей термообработки детали.
2. После наплавки требуется термообработка наплавленного слоя или всей детали.
3. Трудности удержания ванны расплавленного металла на поверхности цилиндрической детали (детали диаметром меньше 50 мм не наплавляют).
4. Уменьшение усталостной прочности детали на 20...40 % за счет остаточных напряжений, пористости и структурной неоднородности слоя.
5. Появление при загрузке флюса в бункер и его просеивании после использования силикатной пыли, вредной для организма человека.

Наплавка под флюсом цельнометаллической проволокой. Наплавленный металл легируют путем применения легированной проволоки, легированных флюсов или дозированной засыпки легирующих примесей на поверхность наплавляемой детали. Иногда наплавленный металл не подвергается легированию, и наплавка преследует цель – восстановление необходимых геометрических размеров и формы детали.

Для автоматической наплавки применяют плавные флюсы:

1. Высококремнистые марганцевые марок АН-348А, ОСН-45, АН-60;
2. Низкокремнистые марганцевые марок АН-10, АН-16, АН-22;
3. Высококремнистые безмарганцевые марок АН-20, АН-28, 48-ОФ-6.

Для наплавки высоколегированных сталей и сплавов используют низкокремнистые марганцевые и безмарганцевые флюсы, обладающие меньшей окислительной способностью, – АН-30, 48-ОФ-6.

Автоматической наплавкой чаще всего восстанавливаются детали цилиндрической формы. Наплавляются такие детали, как правило, по винтовой линии. Ось вращения – горизонтальная. Такой способ обеспечивает непрерывность процесса и высокое качество работы, симметричность остаточных напряжений по отношению к оси детали. Однако при этом способе затруднено удержание флюса и жидкого металла в зоне наплавки.

Для удержания флюса применяют специальное флюсоудерживающее приспособление в виде насадки-воротника специальной формы, расположенной вокруг мундштука горелки.

С целью удержания расплавленного металла ванны и жидкого шлака наплавочная головка автомата устанавливается с некоторым смещением конца электродной проволоки с зенита (рис. 3.8).

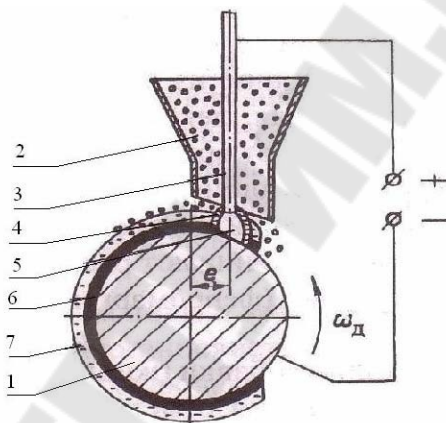


Рис. 3.8 - Наплавка цилиндрической детали под слоем флюса: 1 – изделие; 2 – бункер с флюсом; 3 – электродная проволока; 4 – расплавленный флюс (шлак); 5 – сварочная дуга; 6 – наплавленный слой; 7 – шлаковая корка

Величина смещения «e» зависит от диаметра наплавляемой детали и параметров режима наплавки и принимается от 10 мм и более. Окружная скорость выбирается от 10 до 50 м/ч. Чем меньше диаметр электрода, тем меньше следует выбирать скорость наплавки. Шаг наплавки определяется в зависимости от желательной толщины слоя, тока и напряжения в пределах от 3 до 12 мм. Сила тока для наплавки и диаметр электродной проволоки устанавливаются в зависимости от диаметра наплавляемой детали.

Наплавку цилиндрических деталей (коленчатых валов, крановых колес, опорных катков и прочих) производят на специальных вращателях или специально приспособленных для этого токарных станках (рис. 3.9).



Рис. 3.9 - Установка УНВ-3-5 для дуговой наплавки тел вращения

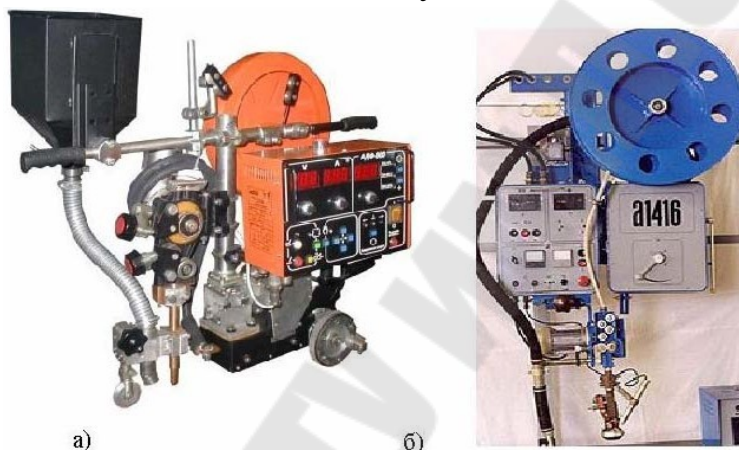


Рис. 3.10 - Сварочный трактор АДФ-800 (а) и сварочный автомат А-1416 (б), применяемые для наплавки деталей под слоем флюса

Поверхности плоских деталей наплавляют с помощью оборудования, предназначенного для сварки с дополнительными перемещающими устройствами – сварочными автоматами и сварочными тракторами (рис. 3.10).

Сварочный трактор АДФ-800 предназначен для сварки и наплавки электродной проволокой под слоем флюса. Работает в комплекте с выпрямителями ВДУ-1250, ВДУ-1202, ВДУ-630 и др. АДФ- 800 представляет собой самоходное устройство, в котором подача сварочной проволоки, перемещение и защита дуги происходят автоматически по определенной программе. Автомат подвесной самоходный А-1416 предназначен для двухдуговой сварки и наплавки сплошной проволокой под слоем флюса низкоуглеродистых и легированных сталей на постоянном токе с независимыми от параметров дуги скоростями сварки и подачи электродной проволоки. Глубокое регулирование скорости подачи

электродной проволоки и скорости сварки, получаемое сменными шестернями, обеспечивает широкий диапазон применения автомата.

Наплавка производится отдельными валиками вдоль или поперек наплавляемой поверхности. Наплавку менее высоких, но более широких слоев металла целесообразно проводить с наклоном электродной проволоки под углом $40...50^\circ$ к горизонту, глубина проплавления металла при этом в два раза меньше, ширина наплавленного валика больше при одинаковых режимах наплавки.

Для получения широкого слоя используют наплавку:

1. Многоэлектродную;
2. Многодуговую;
3. С поперечными колебаниями электрода;
4. Стальной лентой.

Производительность наплавки оценивается в кг/ч наплавленного металла. Например, при ручной дуговой наплавке производительность оценивается в диапазоне $0,8...3$ кг/ч; автоматическая одним электродом – $2...15$ кг/ч; многоэлектродная – $5...30$ кг/ч; электродной лентой – $10...60$ кг/ч.

Механизированная электродуговая наплавка в защитных газах.

В промышленности применяют различные способы электродуговой сварки и наплавки в среде защитных газов: в аргоне, гелии, углекислом газе. Эти способы во многих случаях позволяют восстанавливать или упрочнять поверхности изделий, наплавка которых другими способами затруднена. Кроме того, газозлектрическая сварка создает возможности для автоматизации наплавочных работ там, где применение автоматической и полуавтоматической сварки под слоем флюса невозможно. При этом значительно увеличивается производительность труда и снижается себестоимость наплавочных работ.

Сущность способа заключается в том, что воздух (кислород, водород, азот, пары воды и др.) отесняется из зоны сварки струей углекислого газа, а окисление самим углекислым газом расплавленного дугой металла компенсируется за счет повышенного содержания элементов-раскислителей в электродной проволоке (рис. 3.11). На качество сварных соединений существенное влияние, особенно при полуавтоматической сварке, оказывает техника сварки.

От расстояния, угла наклона и характера движения горелки зависят надежность газовой защиты зоны сварки от воздуха, скорость охлаждения металла, форма шва, условия удаления газовых пузырей и неметаллических включений из сварочной ванны.

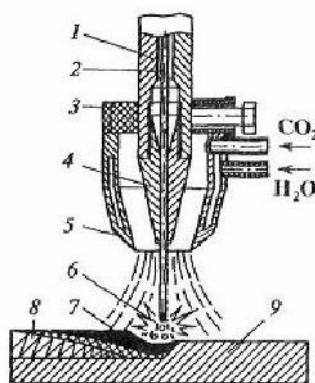


Рис. 3.11 - Схема наплавки в среде углекислого газа: 1 – мундштук; 2 – электродная проволока; 3 – горелка; 4 – наконечник; 5 – сопло горелки; 6 – электрическая дуга; 7 – сварочная ванна; 8 – наплавленный валик; 9 – восстанавливаемое изделие

Процесс ремонтной сварки и наплавки в углекислом газе необходимо вести на короткой дуге. При сварке на токах 200...250А длина дуги должна быть в пределах 1,5...4,0 мм, так как увеличение длины дуги повышает разбрызгивание жидкого металла и вызывает угар легирующих элементов. Сварка возможна на постоянном токе, а также на переменном токе с применением осциллятора.

Автоматическая наплавка в защитном газе плавящимся электродом производится подачей проволоки из кассеты к месту наплавки с постоянной скоростью через токоподводящий мундштук. Защитный газ из баллона по шлангу поступает через сопло горелки к месту горения дуги. Эффективность газовой защиты зависит от конструктивных особенностей газоподводящего сопла, расстояния между торцом сопла и поверхностью детали, а также от скорости наплавки, давления защитного газа и движения воздуха в месте наплавки. Наплавка в защитном газе позволяет механизировать процесс работы в любом пространственном положении. Для наплавки в среде углекислого газа применяется углеродистая и низколегированная проволока диаметром от 0,8 до 3 мм. Проволоку диаметром 0,8...1,6 мм применяют при незначительном износе деталей и для наплавки цилиндрических деталей малых диаметров при любом износе. Наибольшая толщина наплавляемого однократного слоя в этом случае составляет 1...2,5 мм. На поверхности проволоки не должно быть ржавчины и различных загрязнений, которые приводят к образованию пористости и снижают устойчивость горения дуги. Очистка проволоки может проводиться как механическим, так и химическим путем. Химический состав электродной проволоки должен быть таким, чтобы можно было в достаточной степени раскислить ванну расплавленного металла, легировать его и получить плотный наплавленный металл. При

наплавке углеродистых и низколегированных сталей в качестве раскислителей используют кремний и марганец.

Для наплавки стальных и чугунных изделий в среде углекислого газа применяется проволока марок Св-12ГС, Св-08Г2С, Св-Х13, Св-Х17, Св-06Х19НТ, Св-18ХМА, Св-08Х20Н9Г7Т.

Для сварки в CO₂ используется также порошковая проволока марок ПП-18Т, ПП-4Х2В8Т, ПП-Х12ВФТ.

Использование для наплавки проволок марок Св-12ГС, Св-08ГС, Св-08Г2С дает наплавленный металл не очень высокой твердости и износостойкости. Такие проволоки применяются в основном для восстановления геометрических параметров изделия.

При наплавочных работах нет необходимости получать глубокое проплавление основного металла. Поэтому основными факторами являются: устойчивое горение дуги, производительность и качество наплавочных работ.

На устойчивость процесса наплавки существенное влияние оказывает вылет электродной проволоки. Большой вылет вызывает чрезмерный нагрев и перегорание проволоки в месте контакта с токоподводящим устройством. Чем более высокая плотность тока, тем меньше должен быть вылет электрода.

При наплавке в среде CO₂ валики должны перекрывать друг друга на 1/3 ширины, что дает более ровную поверхность наплавленного металла.

Наплавку сталей с повышенным содержанием углерода или легирующих примесей необходимо производить с предварительным подогревом детали и с более высоким подогревом углекислого газа. В противном случае возможна закалка металла в зоне термического влияния, что приводит к появлению микротрещин и ухудшает обрабатываемость металла режущим инструментом.

Для сварки плавящимся электродом в среде углекислого газа используются полуавтоматы и автоматы как российского, так и зарубежного производства.

Наплавка порошковой проволокой и порошковой лентой. Весьма перспективным способом восстановления и упрочнения поверхностей деталей, позволяющим значительно увеличить производительность труда по сравнению не только с ручной, но и механизированной сваркой в углекислом газе, является сварка и наплавка порошковой проволокой. Отличительная ее особенность по сравнению с другими механизированными способами состоит в том, что она сочетает преимущества и ручной сварки – простоту и

мобильность, и механизированной сварки в углекислом газе – большую производительность и высокое качество сварных соединений.

Использование порошковой проволоки для наплавочных работ позволяет значительно расширить номенклатуру наплавляемых сталей, так как для большинства из них нельзя получить металлургическим путем соответствующую монолитную легированную проволоку.

Автоматическая и полуавтоматическая наплавка порошковой проволокой.

Порошковые проволоки представляют собой трубчатую сложного внутреннего сечения проволоку, заполненную порошкообразным наполнителем (рис. 3.14). Наполнитель имеет состав, соответствующий покрытиям электродов для сварки. Масса порошкообразного наполнителя составляет от 15 до 40 % веса проволоки.

Порошок, входящий в состав порошковой проволоки, при ее расплавлении электрической дугой выполняет следующие функции:

1. Обеспечивает газовую и шлаковую защиту сварочной ванны от воздействия окружающей среды;
2. Способствует раскислению сварочной ванны;
3. Легирует сварной шов;
4. Стабилизирует дуговой разряд.

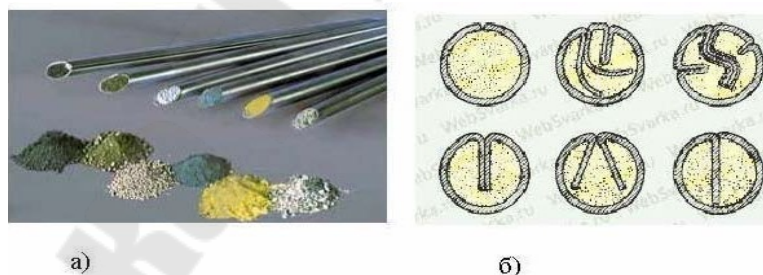


Рис. 3.14 - Порошковые проволоки для сварки и наплавки: а – внешний вид; б – сечения проволоки

По способу защиты порошковые проволоки делятся на само- защитные и используемые с дополнительной защитой газом (CO_2) или флюсом. Самозащитные проволоки, как правило, применяются и для производства сварных конструкций, и для наплавки деталей. Порошковые проволоки, используемые с дополнительной защитой, применяются в основном для наплавочных работ.

Наплавка порошковой проволокой с внутренней защитой основана на введении в сердечник проволоки кроме легирующих компонентов также

шлакообразующих и газообразующих материалов. Применение флюсовой и газовой защиты при наплавке такой проволокой не требуется. Легирующие элементы порошковой проволоки переходят в шов, а газо- и шлакообразующие материалы создают защиту металла от азота и кислорода воздуха. В дуге тонкая пленка расплавленного шлака покрывает капли жидкого металла и изолирует их от воздуха. Разложение газообразующих материалов создает поток защитного газа. После затвердевания на поверхности наплавленного валика образуется тонкая шлаковая корка, которая может не удаляться при наложении последующих слоев. При наплавке используют различные самозащитные порошковые проволоки. Для наплавки низкоуглеродистых слоев используют сварочные проволоки типа ПП-АНЗ и др. Для наплавки деталей, работающих при больших давлениях и повышенных температурах, применяют порошковую проволоку ПП-3ХВЗФ-О (буква «О» в обозначении марки порошковой проволоки указывает, что данная порошковая проволока предназначена для наплавки открытой дугой). Наплавку деталей, подвергающихся интенсивному абразивному износу, производят самозащитной порошковой проволокой ПП-У15Х12М-О. Разработаны порошковые проволоки для исправления (заварки) дефектов стального литья (ППс-ТМВ6, ППс-ТМВ29, ППс-ТМВ14, ППс-ТМВ15, ВЕЛТЕК-Н210, ВЕЛТЕК-Н215).

Технология выполнения наплавки самозащитной порошковой проволокой в основном ничем не отличается от технологии наплавки в углекислом газе. Открытая дуга дает возможность точно направлять электрод, наблюдать за процессом формирования наплавленного слоя, что имеет большое значение при наплавке деталей сложной формы.

Преимущества этого способа: применение менее сложной аппаратуры по сравнению с аппаратурой, используемой при наплавке под флюсом и в защитном газе, а также возможность выполнять наплавочные работы на открытом воздухе; увеличивается производительность по сравнению с наплавкой под флюсом и в защитных газах, снижается себестоимость наплавки. Порошковая проволока дает возможность более экономично расходовать легирующие вещества, поэтому очень перспективна.

Обычно порошковые проволоки используют для сварки шланговыми полуавтоматами. Ввиду возможности наблюдения за образованием шва техника наплавки различных изделий практически не отличается от техники их наплавки в защитных газах плавящимся электродом. При многослойной сварке или наплавке порошковой проволокой поверхность предыдущих слоев следует тщательно зачищать от шлака.

Наплавка порошковыми проволоками имеет свои недостатки. Малая жесткость трубчатой конструкции порошковой проволоки требует применения подающих механизмов с ограниченным усилием сжатия проволоки в подающих роликах. Наплавка может осуществляться только в нижнем и редко в вертикальном положении. Это объясняется тем, что образующаяся сварочная ванна повышенного объема, покрытая жидкотекучим шлаком, не удерживается в вертикальном и потолочном положениях силой поверхностного натяжения и давлением дуги. Существенный недостаток порошковых проволок, сдерживающий их широкое промышленное применение, – повышенная вероятность образования в швах пор, вызываемая наличием пустот в проволоке. Кроме того, нерасплавившиеся компоненты сердечника, переходя в сварочную ванну, способствуют появлению газообразных продуктов. Повышает вероятность образования пор также влага, попавшая в наполнитель при хранении проволоки, кроме того, смазка и ржавчина, следы которых имеются на металлической оболочке.

Для автоматической наплавки деталей порошковой проволокой применяются наплавочные установки УД-209, УД-609, УНП-350-1 и др. Обычно в состав таких установок входит манипулятор-вращатель на базе токарного станка, источник питания дуги, сварочная головка с механизмом подачи проволоки, пульт управления, баллон с защитным газом. Принципиальная схема таких установок приведена на рис. 3.15.

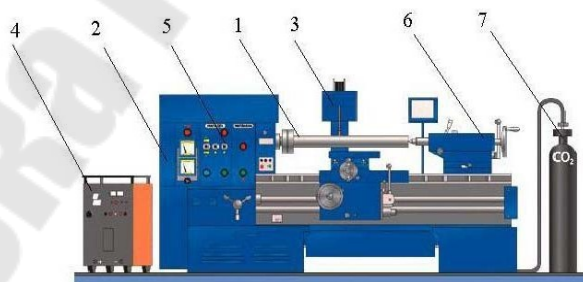


Рис. 3.15 - Схема типовой установки для автоматической наплавки цилиндрических деталей порошковой проволокой: 1 – наплавляемая деталь; 2 – манипулятор-вращатель; 3 – сварочная головка; 4 – источник питания; 5 – пульт управления; 6 – задняя бабка; 7 – баллон с защитным газом

Порошковые ленты изготавливают на специальных станах, снабженных роликами для формирования и завальцовки ленты-оболочки. Стан имеет дозирующее устройство для подачи шихты и клеть валков для уплотнения этой шихты, формируя сердечник порошковой ленты. Процесс

волочения, в отличие от производства цельнометаллической ленты, при изготовлении порошковой ленты отсутствует. Ленту изготавливают обычно шириной 40...50 мм. Порошковые ленты применяют для наплавки изделий из различных конструкционных сплавов, но в основном стали или чугуна. При наплавке порошковыми лентами в качестве защитной среды могут применяться флюсы или защитные газы. Некоторые ленты могут использоваться без дополнительной защиты. Например, порошковые ленты ПЛ-АН101 и ПЛ-АН102 универсальны. Они предназначены для наплавки и под флюсом, и открытой дугой. В основном порошковые ленты применяют в тех случаях, когда величина изношенной поверхности достаточно большая, а степень износа невелика.

3.4 Плазменная и плазменно-порошковая наплавка

Плазменная наплавка – это нанесение с помощью сжатой дуги слоя металла на поверхность изделия. Плазменная наплавка применяется при восстановлении изношенных деталей, когда необходимо восстановить размеры деталей и при этом обеспечить свойства наплавленного слоя, близкие к свойствам основного металла. Она также применяется при изготовлении новых деталей с целью придания рабочим поверхностям специальных свойств, например, жаропрочности, износостойкости, коррозионной стойкости и т. д. Масса металла наплавки в таких изделиях обычно составляет несколько процентов от массы всего изделия, а работоспособность поверхности детали значительно превосходит работоспособность однородного (без наплавки) изделия.

Сущность плазменной наплавки состоит в том, что присадочный и основной металл расплавляются с помощью высококонцентрированного электродугового разряда (плазменного потока), который формируется между электродом плазмотрона и изделием (плазма прямого действия) или между электродом и водоохлаждаемым соплом плазмотрона (косвенного действия). При этом присадочный материал также может быть электрически нейтральным по отношению к струе плазмы или электрически связанным с ней (рис. 3.16). В качестве присадочного материала используются проволоки, прутки, сыпучие порошковые материалы или специально приготовленные шнуры из порошков.

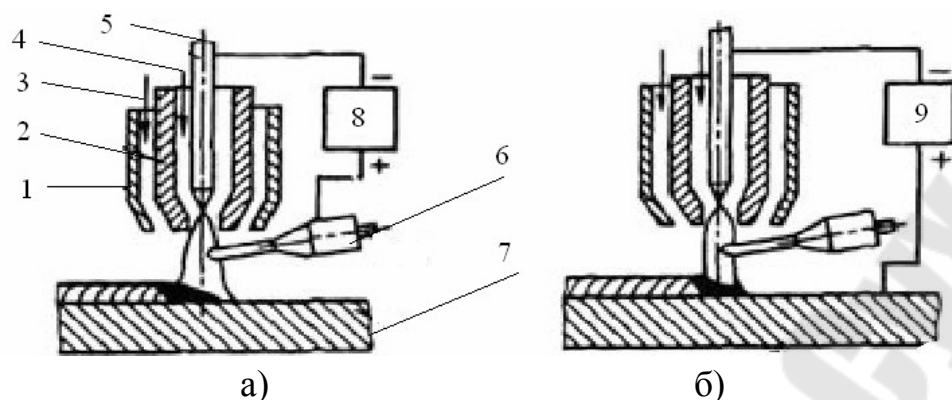


Рис. 3.16 - Схемы плазменной наплавки: а – плазменной струей с токоведущей присадочной проволокой; б – плазменной дугой с нейтральной присадочной проволокой; 1 – защитное сопло; 2 – сопло плазмотрона; 3 – защитный газ; 4 – плазмообразующий газ; 5 – электрод; 6 – присадочная проволока; 7 – изделие; 8 – источник питания косвенной дуги; 9 – источник питания дуги прямого действия

Преимущества плазменной наплавки по сравнению с другими способами нанесения слоев на поверхность сводятся к следующему.

1. Гладкая и ровная наплавленная поверхность, что позволяет оставлять припуск на механическую обработку в пределах 0,4...0,9 мм.

2. Малая глубина проплавления основного металла (0,3...2,5 мм) и небольшая зона термического влияния (3...6 мм) обуславливают долю основного металла в покрытии <5 %.

3. Малое вложение тепла в обрабатываемую деталь обеспечивает небольшие деформации и термические воздействия на структуру основы.

4. При плазменной наплавке получают слой толщиной 0,2...6,5 мм и шириной 1,2...45 мм. Если наносится легкоплавкий материал, то возможно нанесение покрытия с проплавлением очень тонких поверхностных слоев практически без оплавления поверхности.

5. Термический КПД наплавки в 2...3 раза выше, чем при электродуговом процессе. Производительность процесса 0,4... 5,5 кг/ч. Производительность плазменно-порошковой наплавки аустенитных нержавеющей сталей не уступает производительности электродуговой наплавки.

Плазменно-порошковая наплавка (ППН) (рис. 3.17) – механизированный процесс, при котором источником теплоты служит сжатая дуга (плазма), а присадочным материалом – гранулированные металлические порошки, которые подаются в плазмотрон транспортирующим газом с помощью специального питателя.

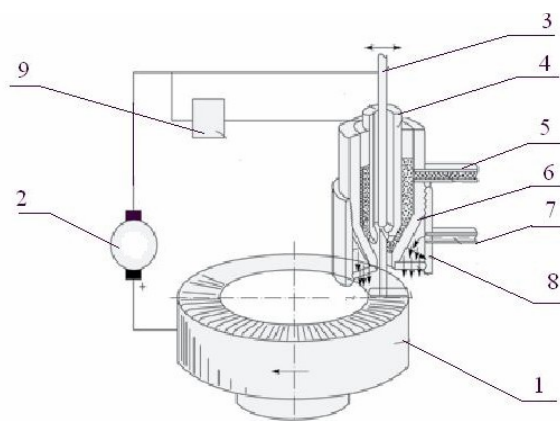


Рис. 3.17 - Схема плазменно-порошковой наплавки: 1 – изделие; 2 – источник питания плазменной дуги; 3 – вольфрамовый электрод; 4 – стабилизирующее сопло плазмотрона; 5 – ввод транспортирующего газа с порошком; 6 – фокусирующее сопло; 7 – ввод защитного газа; 8 – защитное сопло; 9 – устройство поджига дуги

Процесс плазменно-порошковой наплавки отличается уникальными технологическими возможностями. Малая глубина проплавления основного металла, прецизионная точность, высокая культура производства и возможность наплавки самых разнообразных сплавов – все это делает его незаменимым при наплавке клапанов ДВС, запорной арматуры, шнеков экструдеров и термопластавтоматов, инструмента и многих других деталей. Для плазменно-порошковой наплавки используется специализированное оборудование, состоящее из источника питания плазмы, плазмотрона, устройства для подачи порошка, пульта управления, блока охлаждения и газобаллонной арматуры. Например, аппарат типа ПМ-300 и его модификации предназначены для плазменно-порошковой наплавки плоских, цилиндрических и других поверхностей различных деталей (рис. 3.18). Для вращения или перемещения детали относительно плазмотрона может использоваться токарно-винторезный станок, манипулятор либо какой-нибудь другой механизм. Наплавка осуществляется высокотемпературной сжатой дугой, получаемой в плазмотроне с неплавящимся электродом. Присадочным материалом служит мелкозернистый порошок износостойких, коррозионностойких и других сплавов на основе Fe, Ni, Co и Cu.

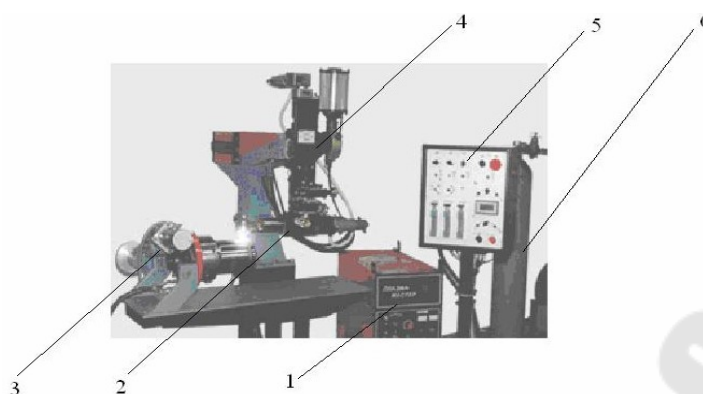


Рис. 3.18 - Установка для плазменно-порошковой наплавки ПМ-300В: 1 – источник питания; 2 – плазмотрон; 3 – манипулятор-вращатель; 4 – механизм регулировки плазмотрона и подачи порошка; 5 – пульт управления; 6 – баллон с аргоном

Благодаря возможности регулирования в широком диапазоне соотношения между тепловой мощностью дуги и подачей присадочного порошка ППН обеспечивает достаточно высокую производительность при минимальном проплавлении основного металла, что позволяет обеспечивать требуемую твердость и заданный химический состав наплавленного металла уже на расстоянии 0,3...0,5 мм от поверхности сплавления. Это дает возможность ограничиться однослойной наплавкой там, где электродуговым способом необходимо наплавить 3...4 слоя.

Важной особенностью ППН является отличное формирование наплавленных валиков, стабильность и хорошая воспроизводимость их размеров. Установлено, что у 95 % наплавленных деталей отклонение толщины наплавленного слоя от номинального размера не превышает 0,5 мм. Это позволяет существенно сократить расход наплавочных материалов, время наплавки, а также затраты на механическую обработку наплавленных деталей.

ППН обеспечивает высокую работоспособность деталей за счет отличного качества наплавленного металла, его однородности, а также благоприятной структуры, определяемой специфическими условиями кристаллизации металла сварочной ванны.

Основные преимущества ППН:

1. Высокая производительность (до 10 кг/ч);
2. Высокое качество наплавленного металла;
3. Малая глубина проплавления основного металла (до 5 %);
4. Минимальные потери присадочного материала;
5. Возможность наплавки относительно тонких слоев (0,5...5,0 мм).

В наплавочных плазмотронах можно использовать три схемы ввода порошка в дугу:

1. Распределенный через кольцевую щель между соплами (рис 3.17);
2. Локальный боковой через канал в торце сопла;
3. Аксиальный через полый электрод.

Наплавка комбинированным способом состоит в том, что в зону наплавки одновременно подаются порошок из питателя транспортирующим газом и проволока подающим механизмом (рис. 3.19).

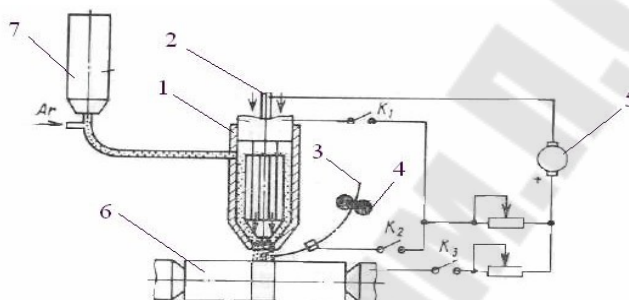


Рис. 3.19 - Схема установки плазменной наплавки комбинированным способом: 1 – корпус плазмотрона (анод); 2 – вольфрамовый электрод; 3 – электродная проволока; 4 – механизм подачи проволоки; 5 – источник питания; 6 – наплавляемая деталь; 7 – порошковый питатель

Известный способ наплавки плазменной струей с токоведущей проволокой позволяет наплавлять слои с минимальной глубиной проплавления.

Однако этот способ ограничивается использованием проволок с температурой плавления ниже температуры плавления основного металла (проволоки из меди, медных сплавов, аустенитных сталей).

Применение для наплавки на стальные изделия сварочных низкоуглеродистых проволок (Св-08А, Св-082ГС), а также легированных износостойких наплавочных проволок (Нп-3ОХГСА, Нп-65Г и др.) в качестве токоведущих не обеспечивает качественного формирования слоев из-за недостаточного подвода теплоты к основному металлу и плохой смачиваемости его подложки. Слои, наплавленные порошками твердых сплавов, характеризуются высокой износостойкостью, но низкой пластичностью. Слои, наплавленные проволоками, имеют, как правило, высокую пластичность, но значительно уступают порошкам по износостойкости и степени перемешивания с основным металлом. Объединение проволоки и порошка в единую схему позволило повысить

эффективность сжатой дуги и добиться образования слоев без пор, трещин за один проход.

Важное преимущество комбинированного способа наплавки – возможность расширения диапазона регулирования состава наплавленного металла и получения слоев с требуемыми свойствами.

Плазменная наплавка твердыми сплавами. Для восстановления быстроизнашивающихся деталей тракторов, автомобилей, сельскохозяйственных машин и т. д. широко применяется износостойкая наплавка. Такая наплавка осуществляется различными твердыми сплавами: литыми (стеллит, сормайт), трубчатыми (рэлит), порошковыми (стафинит, сормайт, боридохромовые смеси). Плазменная наплавка рассматриваемых твердых сплавов может быть осуществлена как по схеме наплавки с токоведущей присадочной проволокой (в случае применения литых или трубчатых сплавов), так и по схеме наплавки порошками. Так как проволока из литых и трубчатых сплавов не изготавливается, то вместо присадочной проволоки применяются присадочные токоведущие прутки. Присадочный пруток подается к плазменной струе между двумя направляющими роликами по направляющей медной трубке. В качестве плазмообразующего и защитного газа используется аргон.

Плазменная наплавка с применением в качестве присадочного материала металлического порошка. В ряде случаев из наплавочного сплава трудно изготовить проволоку, ленту или даже прутки. Тогда для плазменной наплавки в качестве присадочного материала могут применяться металлические порошки. Способы наплавки с использованием порошков удобно применять и тогда, когда необходимо получить тонкий (менее 1 мм) слой металла наплавки.

При наплавке по слою порошка присадкой служит крупнозернистый порошок требуемого состава. Такой порошок либо заранее насыпается на наплавляемую поверхность, либо подается в сварочную ванну из питателя непосредственно в процессе наплавки через плазмотрон. Разработана целая гамма плазмотронов для плазменно-порошковой наплавки различных поверхностей и рассчитанных на различные мощности плазмы. Например, универсальный плазмотрон ПП-6-03 предназначен для плазменно-порошковой наплавки различных деталей сплавами на основе Fe, Ni и Co с целью защиты их от износа, коррозии и т. д. Конструктивно плазмотрон состоит из двух частей – собственно плазмотрона и держателя с горизонтальным расположением коммуникаций, являющегося неотъемлемой его частью. Плазмотрон присоединяется к держателю с помощью четырех питающих трубок и фиксируется четырьмя полыми винтами, что позволяет

очень быстро присоединять или отсоединять его при монтаже и обслуживании (рис. 3.20).

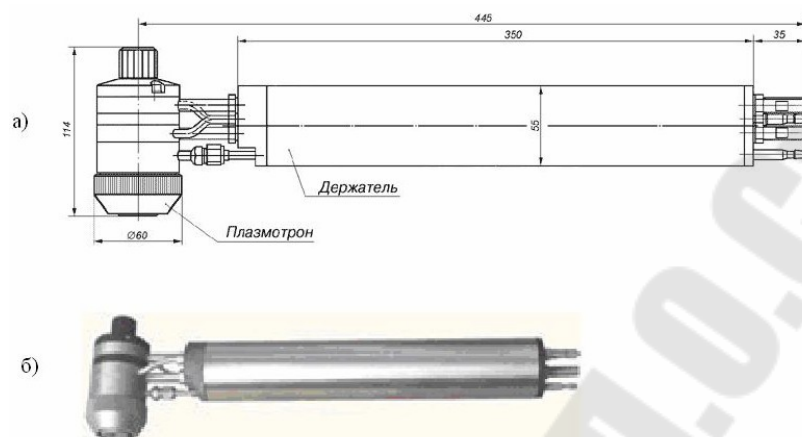


Рис. 3.20 - Универсальный плазмотрон для плазменно-порошковой наплавки ПП-6-03: а – схема плазмотрона; б – внешний вид

Чаще всего для плазменной наплавки применяются порошки на основе никеля, кобальта или железа. Присадки бора и кремния снижают температуру плавления сплава, что позволяет получить тонкий слой металла наплавки при малой (меньше 10 %) степени проплавления основного металла. В то же время примеси бора и кремния повышают твердость и износостойкость металла наплавки. Такие сплавы жаростойки до температуры 950 °С, сохраняют высокую твердость при нагреве до 750 °С и обладают хорошей коррозионной стойкостью в растворах NH_4Cl , KCl , NaOH , 10 %-ной серной кислоте и других средах. Поэтому хромоникелевые сплавы с бором и кремнием нашли широкое применение для наплавки клапанов двигателей внутреннего сгорания, поршней кислотных насосов и т. д.

Плазменная наплавка по способу вдувания порошка в струю может применяться как для наплавки на основной металл легкоплавких, так и тугоплавких сплавов. Достижимая минимальная глубина проплавления основного металла составляет около 0,25 мм. Минимальная толщина слоя наплавки 0,5 мм; максимальная толщина при наплавке в один проход составляет 5...6 мм. Для наплавки по способу вдувания порошка в плазменную струю используются те же порошки, что и при наплавке по слою порошка. Качество наплавки при этом остается хорошим.

Плазменная наплавка с применением присадочных материалов в виде порошковых сплавов обеспечивает высокое качество наплавленного металла. Так, наплавленный порошком ЛП8 металл по химическому составу

соответствует кобальтовому стеллиту. Порошки ПГ-У30Х28Н4С4 и ЛПЗ предназначены для наплавки деталей, работающих в условиях абразивного износа. При наплавке сплавов на основе кобальта с добавками хрома (21...32 %), вольфрама (4...17 %), углерода, кремния, марганца, железа, никеля обеспечивается твердость наплавленного слоя HRC 32...52, на основе никеля - HRC 34...54, на основе железа – HRC 55...63.

Микроплазменное напыление с использованием проволочных материалов. Одним из видов плазменно-дугового напыления (наплавки) является метод получения покрытий с использованием проволок в качестве присадочного материала. До настоящего времени такое напыление осуществлялось плазмотронами достаточно большой мощности. Например, в установке УПУ-8М плазмотрон мощностью 40 кВт проводит напыление из проволочных материалов диаметром 0,8...1,2 мм. При этом на деталях с толщиной стенок 1 мм возникает опасность местного перегрева и коробления изделия. Необходимость плазменного напыления на узкие ребра или дорожки ведет к большим потерям напыляемого материала (диаметр пятна напыления обычно составляет 15...30 мм). Анализируя существующие установки и теоретическую оценку возможности распыления проволоки микроплазменной струей, ученые ИЭС им. Е.О. Патона разработали приставку к плазмотрону для микроплазменного напыления, позволяющую проводить процесс с применением проволочных материалов. Приставка была использована в комплекте с существующей установкой МПН-004, предназначенной для напыления покрытий из порошковых материалов. Она включает источник питания с панелью управления, плазмотрон и специальное устройство для подачи порошка. Конструкция и параметры работы плазмотрона обеспечивают формирование ламинарной плазменной струи, что обуславливает ряд особенностей процесса:

1. Возможность уменьшения размера пятна напыления до 1...5 мм;
2. Возможность нанесения покрытий на изделия малых размеров с тонкими стенками без излишнего локального перегрева и коробления;
3. Низкий уровень звука ламинарной плазменной струи (всего 30...50 дБ).

Отличительной особенностью этой установки является наличие компактного механизма подачи проволоки в межэлектродный участок плазменной струи. Проволока подается приводом постоянного тока при помощи фрикционных роликов. Подающий механизм имеет ступенчатую (за счет сменных роликов) и плавную (за счет изменения числа оборотов на валу электродвигателя) регулировки скорости подачи проволоки.

3.5 Наплавка токами высокой частоты (индукционная)

Сущность метода индукционной наплавки заключается в нанесении на поверхность детали слоя специального материала с дальнейшим его расплавлением путём индукционного нагрева для восстановления первоначальной формы детали или придания поверхности особых свойств (рис. 3.21). Наплавленный слой отличается особой прочностью, что обеспечивает повышение износостойкости наплавляемых элементов, а, следовательно, увеличивает их долговечность.

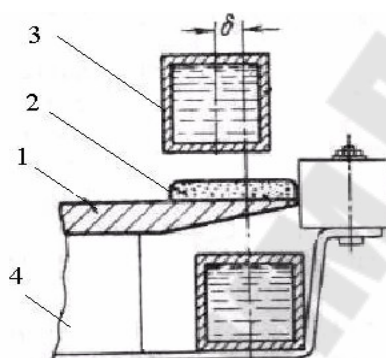


Рис. 3.21 - Схема расположения наплавляемой детали в индукторе:
1 – деталь; 2 – слой шихты; 3 – индуктор; 4 – опорное приспособление

Полученные этим способом биметаллические изделия позволяют экономить дорогостоящие материалы, управлять такими свойствами, как коэффициент трения, существенно снижать себестоимость и повышать долговечность деталей и узлов.

Наплавка может быть одновременной или непрерывно-последовательной. Последняя может выполняться на достаточно больших площадях поверхности при сравнительно небольшой мощности в индукторе.

Индукционная наплавка может осуществляться на детали, имеющие плоскую поверхность, наружную или внутреннюю цилиндрические поверхности. Наплавляемый металл может удерживаться на плоских поверхностях или имеющих малую кривизну за счет сил поверхностного натяжения, а при наплавке цилиндрических поверхностей с вращением деталей – за счет центробежных сил. Для удержания расплава на плоских поверхностях могут использоваться технологические буртики или специальные формующие холодильники. Для повышения производительности процесса и уменьшения расхода электроэнергии используются сплавы с более низкой температурой плавления, а также шихта

с улучшенной теплопроводностью, увеличенной объемной массой и уменьшенным количеством флюса.

Детали, восстанавливаемые и упрочняемые индукционной наплавкой.

Восстановленные и упрочненные методом индукционной наплавки детали служат в 3...10 раз дольше новых, не упрочненных деталей.

Индукционная наплавка применяется для упрочнения и восстановления деталей:

1. Железнодорожной техники;
2. Горнодобывающего оборудования;
3. Строительной техники;
4. Дорожно-ремонтной техники;
5. Автомобилей и тракторов;
6. Сельскохозяйственной техники.

К ним относятся такие изделия: долото лемеха, лапа культиватора, хвостовик автосцепки, замок автосцепки, центрирующая балка, хомут тяговый, плита опорная и т. д.

Технология индукционной наплавки.

Технологический процесс индукционной наплавки складывается из следующих операций:

1. Подготовка наплавляемой поверхности детали. Очистка от загрязнений и ржавчины;
2. Нанесение шихты на упрочняемую поверхность для получения необходимой толщины износостойкого сплава с учетом требований эксплуатации;
3. Подача детали в индуктор и расплавление шихты на всей наплавляемой поверхности;
4. Удаление детали из индуктора и передача на участок термической обработки.

При разработке оптимального процесса упрочнения деталей машин необходимо учитывать влияние технологических факторов на качество наплавленного слоя. Основным условием получения качественного слоя наплавленного металла является одновременное расплавление шихты на всей упрочняемой поверхности. С уменьшением толщины основного металла продолжительность наплавки резко увеличивается. Это объясняется снижением коэффициента полезного действия нагрева вследствие уменьшения объема металла, разогреваемого индуктором.

В условиях массового производства неизбежны колебания толщины восстанавливаемых изделий вследствие разной величины их износа. Эта разница может достигать 25...40 % от номинальной толщины кромки.

Сужение этого допуска представляет значительные технические трудности и требует либо предварительной механической обработки наплавляемой поверхности, либо пластической деформации в горячем состоянии.

Решающее влияние на стабильность наплавленного слоя по толщине оказывает равномерность слоя нанесенной шихты. При использовании ручных приспособлений для нанесения шихты на наплавляемую поверхность толщина слоя насыпки колеблется в пределах $\pm 20\%$ от номинальной, что не гарантирует получения равномерной толщины наплавленного слоя. Установлено, что по мере увеличения толщины слоя шихты увеличивается продолжительность наплавки детали.

В процессе индукционной наплавки рабочие органы подвергаются местному нагреву до высоких температур, что вызывает термические деформации детали. Величина и характер деформации зависят от общей жесткости детали, формы поверхности, метода нагрева, глубины фрезерования в период подготовки поверхности.

Наибольшей деформации во время наплавки подвергаются длинномерные детали, например, режущие органы сельхозтехники: лемех рыхлителя, нож измельчающего аппарата силосоуборочного комбайна и др. С целью получения детали, соответствующей чертежу, эти заготовки перед наплавкой выгибают в обратную сторону на величину, равную деформации детали от термического воздействия, которую заранее рассчитывают или определяют эмпирическим путем.

При разработке и внедрении технологического процесса наплавки необходимо обеспечить стабильные геометрические размеры поверхности, достигнуть точности дозирования шихты по толщине не ниже $\pm 5\%$ номинальной толщины слоя шихты, обеспечить стабильную горизонтальную установку упрочняемой плоскости в индукторе, стремиться к использованию сплавов, вязких в интервале наплавочных температур.

Нормализация не является совершенно необходимой операцией после индукционной наплавки. Если в эксплуатации деталь не испытывает динамических нагрузок и можно не опасаться хрупкого разрушения, то термическая обработка после наплавки не производится. Это в первую очередь относится к малоуглеродистой стали (Ст3, 20). Для более ответственных деталей, изготавливаемых из среднеуглеродистых сталей и испытывающих при эксплуатации ударные нагрузки, например, лапы культиваторов, нормализация после наплавки обязательна. В ряде случаев нормализация может быть совмещена с другими операциями, например, с нагревом под гибку, если таковой применяется при придании деталям окончательной формы.

Технология индукционной наплавки опорной плиты. Для наплавки используется шихта, представляющая механическую смесь порошков твердого сплава ПС-5 и флюса, содержащего борный ангидрид, буру и силикокальций. Флюс, входящий в состав шихты, удаляет окисную пленку с основного металла, раскисляет наплавляемый металл и выполняет защитные функции, предотвращая взаимодействие расплавленного металла с кислородом воздуха и задерживая теплоотдачу в окружающую среду. Шихта наносится на наплавляемые участки поверхности детали полуавтоматическим дозатором слоем определенной толщины, которая зависит от требуемой толщины наплавленного слоя. Затем деталь с нанесенным слоем шихты вводят в специальный индуктор, питаемый от высокочастотной установки (рис. 3.22). Для удобства транспортировки деталей к наплавочным установкам шихта предварительно спекается в газовой печи при температуре около 600 °С.



Рис. 3.22 - Наплавка опорной плиты петлевым индуктором: 1 – изделие; 2 – слой шихты; 3 – петлевой индуктор; 4 – наплавленный слой; 5 – высокочастотный генератор

Источником питания, как правило, служат высокочастотные генераторы с частотой 70...150 кГц. При прохождении тока высокой частоты через контур индуктора в поверхностных слоях основного металла индуцируются токи, и наружный слой металла быстро разогревается. Слой шихты, расположенный между индуктором и нагреваемой поверхностью, в связи с высоким сопротивлением металлического порошка слабо реагирует на воздействие переменного электромагнитного поля. Шихта нагревается главным образом за счет теплопередачи от основного металла. В связи с этим температура плавления шихты должна быть ниже температуры начала плавления основного металла, а скорость подвода тепла к нагреваемой поверхности должна быть значительно больше скорости его отвода в глубь изделия и потерь в окружающую среду.

Наплавленные детали подвергаются нормализации посредством индукционного нагрева до температуры 800...830 °С для снятия внутренних напряжений и улучшения структуры основного металла.

Индуктор нагревательный – электромагнитное устройство, предназначенное для индукционного нагрева. Индуктор состоит из двух основных частей: индуктирующего провода, с помощью которого создается переменное магнитное поле, и токоподводов для подключения индуктирующего провода к источнику электрической энергии (рис. 3.23).

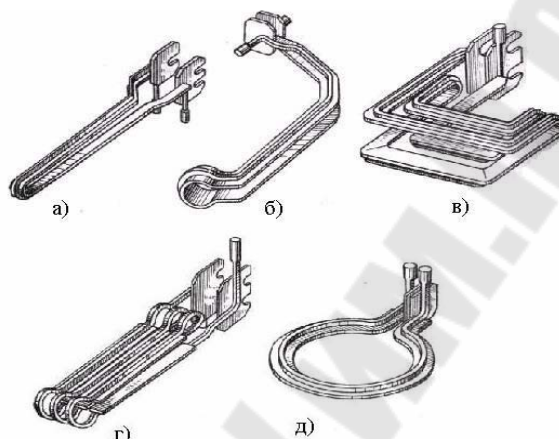


Рис. 3.23 - Индукторы для наплавки различных деталей машин: а – петлевой для наплавки лап культиваторов; б – для наплавки плужных лемехов; в – проходной для наплавки долотообразных лемехов; г – трехвитковый для наплавки крыльчаток пескометов; д – для одновременной центробежной наплавки режущих кромок сферических дисков-луцильников

Проводящее электрический ток тело, помещенное в магнитное переменное поле, нагревается вследствие теплового действия вихревых токов, наводимых в участках изделия, непосредственно охватываемых индуктирующим проводом. В основном все типы индукторов могут быть разделены на два вида: одновременного и непрерывно-последовательного нагрева. В первом случае площадь индуктирующего провода примерно равна площади нагреваемой поверхности, что позволяет одновременно нагревать все её участки. При втором способе нагреваемое изделие перемещают относительно индуктирующего провода, последовательно нагревая участки поверхности изделия.

3.6 Наплавка трением. Электроконтактная наварка

Сущность процесса наплавки металлов трением заключается в плавлении наносимого металла теплотой, выделяемой при трении инструмента, или самого наплавляемого металла о деталь с последующим соединением его с деталью при определенном усилии. Трение обеспечивается вращением наплавляемой детали или инструмента относительно массы наносимого металла или сплава. Основным условием для обеспечения плавления наносимого металла или сплава является изготовление наплавляемой заготовки или инструмента (с помощью которых осуществляется трение) из материалов с более высокой температурой плавления по сравнению с температурой плавления наносимого материала. Во избежание «прихватывания» наплавляемого металла к рабочей поверхности инструмента или формообразующей детали приспособления их изготавливают из особых материалов.

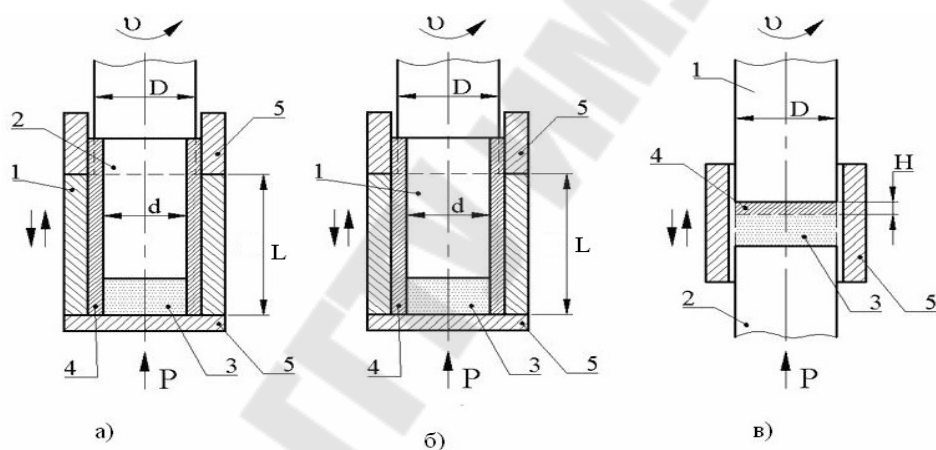


Рис. 3.24 - Принципиальные схемы процесса наплавки трением: а – на внутреннюю; б – на наружную; в – на торцовую поверхности; 1 – деталь; 2 – инструмент; 3 – наплавляемый металл до наплавки; 4 – наплавленный металл; 5 – приспособление

При наплавке металла на торцовую поверхность детали во внутреннюю полость приспособления 5 (рис. 3.24) помещают необходимое количество стружки 3, после чего в него вводят деталь 1. За счет продольного перемещения пуансона 2 наплавляемый металл предварительно уплотняется с образованием брикета соответствующей плотности. Наплавка происходит при вращении детали 1 и одновременном продольном перемещении пуансона 2 для создания рабочего давления на поверхности трения детали. В результате интенсивного тепловыделения от трения брикет расплавляется и, находясь в закрытом пространстве приспособления, наплавляется на торцовую поверхность детали. По достижении инструментом 2 крайнего положения, соответствующего заданному размеру H наносимого слоя

металла, вращение детали прекращается, и наплавленный металл 4 кристаллизуется на ее поверхности в условиях всестороннего сжатия, обеспечивающих получение металлического соединения высокой прочности и высокую плотность наплавленного металла. После окончания кристаллизации инструмент отводится в исходное положение, приспособление раскрывается, и наплавленная деталь извлекается. При наплавке металла или сплава на наружную поверхность цилиндрической детали 1 (рис. 3.24, б) инструмент отсутствует, предварительное уплотнение стружки наносимого металла и создание рабочего давления на поверхность трения обеспечиваются продольным перемещением приспособления 5. Металл плавится трением торцовых и боковых поверхностей детали 1 о брикет, вытесняется из полости 3 и располагается на боковой поверхности детали слоем заданной толщины. В крайнем положении, соответствующем вытеснению всего металла, вращение детали и продольное перемещение приспособления прекращаются, и расплавленный металл 4 кристаллизуется на поверхности слоем заданной длины L .

При наплавке металла на внутреннюю боковую поверхность деталь 1 (рис. 3.24, а) закрепляют в приспособлении 5, обеспечивающем создание закрытого пространства достаточных размеров для помещения стружки.

Наплавка выполняется вращением инструмента 2 и продольным перемещением приспособления. В крайнем верхнем положении приспособления весь расплавленный металл располагается на наплавляемой поверхности слоем определенного размера; затем инструмент, не прекращая его вращения, извлекают из приспособления.

Преимущества и недостатки наплавки металлов трением.

Наплавка трением отличается от других методов наплавки полезным использованием теплового эффекта трения, отсутствием расплавления основного металла и перегрева наплавляемого металла. При этом отсутствует их перемешивание. Важной особенностью процесса наплавки трением является образование металлического соединения между твердым и жидким металлами в условиях всестороннего сжатия, что обеспечивает плотность наплавленного металла.

Преимущества процесса:

1. Стабильность химического состава и сохранение исходных механических свойств в наплавленном слое;
2. Получение надежного соединения, основного и наплавленного металлов;
3. Возможность наплавки комбинированной шихтой для получения заданных свойств наплавленного слоя;

4. Возможность эффективного использования отходов механической обработки;

5. Высокая экономичность процесса.

К недостаткам процесса относятся:

1. Невозможность нанесения металлов более тугоплавких, чем основной металл;

2. Ограниченные размеры наплавляемых поверхностей;

3. Необходимость изготовления специальных приспособлений или сменных вкладышей к ним для наплавки деталей каждого типа.

Процесс наплавки трением целесообразно применять для ремонта изношенных и изготовления биметаллических деталей, а также для поверхностного упрочнения деталей.

Особенно эффективен этот процесс для ремонта деталей типа втулок.

В настоящее время большинство резьбовых и шпиндельных гаек, золотников и клапанов нефтяной арматуры, подвижных и антифрикционных колец ремонтируются таким способом. В качестве наплавочных материалов могут использоваться алюминиевые сплавы (АЛ-1), медь (М-0, М-1), различные бронзы (БрОФ-10-1; БрАЖ9-4; БрАЖМц 10-3-1,5), латуни (ЛК80-3, ЛС59-1, Л-62), а также ковкий чугун, белый чугун и сплав Сормайт-1.

Технология ремонта изношенных деталей наплавкой трением.

Технологический процесс ремонта изношенной или изготовления биметаллической детали наплавкой трением состоит из следующих этапов:

1. Подготовка детали к наплавке;

2. Подготовка наплавляемого металла или сплава;

3. Предварительное уплотнение наплавляемого металла или сплава;

4. Наплавка трением;

5. Контроль качества наплавки;

6. Окончательная механическая обработка наплавленной детали. После наплавки деталь помещают в ящик с песком для медленного остывания.

Качество соединения детали с наплавленным слоем и отсутствие дефектов проверяются визуально и простукиванием детали медным молотком. Проводятся также выборочные механические испытания наплавленных деталей для определения прочности соединения основного металла с наплавленным. Необходимые размеры и качество поверхности в соответствии с рабочим чертежом получают механической обработкой (рис. 3.25).



Рис. 3.25 - Пример наплавленной детали – втулка. Основа – сталь 3, наплавленный слой – латунь ЛМцС58-2-2

Электроконтактная наварка (ЭКН) является одним из перспективных способов формирования на рабочих поверхностях деталей машин металлопокрытий со специальными эксплуатационными свойствами. Способ позволяет наплавливать материалы различной формы, с различными физико-механическими свойствами (стальные ленты, порошки, проволоки). Основные принципы процесса электроконтактной наварки проволокой были разработаны в 70-х годах XX века. Сущность способа заключается в следующем. Наплавочный ролик прижимает наплавляемый, навариваемый или напекаемый материал к детали и деформирует его, после чего наносимый материал нагревается разрядом тока. При ЭКН на деталь компактного материала (сплошной проволоки или ленты) идут такие же процессы термомеханической обработки металла и образования сварного соединения, как и при сварке давлением. Если применяется порошковый материал или паста, то процессы уплотнения и спекания порошка, а также его соединения с основой значительно ускоряются.

С помощью электроконтактной наварки восстанавливаются различные детали автомобилей и тракторов, имеющие цилиндрические поверхности: гильзы блока цилиндров ДВС, оси колес, балансиры внешние и внутренние, валы ведущих мостов, полуоси, оси опорных катков тракторов, валы коробок передач, валы муфт сцепления, опоры промежуточные, цапфы поворотные, кулаки поворотные, шкворни поворотных кулаков, рукава полуосей и т. п.

Электроконтактная наварка проволокой (лентой). Область применения – восстановление деталей с малыми износами (посадочные поверхности, шейки коленчатых валов и т. п.); толщина стальной ленты составляет 0,2...1,0 мм; порошковополимерной ленты – 0,5...2,0 мм.

Типовые размеры восстанавливаемых деталей: диаметр – 10...250 мм; длина – 50...1250 мм. Затраты на восстановление деталей методом электроконтактной наварки составляют 30...40 % от стоимости новых.

Процесс осуществляется следующим образом (рис. 3.26). Концы присадочных проволок (лент) 1 зажимаются между роликовыми электродами 2 и деталью 3, образуя электрическую цепь 4 вторичного контура сварочного трансформатора Тр. При пропускании во вторичном контуре импульсов сварочного тока I большой величины и малого напряжения происходит приварка проволоки (ленты) к поверхности детали.

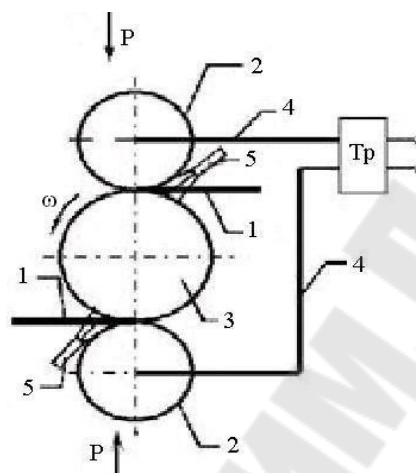
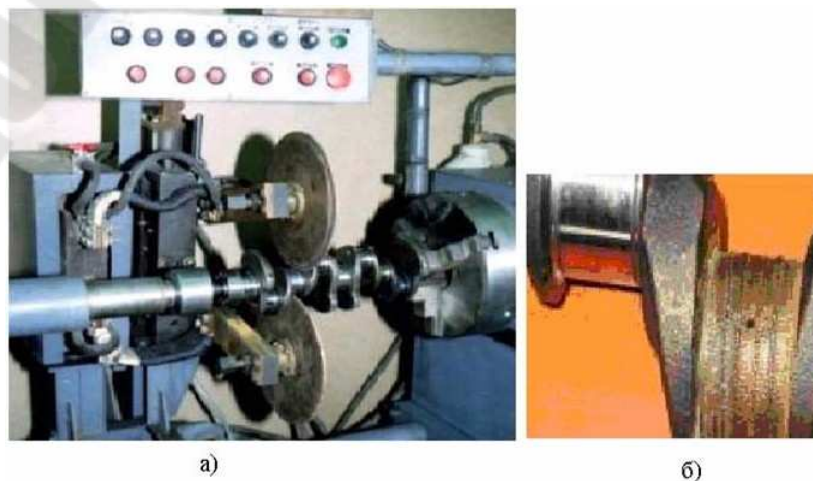


Рис. 3.26 - Схема электроконтактной наварки проволоки или ленты:
1 – проволока (лента); 2 – электродные ролики; 3 – деталь; 4 – вторичный контур сварочного трансформатора; 5 – подача охлаждающей жидкости

Сплошной валик наваренного металла образуется при вращении детали с угловой скоростью так, чтобы единичные объемы наваренного металла перекрывали друг друга. Восстановление всей поверхности осуществляется наваркой по винтовой линии за счет продольной подачи роликовых электродов. Толщина слоя зависит от количества проходов. Подача в зону наварки охлаждающей воды 5 приводит к закалке углеродистого наваренного металла и предотвращает перегрев всей детали. Процесс электроконтактной наварки шейки коленчатого вала представлен на рис. 3.27.



а)

б)

Рис. 3.27 - Процесс электроконтактной наварки шейки коленчатого вала:

а – установка для наварки; б – наваренная шатунная шейка

Свойства наваренного металла определяются в первую очередь химическим составом присадочной проволоки (ленты). С увеличением содержания углерода возрастает твердость наваренного металла и, следовательно, его износостойкость. Наличие других легирующих элементов, например, хрома, не ухудшает свариваемости. Это дает возможность наварки слоев со специальными свойствами. Наваренный металл характеризуется отсутствием неблагоприятной литой структуры, что имеет место при дуговой наплавке. Отсутствуют также такие характерные дефекты, как поры и трещины. Структура наваренного металла неоднородна – закаленные участки чередуются с частично отпущенными зонами. Эта структура характерна для многих импульсных технологий и объясняется особенностями их термических циклов. Такой вид структуры не оказывает негативное воздействие на износостойкость восстановленной поверхности.

Последовательность технологических операций при проведении горячей сварки газовым пламенем

Первое – подготовить детали к сварке. Для этого надо очистить поверхность пламенем горелки или металлическим скребком (щеткой), а если потребуется, то и зубилом. Кромки надо разделить под углом 70° .

Второе – подогреть детали. Мелкие детали подогревать до температуры $300...400^\circ\text{C}$, а крупногабаритные до $500...600^\circ\text{C}$.

Третье – установить деталь в зоне действия вытяжной вентиляции с расположением дефекта в нижнем положении и горизонтальной плоскости (продолжительность перерыва между окончанием подогрева и началом сварки для небольших отливок несложной конфигурации не должна превышать $3...5$ мин во избежание охлаждения детали ниже 400°C).

Четвертое – нагреть свариваемую поверхность газовым пламенем горелки с последующей обработкой флюсом. Для этого отрегулировать нормальное пламя удельной мощности $100...120$ л/ч на 1 мм толщины металла и восстановительной его частью (на расстоянии $2...3$ мм от ядра пламени) равномерно прогреть кромки дефекта до расплавления с одновременным нанесением флюса и равномерным распределением его по поверхности дефекта с помощью присадочного прутка.

Пятое – заполнить дефектный участок расплавленным присадочным металлом. Для этого расплавить прутки наиболее горячей частью пламени, добавляя периодически флюс на кончике присадочного прутка. Сварку вести

ванном способом (отдельными сварочными ваннами длиной 20...50 мм каждая) с поддержанием металла в жидком состоянии до полного заполнения дефекта присадочным металлом. При заварке краевых дефектов поддерживать ванну в полужидком состоянии (для исключения стекания металла) за счет периодического отведения пламени от места дефекта для охлаждения ванны и изменения угла наклона горелки к поверхности изделия с 80 до 10°. Удалять неметаллические включения из ванны в процессе сварки с помощью флюсования жидкого металла и интенсивного его перемешивания присадочным прутом.

Шестое – закончить процесс сварки, медленно отводя сварочную горелку от поверхности ванны на 50...60 мм, и при этом подогревать наплавленный металл пламенем в течение 0,5...1,5 мин. Затем накрыть деталь листовым асбестом для замедленного охлаждения металла шва.

Седьмое – осуществить термообработку. Детали нагреть до температуры 500...600 °С с последующим медленным охлаждением вместе с печью.

3.8 Газовая сварка и наплавка стальных деталей. Заварка трещин

Для газопламенной обработки металлов применяют различные горючие газы и жидкости. При их сжигании в смеси с воздухом температура пламени обычно не превышает 1800...2000 °С. При газовой сварке большинства металлов требуется, чтобы температура газосварочного пламени была не ниже 3000 °С. Для повышения температуры пламени горючих газов их сжигание производится в смеси с технически чистым кислородом.

В качестве горючих газов в основном используют ацетилен (C_2H_2) и пропан (C_3H_8). От того, какой горючий газ и в какой пропорции он будет смешан с кислородом, зависят характер пламени, его температура и свойства. Различают три вида пламени.

1. Нормальное пламя – не вызывает окисления или насыщения углеродом металла и способствует раскислению металла. Пламя состоит из ядра 1, восстановительной или рабочей зоны 2 и факела 3 (рис. 3.28). Ядро пламени – ярко светящаяся часть, состоящая из смеси кислорода с ацетиленом, начинающим гореть. Плавление металла ядром пламени недопустимо, потому что в составе ядра имеются кислород и свободный углерод, которые будут переходить в металл, окисляя его и насыщая углеродом. Восстановительная или рабочая зона представляет собой прозрачный ободок вокруг ядра и состоит из смеси продуктов частичного

сгорания газа. Продукты частичного сгорания газа являются восстановителями по отношению к окислам большинства металлов. В связи с этим зона, называемая восстановительной, является и рабочей зоной. Она же обладает наивысшей температурой из всех участков пламени, и ею производят плавление металла. В факеле пламени происходит полное догорание горючего газа за счет кислорода, поступающего из воздуха. Нагревать металл при сварке факелом пламени недопустимо в связи с окислением металла, а также из-за низкой температуры факела пламени.

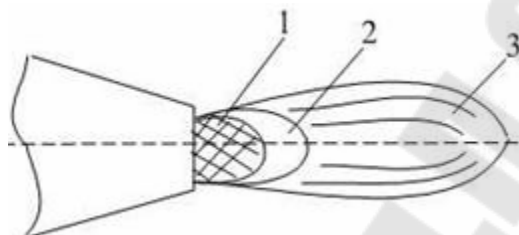


Рис. 3.28 - Схема газового пламени: 1 – ядро пламени; 2 – рабочая зона; 3 – факел

2. Окислительное пламя – получается при избытке кислорода в смеси. Оно вызывает окисление металла. Окислительное пламя отличается укороченным ядром синеватого цвета, имеющим остrokонечную форму, укороченным факелом, рабочая зона почти не заметна.

3. Науглероживающее пламя – получается при избытке ацетилена в газовой смеси. При плавлении стали таким пламенем углерод

из продуктов пламени переходит в металл. Науглероженный металл обладает повышенной твердостью и хрупкостью. Пламя отличается увеличенными размерами факела и ядра. Рабочая зона размыта и практически незаметна. В технике газопламенной обработки металлов обычно применяется нормальное пламя, но иногда рекомендуется слегка науглероживающее или слегка окислительное пламя.

При заварке трещин необходимо предварительно на их концах просверлить отверстия сверлом диаметром 5...8 мм (рис. 3.29), для того чтобы при нагреве трещина не распространялась дальше (в деталях из малоуглеродистой стали концы трещин можно не сверлить). Конец трещины легко обнаруживается при снятии зубилом тонкой стружки. Если стружка не раздваивается, то это указывает на то, что трещины в данном месте нет.

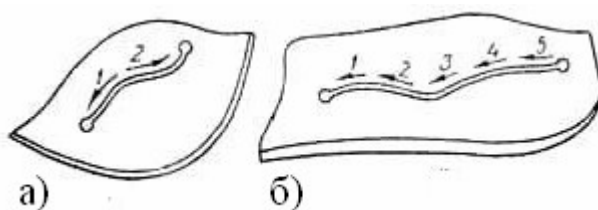


Рис. 3.29 - Схема заварки коротких (а) и длинных (б) трещин

При толщине металла более 5...6 мм трещину разделяют в зависимости от толщины с одной или двух сторон. Трещина заваривается от середины к краям. Если трещина имеет длину более 500 мм, то сварку целесообразно вести обратноступенчатым способом участками длиной 150...200 мм (рис. 3.29, б). Кромки трещины перед сваркой должны быть зачищены до металлического блеска.

Приемы заварки трещины зависят от конфигурации детали и ее характера. Трещины длиной до 200 мм можно сваривать без прихваток. При длинных трещинах требуется простановка прихваток, чтобы при сварке не уменьшался зазор между кромками разделанной трещины. Иногда прихватки заменяют расклиниванием. Для этого в трещину посередине загоняют клин (рис. 3.30), вследствие чего она раздается. Трещину заваривают от каждого конца к клину. После этого клин выбивают и заваривают оставшийся участок. Если трещина выходит на край кромки детали, то сварку начинают от точки 1 и ведут к точке 2 (рис. 3.31). Затем заваривают оставшийся участок 2–3 от точки 3 к точке 2. Расстояние между точками 2 и 3 должно быть равно примерно $1/3$ общей длины трещины.

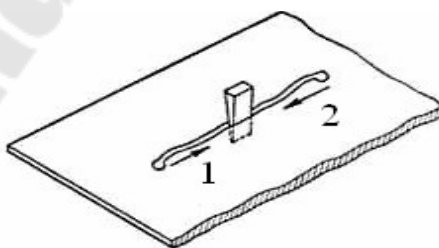


Рис. 3.30 - Схема заварки трещины с расклиниванием

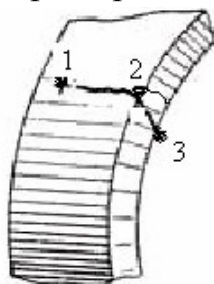


Рис. 3.31 - Схема заварки трещины на крыле автомобиля

При заварке трещин на изделиях с малой толщиной листа (0,8...1,2 мм) колебательных движений горелкой и проволокой не делают.

Вварка заплат. При постановке заплат необходимо, чтобы материал заплаты соответствовал основному металлу по толщине и марке стали; углы отверстия и заплаты должны быть закруглены, так как при вварке заплат с острыми углами возникают трещины, начинающиеся от углов.

В основном металле и в заплате делают требуемый скос кромок. Размер заплаты берется таким, чтобы получить соответствующий зазор.

Кромки очищаются от ржавчины и грязи. После пригонки заплаты закрепляется прихватками через каждые 200...250 мм. Сварка производится в порядке, указанном на рис. 3.32. Заплате придают выпуклую форму. Во время сварки такая заплата будет свободно деформироваться. После сварки нагретую заплату ударами молотка выправляют. Это предупреждает образование трещин от усадки при остывании металла шва.

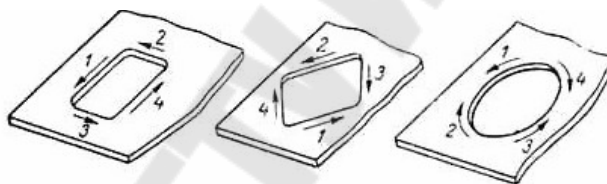


Рис. 3.32 - Схема вварки заплат

3.9 Вибродуговая наплавка

Этот способ обычно используется для наплавки деталей типа тел вращения диаметром 8...10 мм и более. Сущность метода заключается в том, что основной и электродный металл нагревается до расплавления теплотой, которая выделяется в результате возникновения периодически повторяющихся электрических разрядов, т.е. прерывисто горячей электрической дуги. Наплавленный слой образуется в процессе кристаллизации расплавленных основного и электродного металлов. Малая длительность и прерывистость горения электрической дуги обусловлены вибрациями электродной проволоки, которые создаются с помощью электромагнитных или механических вибраторов.

Вибродуговая наплавка — разновидность механизированной дуговой наплавки плавящимся металлическим электродом. Процесс наплавки

осуществляется при вибрации электрода с подачей охлаждающей жидкости на наплавленную поверхность (рис. 3.33).

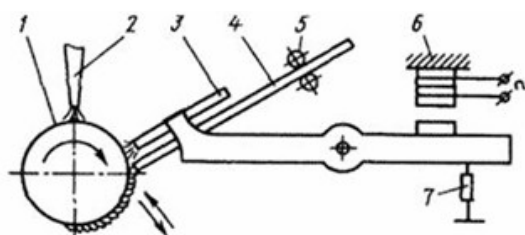


Рис. 3.33 - Схема вибродуговой наплавки: 1 – наплаваемое изделие; 2 – сопло для подачи, охлаждающей изделие жидкости; 3 – сопло для подачи жидкости в зону сварки; 4 – электродная проволока; 5 – подающие ролики; 6 – электромагнитный вибратор; 7 – пружина

Вибродуговая наплавка отличается тремя особенностями:

1. В цепь нагрузки источника питания включена индуктивность L ;
2. Напряжение источника питания недостаточно для поддержания непрерывного дугового разряда;
3. Электродная проволока совершает колебания относительно детали с частотой 50...100 Гц и амплитудой 1...3 мм с периодическим касанием наплаваемой поверхности.

Весь процесс наплавки состоит из весьма коротких и непрерывно повторяющихся циклов, каждый из которых можно разбить на три части: короткое замыкание цепи, разрыв этой цепи и холостой ход. При коротком замыкании напряжение в сварочной цепи падает до нуля, а ток быстро возрастает.

Далее наступает разрыв цепи, при котором возможно кратковременное возникновение микродуги. При частоте тока вибратора 50 Гц продолжительность одного цикла составляет 0,01 секунды. Из этого времени 65 % приходится на холостой ход. Следовательно, КПД – весьма низкий.

Во время короткого замыкания цепи через место контакта проходит ток плотностью до 400 А/мм^2 . Вследствие этого металл в месте контакта нагревается до высокой температуры. Далее торец электродной проволоки отрывается вибратором от наплаваемой детали, оставляя на ней часть металла электрода. Возникающая затем электрическая дуга расплавляет этот металл. В это время расстояние между торцом электродной проволоки и наплаваемой деталью увеличивается, электрическая дуга гаснет и наступает период холодного хода. Частым повторением таких циклов наращивается металл наплаваемого валика.

Введение индуктивности в цепь дуги обеспечивает накопление электрической энергии в индуктивности во время разомкнутого состояния цепи, сдвиг фаз тока и напряжения, поэтому переход тока через нуль происходит при наличии напряжения источника питания и возникновении электродвижущей силы самоиндукции, которая совпадает по направлению с напряжением источника питания. Это обеспечивает повторное возникновение дугового разряда после разрыва сварочной цепи и устойчивое горение дуги.

Вибродуговую наплавку выполняют вибрирующим электродом диаметром 1,5...2 мм. При каждом коротком замыкании часть наплавляемого электрода остается на поверхности. Толщина слоя получается небольшой. Так как в зону наплавки все время подаются охлаждающая жидкость (обычно водный раствор кальцинированной соды) или потоки воздуха, изделие прогревается и деформируется очень мало. Ускоренное охлаждение способствует повышению твердости наплавленного металла. Наиболее часто этот способ применяют при наплавке цилиндрических изделий небольшого диаметра (рис. 3.34). Выполняют вибродуговую наплавку и под слоем флюса.

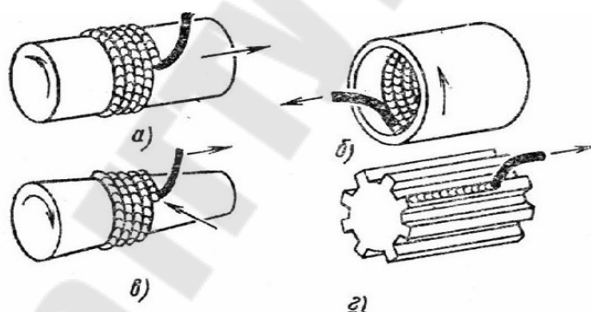


Рис. 3.34 Схемы вибродуговой наплавки изделий различной формы:
а – цилиндрической; б – внутренней поверхности трубы; в – конической;
г – шестерни

Вибродуговая наплавка под слоем флюса имеет ряд преимуществ: дает возможность наплавлять металл только на изношенную часть, что уменьшает трудоемкость последующей механической обработки; позволяет получать наплавленный слой без пор и трещин; деформация детали минимальная и не превышает полей допусков посадочных мест; минимальная зона термического влияния.

Для комбинированной наплавки под слоем флюса вибрирующим электродом можно применять головки ОКС-1252 и ОКС-6569. При использовании электродной проволоки марки Нп-80 и флюса АН-348А твердость наплавленного слоя составляет 36...38 HRC. Для увеличения

твердости наплавленного слоя до 52...54 HRC к флюсу АН-348А добавляют по 2 % феррохрома и серебристого графита.

Аппараты для автоматической вибродуговой наплавки (автоматические вибродуговые аппараты) являются основной частью наплавочных вибродуговых установок и служат для подачи к месту наплавки электродной проволоки и вибрации конца проволоки с заданной частотой и амплитудой.

Степень совершенства аппаратов для вибродуговой наплавки в значительной мере определяется конструкцией их колебательной системы, особенно видом привода системы, который может быть электромагнитным, электромоторным или пневматическим. Наиболее распространены вибродуговые аппараты с электромагнитными вибраторами. Они достаточно просты в устройстве, позволяют легко настраивать систему на заданный размах вибрации конца электродной проволоки и обеспечивают синусоидальную форму вибрации с частотой 100 Гц (при включении вибратора в стандартную сеть переменного тока с частотой 50 Гц) (рис. 3.35).

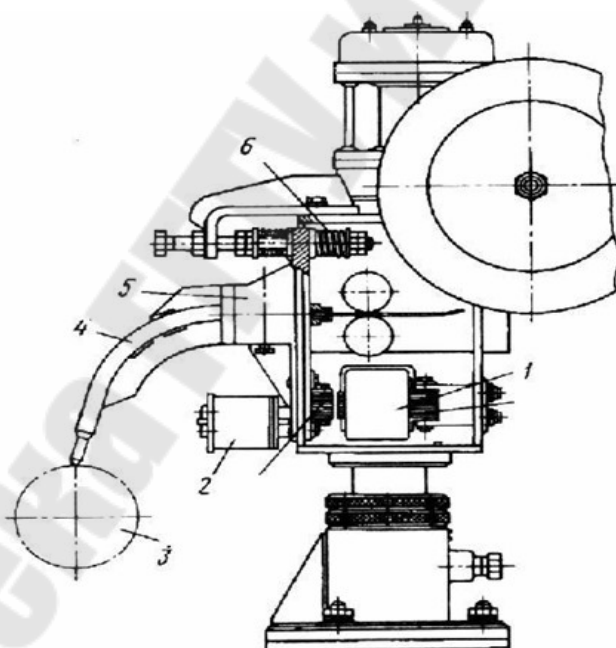


Рис. 3.35 - Схема вибродугового аппарата ВДГ-3: 1 – электромагнитный вибратор; 2 – гидравлический амортизатор; 3 – наплаиваемая деталь; 4 – хоботок; 5 – вибрирующий кронштейн; 6 – пружины

При необходимости наплавки деталей с различной частотой вибрации используют вибродуговые аппараты, снабженные колебательными системами с электромоторным приводом. В этом случае вибрация рычага, на котором закреплен хоботок, осуществляется с помощью вращающегося кулачка, поджатого пружиной к вибрирующему рычагу. Эксцентриситет кулачка определяет размах вибрации конца электродной проволоки, а

частота вращения кулачка – частоту вибрации. В аппаратах с такими колебательными системами предусмотрены наборы сменных кулачков и сравнительно простые способы изменения частоты их вращения.

Вибродуговые аппараты могут иметь верхний или боковой подвод электродной проволоки. Боковой подвод электрода применяют преимущественно для наплавки цилиндрических деталей. При этом вращение наплавляемой детали устанавливается таким, чтобы сварочная ванна располагалась над электродом. Жидкий металл ванны будет стремиться стечь вниз, растекаясь по ширине ванны, что приведет к образованию маловыпуклых, слегка уширенных валиков. При затекании жидкого металла под дугу уменьшается глубина проплавления основного металла, меньше разбавляется наплавленный слой металлом детали, что имеет важное значение при наплавке тонких слоев, особенно проволокой с повышенным содержанием углерода и легирующих элементов.

4 НАПЫЛЕНИЕ И МЕТАЛЛИЗАЦИЯ

4.1 Газопламенное и детонационное напыление

Источником тепла при данном способе напыления выступает ацетиленокислородное пламя, температура которого не превышает 3000 °С. В последнее время все шире стали применять заменители ацетилена: пропан, этилен, метан, водород. Газопламенный метод характеризуется относительной простотой применяемого оборудования, требует лишь наличия ацетилена и кислорода. Распыляемый материал, попадая в факел ацетиленокислородного пламени горелок, разогревается до температуры, близкой к температуре плавления, и разгоняется до скорости 20...30 м/с. При соударении с изделием разогретые частицы соединяются с поверхностью и между собой, образуя достаточно плотное и равномерное покрытие.

С помощью газопламенного метода можно проводить напыление полимерных материалов (пластмассы), металлических материалов (алюминий, бронза, баббит, никель и т. д.), а также тугоплавких керамических соединений (окись титана, окись алюминия и др.).

Достоинства газопламенного напыления.

1. Напылением можно наносить различные покрытия на изделия из самых разнообразных материалов.
2. Равномерное покрытие можно напылить как на большую площадь, так и на ограниченные участки больших изделий, тогда как нанесение покрытий погружением в расплав, электролитическое осаждение, диффузионное насыщение и другие методы могут быть использованы в основном для деталей, размеры которых не превышают рабочих объемов, используемых для этих целей ванн или нагревательных устройств.
3. Напыление является наиболее удобным и высокоэкономичным методом в случаях, когда необходимо нанести покрытие на часть большого изделия.
4. Напыление является наиболее эффективным способом в случаях, когда необходимо увеличить размеры детали на толщину не более 0,5...1 мм (восстановление и ремонт изношенных деталей).
5. Оборудование, на котором производят напыление, сравнительно простое и легкое, и его можно достаточно быстро перемещать. Для газопламенного напыления достаточно иметь компрессор, который можно также использовать для предварительной пескоструйной обработки поверхности основы, горелку для напыления и баллоны с газами.

6. Для напыления можно использовать различные металлы и сплавы, а также большое число соединений и их смеси. Можно напылять различные материалы в несколько слоев, что позволяет получать покрытия со специальными характеристиками.

7. Основа, на которую производится напыление, мало деформируется, тогда как при других методах нанесения покрытий необходимо нагревать до высокой температуры всю деталь или большую ее часть, что часто приводит к ее деформации.

8. Напыление можно использовать для изготовления деталей различной формы. В этом случае напыление производят на поверхность оправки, которую после окончания процесса удаляют: остается оболочка из напыленного материала.

9. Технологический процесс напыления обеспечивает высокую производительность нанесения покрытия и характеризуется относительно небольшой трудоемкостью.

Недостатки:

1. При нанесении покрытий на небольшие детали процесс напыления является неэкономичным из-за больших потерь напыляемого материала.

2. Для предварительной подготовки поверхности основы перед напылением широко применяют пескоструйную обработку кварцевым песком, корундом, стальной крошкой и другими материалами, которые загрязняют рабочий участок и ухудшают условия работы операторов, обслуживающих установку.

3. В процессе напыления частицы напыляемого материала могут разлетаться, а также образовывать различные соединения с воздухом, что вредно для здоровья работающих.

Газопламенное напыление в зависимости от состояния напыляемого материала может быть трех типов: проволочное, прутковое и порошковое. Кроме того, к газопламенному методу относится детонационное напыление, основанное на использовании энергии детонации смеси «кислород – горючий газ».

Проволочное и прутковое напыление. В обоих случаях напыляемый материал в виде проволоки или прутка подается через центральное отверстие горелки и расплавляется в пламени. Струя сжатого воздуха распыляет расплавленный материал на мелкие частицы, которые осаждаются на обрабатываемой поверхности. Подача проволоки производится с постоянной скоростью роликами, приводимыми в движение встроенной в горелку воздушной турбиной, работающей на сжатом воздухе, используемом для напыления, или электродвигателем через редукционный механизм. При этом

необходима точная регулировка скорости вращения турбины или электродвигателя.

При использовании воздушной турбины трудно производить точную регулировку скорости подачи проволоки, однако в этом случае горелка более компактна и имеет меньшие габариты. Поэтому воздушные турбины используют в горелках, которые предназначены для ручного напыления. Горелки с электрическим двигателем позволяют более точно регулировать подачу проволоки и поддерживать ее постоянную скорость. Однако такие горелки имеют значительную массу, поэтому их устанавливают в механизированных установках для напыления. Диаметр напыляемой проволоки обычно не превышает 3 мм. При напылении металлов с низкими температурами плавления (алюминий, цинк и т. д.) горелками с повышенной производительностью диаметр проволоки может составлять 5...7 мм.

Для распыления металлических проволок диаметром от 1,5 до 4,0 мм и гибких шнуровых материалов диаметром от 3,0 до 5,0 мм применяется многофункциональная установка газопламенного напыления «Техникорд ТОП-ЖЕТ/2» (рис. 4.1). С ее помощью можно наносить покрытия для защиты поверхности деталей от различных видов изнашивания, кавитации, коррозионного воздействия различных сред, а также ремонта изношенных деталей с одновременным улучшением эксплуатационных свойств поверхности.

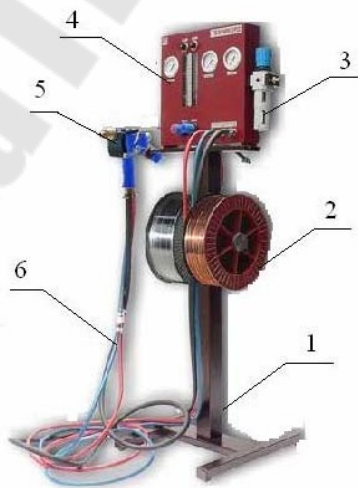


Рис. 4.1 - Установка газопламенного напыления «Техникорд ТОП-ЖЕТ/2»:

- 1 – стойка; 2 – катушка с проволокой; 3 – блок подготовки воздуха;
- 4 – пульт управления газами; 5 – горелка «ТОП-ЖЕТ/2»; 6 – шланги

Напыление порошкового материала. Напыляемый порошок поступает в горелку сверху из бункера через отверстие, разгоняется потоком

транспортирующего газа (смесь «кислород – горючий газ») и на выходе из сопла попадает в пламя, где происходит его нагревание. Увлекаемые струей горячего газа частицы порошка попадают на напыляемую поверхность. В порошковых горелках, как и в проволочных, подача напыляемого материала в пламя и разгон образующихся расплавленных частиц может производиться при помощи струи сжатого воздуха.

В большинстве случаев в качестве горючего газа используют ацетилен. Можно также применять пропан, водород. Для напыления пластмасс чаще применяют пропан.

К агрегатам, в которых напыляемый материал подают в виде порошка, относят газопламенную горелку типа Rototec-80 швейцарской фирмы Castolin-Eutectic (рис. 4.2).



Рис. 4.2 - Газопламенная горелка Rototec-80

Напыляемый материал с размером частиц до 100 мкм засыпают в специальную ёмкость конусообразной формы. Конструктивно газопламенная горелка выполнена таким образом, что при её работе ёмкость с порошком находится в верхней части от газового канала. Поэтому, кроме инъекции, значительную роль в равномерной подаче порошка в область нагрева играет сила гравитации. Горелка выполнена в переносном варианте. При распылении порошковых материалов с различными теплофизическими свойствами у горелок предусмотрено регулирование рабочей смеси газов, что позволяет получать качественные покрытия как из тугоплавких (Al_2O_3 и TiO_2), так и легкоплавких (бронза, баббит) материалов.

С помощью этой горелки можно осуществлять восстановление геометрических размеров посадочных мест крупногабаритных валов под подшипники качения и скольжения, коренных и шатунных шеек коленчатых валов ДВС, дизельных машин и компрессорных установок.

Технология газопламенного напыления. Технология проволочного газопламенного напыления, которую наиболее широко используют в промышленности, должна отвечать следующим требованиям.

Сжатый воздух, используемый для распыления расплавленной проволоки, должен быть сухим и не содержать масла. Давление сжатого воздуха должно быть не менее 0,4 МПа (4 физических атмосферы).

Перед напылением необходимо тщательно осмотреть поверхность. Если в результате осмотра установлено, что на ней имеются следы влаги, окисная пленка, окалина и другие загрязнения, необходима вторичная обдувка абразивными материалами. Первый слой покрытия напыляют в течение 4 часов после обдувки. Окончательное напыление покрытия до требуемой толщины должно быть проведено не более чем через 8 часов после предварительной обработки.

Зажигать горелку и выводить ее на рабочий режим необходимо вдали от напыляемой поверхности. Расстояние от горелки до поверхности детали обычно составляет 75...250 мм. Выбор величины этого расстояния зависит от напыляемого материала и диаметра проволоки, а также от свойств напыляемого покрытия. При очень малом расстоянии может возникнуть опасность коробления основы под действием термических напряжений. Когда же расстояние слишком большое, температура летящих частиц снижается, что приводит к образованию рыхлого покрытия и уменьшению прочности сцепления с основой, что может вызвать отделение покрытия от основы.

При порошковом напылении керамики расстояние от среза сопла горелки до основы составляет 150...200 мм, а в случае напыления пруткового материала это расстояние около 75 мм.

Наибольшая деформация напыляемых частиц при соударении с поверхностью основы происходит, если горелка установлена относительно нее под углом 90°. Когда невозможно обеспечить этот угол, покрытие получается с несколько худшими характеристиками. Допустимый угол наклона горелки, при котором можно наносить покрытие, составляет не менее 45°.

При напылении режим работы горелки, скорость перемещения и расстояние напыления должны поддерживаться постоянными. Обычно скорость перемещения горелки или основы при напылении на плоские поверхности составляет от 10 до 25 м/мин, а шаг перемещения горелки – 6...12 мм.

В случае перегрева поверхности основы при напылении происходит снижение прочности сцепления покрытия. Как правило, температура

поверхности напыляемой детали не должна превышать 260 °С. Для контроля температуры основы можно воспользоваться, например, термопарами, термокарандашами или термокрасками, которые наносят на деталь в непосредственной близости от места напыления. Для предотвращения перегрева при напылении обрабатываемую основу можно охлаждать воздухом.

При температуре напыляемой поверхности, близкой к 0 °С и ниже, проводить напыление не рекомендуется, так как покрытие может отслоиться. Для того чтобы покрытие не растрескалось, необходимо предварительно нагреть основу до температуры 100...120 °С. От способа предварительной обработки основы в значительной степени зависит толщина наносимого покрытия. Нарезка резьбы на напыляемой поверхности позволяет наносить более толстые покрытия по сравнению с подготовкой поверхности обдувкой абразивными материалами.

При механическом перемещении напыляемого изделия или горелки процесс напыления принимает более устойчивый характер и покрытие можно получить более однородным. Для напыления на валы часто используют токарные станки. Обычно в этих случаях горелку устанавливают на суппорте. После напыления на этом же станке, не вынимая детали, можно произвести ее обточку или шлифование. При напылении покрытий на большие партии изделий процесс напыления желательнее автоматизировать.

Покрытие, полученное после напыления, по своей структуре является в значительной степени пористым. Пористость его можно в некоторых случаях эффективно использовать. Заполнять поры можно путем нанесения на покрытие слоя краски, пропиткой покрытия специальными составами или проплавлением его, если оно получено из самофлюсующихся сплавов. Для улучшения механических свойств и термостойкости покрытия его можно подвергнуть также термической обработке. Однако наиболее широкое применение находят плотные покрытия.

Нанесение детонационных покрытий. Метод детонационного нанесения покрытий основан на высокоскоростном ударном взаимодействии нагретых до высоких температур частиц порошка напыленного материала с подложкой (рис. 4.3).

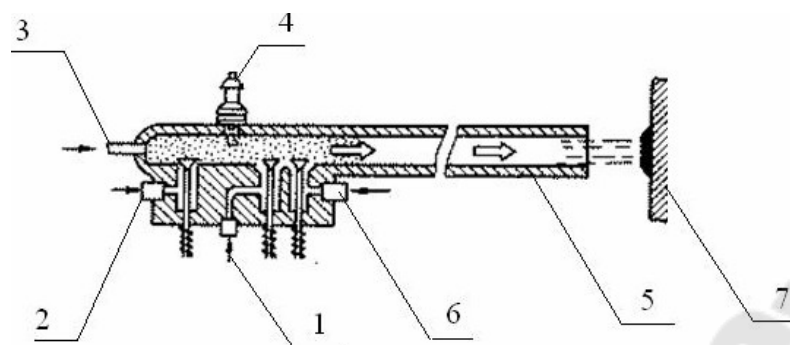


Рис. 4.3 - Схема детонационной установки с внутренним смесеобразованием:

- 1 – клапан подачи ацетилена; 2 – клапан подачи азота; 3 – канал подачи порошка; 4 – свеча зажигания; 5 – ствол пушки; 6 – клапан подачи кислорода;
7 – мишень

Детонационная установка с внутренними смесеобразователями представляет собой водоохлаждаемый ствол длиной 1...1,8 м с внутренним диаметром от 10 до 40 мм. В ствол подается смесь кислорода и ацетилена вместе с порцией порошка. Взрываема газова смесь воспламеняется при помощи электрического импульса, и детонационная волна перемещается по стволу, ускоряя и нагревая порошок. Частицы порошка ускоряются до скорости 500...1000 м/с и ударяются в деталь, образуя пятно напыленного покрытия. Затем ствол очищается азотом, и процесс повторяется. Процесс напыления осуществляется циклически (4...10 циклов в секунду). Детонационные покрытия обеспечивают повышение эксплуатационных свойств и ресурса работы узлов, машин и механизмов, восстанавливают изношенные детали (до 1 мм на сторону).

Материалы покрытий:

1. Металлы и их оксиды, карбиды, бориды, нитриды;
2. Твердые сплавы;
3. Композитные порошки.

4.2 Плазменное напыление

Наиболее перспективным методом нанесения защитных покрытий является плазменное напыление, при котором нагрев, плавление, диспергирование и перенос напыляемого материала осуществляются плазменной струей, полученной нагревом потока газа в электрическом дуговом разряде. Сжатие дуги в плазматроне обеспечивает повышение температуры плазменной струи до 10000...15000 К. Нагрев и расширение

газа позволяют получить скорость плазменной струи, приближающуюся к скорости звука, а в некоторых случаях превышающую ее. Высокие температура и скорость струи позволяют напылять покрытия из любых материалов: металлов и сплавов, керамических материалов, таких как оксиды, карбиды, бориды, нитриды, и композиционных материалов. В качестве плазмообразующих газов используют аргон, азот и их смеси с водородом и гелием. Энергетические параметры плазменной струи можно регулировать в широких пределах подбором газов, параметров дугового разряда, расходом газов, геометрией сопел и катодов (рис. 4.4).

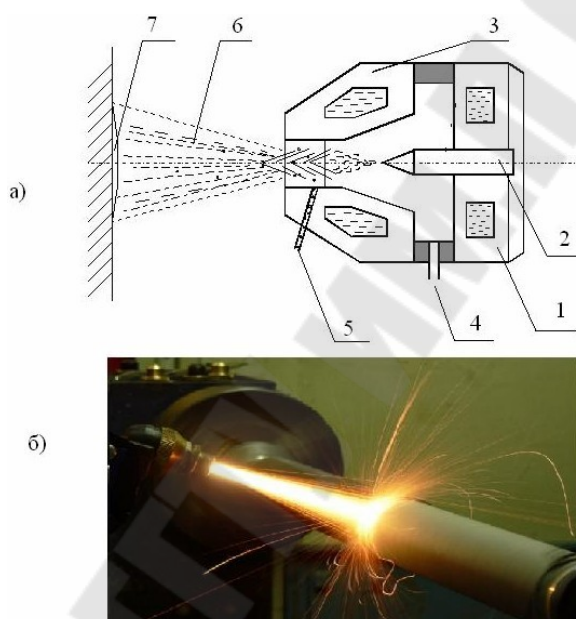


Рис. 4.4 - Схема (а) и реальный процесс (б) плазменно-порошкового напыления поверхностей деталей: 1 – корпус плазмотрона; 2 – вольфрамовый электрод;

3 – охлаждаемый анод; 4 – канал подачи газа; 5 – канал подачи порошка;
6 – плазменная струя; 7 – напыляемая поверхность

Физическое взаимодействие напыляемой частицы с основой происходит на атомарном, ионном и молекулярном уровнях. В условиях плазменного напыления, когда скорость частицы в полете составляет 100... 150 м/с, при соударении в течение 10⁻⁸...10⁻⁹ секунды возникает импульсное давление до 1500 Па, в результате чего происходит растекание жидкой компоненты частицы и активизация процесса взаимодействия ее с основой. Вследствие этого метод плазменного напыления обеспечивает высокую адгезионную прочность покрытий из тугоплавких керамических материалов.

Высокая температура плазменной струи и возможность менять ее в широком диапазоне подбором диаметра сопла и режимов работы позволяют производить напыление самых различных материалов: от легкоплавких металлов до тугоплавких керамических материалов. При этом поверхность изделия нагревается не выше 100...200 °С, что исключает ее деформацию. Покрyтия, полученные плазменным напылением, имеют высокую плотность и хорошее сцепление с поверхностью детали.

По сравнению с аналогами – газопламенным, электродуговым и детонационным напылением, процессами наплавки и осаждения - процесс плазменного напыления имеет следующие преимущества:

1. Эффективное управление энергетическими характеристиками напыляемых частиц и условиями формирования покрытия за счет гибкости регулирования параметров и режимов работы плазмотрона;
2. Высокий коэффициент использования порошка (до 85 %), прочность сцепления покрытия с основой (до 60 МПа), низкая пористость;
3. Высокая производительность процесса;
4. Универсальность за счет получения покрытий из большинства материалов без ограничения их температур плавления;
5. Нанесение покрытия на изделия, изготовленные практически из любого материала;
6. Отсутствие ограничений по размерам напыляемых изделий;
7. Низкое термическое воздействие на напыляемую основу, что позволяет избежать деформаций, изменений размеров изделий, а также исключить нежелательные структурные превращения основного металла;
8. Нанесение покрытия на локальные поверхности;
9. Получение регламентированной однородной пористости покрытия для использования в условиях работы со смазкой поверхностей скольжения;
10. Нанесение покрытия с минимальными припусками для последующей механической обработки;
11. Возможность использования для формообразования деталей (плазменное напыление производят на поверхность формы-оправки, которая после окончания процесса удаляется, остается оболочка из напыленного материала);
12. Надежность и стабильность оборудования, высокий ресурс элементов плазмотрона за счет оптимизации условий охлаждения и обеспечения плавного нарастания и спада тока;
13. Низкий расход аргона;
14. Маневренность и возможность автоматизации процесса.

Плазменное напыление достаточно широко применяется для восстановления и упрочнения поверхностей деталей во многих отраслях промышленности.

Технологический процесс плазменного напыления (рис. 4.5) представляет собой последовательность операций, начиная от подготовки напыляемого материала и заканчивая контролем качества напыленного покрытия по толщине слоя, степени адгезии с основой и плотности покрытия.

В качестве плазмообразующих газов при напылении материалов используют аргон, гелий, азот, водород и их смеси. Плазмообразующие газы не содержат кислорода, поэтому не окисляют материал и напыляемую поверхность. Водород в чистом виде практически не применяется по экономическим соображениям, а также вследствие разрушающего действия на электрод.

Азот и аргон используются чаще, однако наилучшими показателями обладают газовые смеси. Вид плазмообразующего газа выбирают исходя из требуемой температуры, теплосодержания и скорости потока, его степени инертности к распыляемому материалу и восстанавливаемой поверхности.

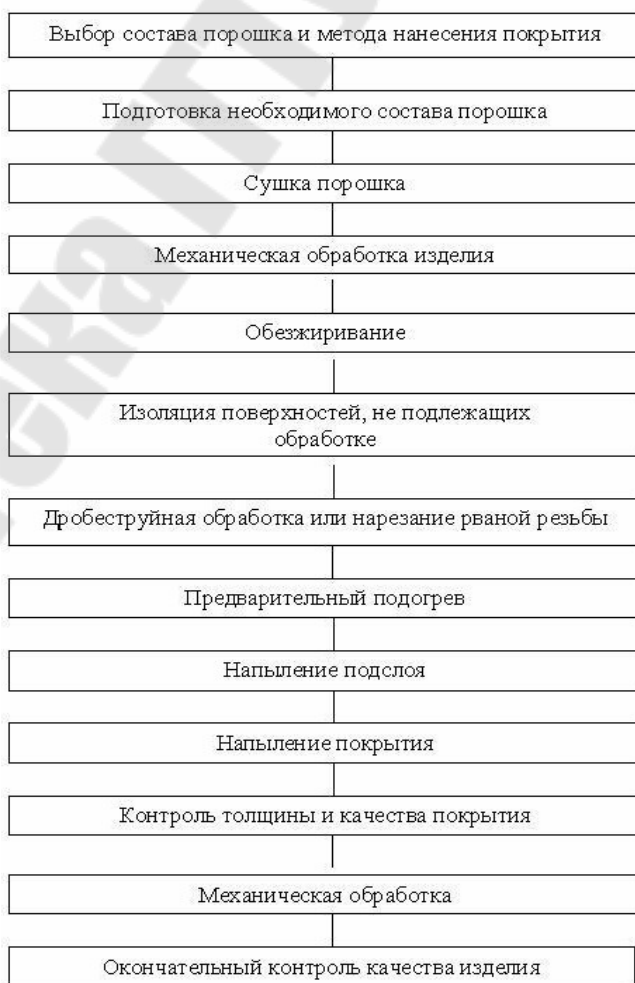


Рис. 4.5 - Технологическая схема нанесения покрытия

При напылении порошковых или шнуровых материалов электрическое напряжение прикладывают к электродам плазменной горелки. При напылении проволоочных материалов напряжение подводят к электродам горелки, дополнительно оно может быть приложено к напыляемому материалу, т. е. проволока может быть токоведущей или нет. Напыляемую деталь в цепь нагрузки не включают.

Оборудование для плазменного напыления состоит обычно из одного или двух серийных сварочных источников питания, плазмотрона и порошкового дозатора. В качестве источника питания используются установки плазменной сварки и наплавки типа УПНС-304, плазменной обработки УПУ-3Д, УПО-302, УПВ-301 и сварочные выпрямители ВД-201, ВД-306, ВДУ-506 и др. Плазмотрон (мощностью до 25 кВт) и порошковый дозатор обычно изготавливаются по оригинальным конструкторским разработкам.

4.3 Металлизация (электродуговая, газовая)

Одним из эффективных способов защиты металлов от коррозии является электродуговая металлизация распылением. Основными антикоррозионными материалами, наносимыми способом металлизации на стальные конструкции и изделия, являются цинк, алюминий и их сплавы. Кроме того, металлизация применяется для восстановления и упрочнения изношенных поверхностей деталей машин и приборов.

Принцип действия и устройство электродугового металлизатора.

Принцип работы металлизатора состоит в расплавлении двух проволоочных электродов электрической дугой и распылении расплавленного металла струей сжатого воздуха. Расплавленные частицы, попадая на покрываемую поверхность, сцепляются с ней и образуют сплошное покрытие, при этом толщина слоя регулируется числом проходов металлизатора и скоростью его перемещения относительно металлизированной поверхности (рис. 4.6).

Конструкция электродугового металлизатора предусматривает специальные направляющие, через которые непрерывно осуществляется подача двух распыляемых проволок. Между концами этих проволок возбуждается электрическая дуга. В центральной части металлизатора имеется сопло, через которое подается сжатый воздух. Струя сжатого

воздуха отрывает с проволок-электродов частицы расплавленного металла и уносит их к напыляемой поверхности.

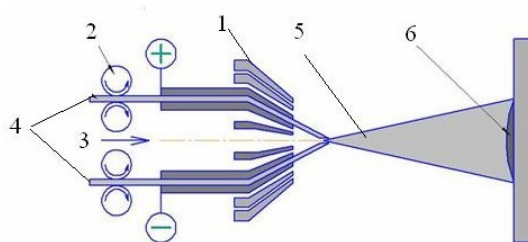


Рис. 4.6 - Схема процесса электродуговой металлизации: 1 – корпус металлизатора; 2 – механизм подачи проволоки; 3 – канал подачи воздуха; 4 – электродные проволоки; 5 – электрическая дуга с распыленными частицами проволок; 6 – напыленное покрытие

Электродуговой металлизатор может работать как на постоянном, так и на переменном токе. При использовании переменного тока дуга горит неустойчиво и сопровождается большим шумом. При постоянном токе характер работы становится устойчивым, напыленный материал имеет мелкозернистую структуру, производительность процесса при этом достаточно высокая. Поэтому в настоящее время для электродуговой металлизации поверхностей используют источники постоянного тока. Для работы металлизатора обычно применяют проволоку диаметром 0,8...2 мм.

Преимуществом способа электродуговой металлизации является высокая производительность процесса и возможность значительного сокращения затрат времени на напыление. Например, при силе тока до 700А можно напылять стальное покрытие с производительностью 30...35 кг/ч, что превышает в несколько раз производительность газопламенного напыления. По сравнению с газопламенным напылением металлизация позволяет получать более прочные покрытия с высокой степенью адгезии.

При использовании в качестве электродов проволок из двух различных металлов можно получить покрытие из их сплава. При напылении покрытия распылением двух электродов из разнородных материалов желательно использовать такие электрометаллизаторы, которые бы позволяли производить отдельную регулировку скорости подачи каждого электрода.

Недостатком рассматриваемого метода является перегрев и окисление напыляемого материала при малых скоростях подачи распыляемой проволоки. Кроме того, большое количество теплоты, выделяющейся при горении дуги, приводит к значительному выгоранию легирующих элементов, входящих в напыляемый сплав. Это необходимо иметь в виду при разработке

технологии нанесения покрытий и применять для напыления проволоку, содержащую повышенное количество легирующих элементов.

Технология нанесения металлопокрытий складывается из подготовки поверхности, нанесения покрытия и, в случае необходимости, его обработки.

Предварительная обработка поверхности основы является важным фактором для обеспечения прочного сцепления покрытия с деталью, так как в большинстве случаев соединение напыленного покрытия с основой происходит в результате механического сцепления. Следовательно, для того чтобы расплавленные частицы, которые ударяются и деформируются об основу, прочно сцеплялись с неровностями поверхности, основа должна быть достаточно шероховатой.

Помимо механического соединения напыленного покрытия с основой возможны и другие виды соединений, например, сплавление напыляемого материала с материалом основы, образование химических соединений и т. д.

Повышение прочности механического зацепления связано с увеличением площади поверхности основы и созданием большей активности основы, что также важно и для других видов соединений. Поэтому создание развитой шероховатости на поверхности основы является важным требованием. Перед предварительной обработкой поверхности необходимо провести промывку и, насколько возможно, удалить влагу, масло и другие загрязнения, а также окисные пленки.

В деталях из пористых материалов и чугунных отливках в порах может содержаться масло, которое при напылении в результате нагревания выделяется на поверхность, что в значительной степени ухудшает сцепление покрытия с основой. Поэтому такие детали после обычного обезжиривания должны быть подвергнуты отжигу при температуре 250...500 °С, в процессе которого происходит выгорание масла, содержащегося в порах. Окисные пленки удаляют с поверхности в основном механически обдувкой кварцевым песком, корундом или стальной крошкой. Для удаления окисных пленок со стальных деталей иногда используют травление в азотной, соляной и других кислотах.

Обычным средством подготовки поверхности изделий со сложной конфигурацией или тел вращения является дробеструйная обработка стальной или чугунной колотой дробью грануляции 0,8...1,6 мм, или корундовым порошком той же грануляции при давлении воздуха 0,4...0,6 МПа, очищенного от влаги и масла. Для деталей с незакалённой поверхностью может применяться подготовка поверхности нарезанием рваной резьбы: для термообработанных твердых поверхностей после

нарезания резьбы необходима струйно-абразивная обработка электрокорундовым порошком. Значения параметров шероховатости поверхности изделия, требования к металлизации, к покрытию и методы контроля должны соответствовать ГОСТ9.304–84.

Режим работы металлизатора устанавливается оператором в зависимости от применяемого металла подложки и проволоки, её диаметра, давления воздуха, скорости подачи проволоки. При нанесении покрытия необходимо избегать нагрева металлизированной поверхности выше 100...120°C.

Во избежание перегрева и отслоения покрытия его следует наносить при непрерывном вращении детали и возвратно-поступательном перемещении металлизатора вдоль её оси или перемещать металлизатор относительно неподвижной поверхности плоской или сложной конфигурации. Высокое качество покрытий может быть достигнуто только при условии непрерывности подачи проволоки и минимального напряжения дуги, обеспечивающего стабильность её горения. Завышение напряжения ведет к перегреву покрытия и чрезмерному выгоранию легирующих элементов проволоки.

В электродуговом металлизаторе угол между электродами обычно составляет 30...60°. При углах, превышающих 60°, процесс напыления становится чувствительным к изменению условий напыления и нестабильным. При работе металлизатора на постоянном токе напыляемая проволока, выполняющая функции анода, расплавляется приблизительно на 50 % быстрее, чем катод. Поэтому теоретически анодную проволоку следует подавать быстрее катодной. Однако на практике не возникает необходимости в разных скоростях подачи электродов. Поэтому проволоки подаются обычно с одинаковой скоростью, либо регулирование скорости плавления проволок осуществляют за счет разности диаметров анодной и катодной проволок.

Важным фактором при напылении является правильная регулировка тока, позволяющая уравновесить скорости подачи проволок со скоростью их расплавления и таким образом обеспечить постоянство длины дуги. При напылении расстояние от сопла металлизатора до покрываемой поверхности обычно составляет 100...200 мм (рис. 4.7).



Рис. 4.7 - Работа металлизатора при нанесении покрытия

Покрытие, полученное после напыления, по своей структуре является в значительной степени пористым. Пористость его можно в некоторых случаях эффективно использовать. Заполнять поры можно путем нанесения на покрытие слоя краски, пропиткой покрытия специальными составами. Однако наиболее широкое применение находят плотные покрытия.

Преимущества электродуговой металлизации:

1. Высокая антикоррозионная стойкость металлизационных покрытий;
2. Отсутствие деформации изделий;
3. Мобильность металлизационных установок и возможность нанесения защитных покрытий в полевых условиях;
4. Высокая производительность процесса;
5. Высокая адгезионная прочность металлизационных покрытий (в сравнении с лакокрасочными или газопламенными покрытиями);
6. Высокие пластические характеристики металлизационных покрытий.

Основными недостатками металлизации являются большая пористость (до 20 %) и значительные потери металла при распылении.

Механическая обработка покрытий.

Когда необходимо получить чистую поверхность с точными размерами и заданной шероховатостью, напыленное с некоторым припуском покрытие подвергают механической обработке. Основные виды механической обработки покрытий – резание и шлифование. Для обработки покрытий из углеродистых и коррозионно-стойких сталей методом точения или фрезерования можно использовать быстрорежущий и твердосплавный инструмент. Шлифование покрытий можно осуществлять как с подачей охлаждающей жидкости, так и без нее. «Мокрое» шлифование предпочтительнее в случаях, когда не возникает проблем, связанных с проникновением охлаждающей жидкости в поры покрытия. Грубое шлифование (как сухое, так и мокрое) может привести к образованию трещин на шлифуемой поверхности. Поэтому, чтобы получить качественную поверхность, необходимо правильно выбрать шлифовальный круг и режимы шлифования. Обычно для шлифования нанесенных покрытий используют круги со сравнительно грубой структурой и непрочной связкой.

После окончательного шлифования поверхность покрытия должна иметь матовый блеск и содержать мелкие поры. Слишком блестящая поверхность, на которой отсутствуют поры, указывает на неправильное шлифование.

Уплотнение покрытия, заполнение его пор уплотняющими материалами, когда это необходимо, производят перед шлифованием. Уплотняющие материалы препятствуют проникновению в поры покрытия частиц абразивных материалов, используемых при шлифовании. Если поры покрытия не заполнены уплотняющими материалами, то после шлифования необходимо промыть покрытие и удалить частицы, попавшие в него при шлифовании. Это особенно важно для покрытий, наносимых на поверхность подшипников. Покрытия из мягких материалов (олова, цинка, баббита) можно хонинговать, в результате чего получается гладкая поверхность с незначительной пористостью.

4.4 Вакуумное напыление

Среди методов нанесения защитных покрытий, основанных на воздействии на поверхность детали потоков частиц и квантов с высокой энергией, большое значение имеют вакуумные ионно-плазменные методы. Характерной их чертой является прямое преобразование эклектической энергии в энергию технологического воздействия, основанного на структурно-фазовых превращениях в осажденном на поверхности конденсате или в самом поверхностном слое детали, помещенной в вакуумную камеру.

Основные достоинства данных методов: возможность создания высокого уровня физико-механических свойств материалов в тонких поверхностных слоях, нанесение плотных покрытий из тугоплавких химических соединений, которые невозможно получить традиционными методами.

Кроме того, эти методы обеспечивают:

1. Высокую адгезию покрытия к подложке;
2. Равномерность покрытия по толщине на большой площади;
3. Варьирование состава покрытия в широком диапазоне в пределах одного технологического цикла;
4. Высокую чистоту поверхности покрытия;
5. Экологическую чистоту производственного цикла.

Методы вакуумного ионно-плазменного напыления:

1. Полимеризация в тлеющем разряде;

2. Ионное осаждение (в триодной распылительной системе, диодной распылительной системе, с использованием разряда в полном катоде);
3. Электродуговое испарение;
4. Катодное распыление (на постоянном токе, высокочастотное);
5. Химическое осаждение в плазме тлеющего разряда.

Современные вакуумные ионно-плазменные методы упрочнения поверхностей деталей машин и нанесения покрытий включают следующие этапы:

1. Генерацию корпускулярного потока вещества;
 2. Его активизацию, ускорение и фокусировку;
 3. Конденсацию и внедрение в поверхность деталей (подложек).
- Генерация корпускулярного потока вещества возможна его испарением (сублимацией) за счет нагрева и распылением. Нагрев испаряемого вещества может осуществляться:

1. За счет выделения Джоулева тепла при прохождении электрического тока через испаряемый материал или через испаритель;
2. В результате бомбардировки поверхности металла ускоренным потоком электронов (электронно-лучевой нагрев) или квантами электромагнитного излучения (лазерный нагрев);
3. Высокочастотным электрическим магнитным полем (индукционный нагрев);
4. Электрической дугой.

Выбор способа нагрева и конструкция испарения зависят от природы испаряемого материала, его исходной формы (гранулы, порошок, проволока), требуемой скорости испарения, постоянства во времени и т. д.

Ионные распылители разделяют на две группы:

1. Плазмоионные – в них мишень находится в газоразрядной плазме, создаваемой с помощью тлеющего, дугового и высокочастотного разряда. Распыление происходит в результате бомбардировки мишени ионами, извлекаемыми из плазмы;
2. Автономные источники без фокусировки и с фокусировкой ионных пучков, бомбардирующих мишень.

В наиболее простом случае система распыления состоит из двух электродов, помещенных в вакуумную камеру. Распыляемую мишень из наносимого материала располагают на катоде. На другом электроде на расстоянии в несколько сантиметров от катода устанавливают детали (подложки). Камеру вакуумируют, а затем наполняют рабочим газом (чаще всего аргоном) до давления 1,33 Па. На электрод с подложки подают отрицательный потенциал, зажигают газоразрядную плазму и

бомбардировкой ионами производят очистку их от поверхностных загрязнений. Далее отрицательный потенциал прикладывают к мишени и распыляют ее. Распыляемые частицы движутся через плазму разряда, осаждаются на деталях и образуют покрытие. Большая часть энергии ионов, бомбардирующих мишень (до 25 %), переходит в тепло, которое отводится водой, охлаждающей катод.

Нанесение покрытий в вакууме с помощью магнетронных систем заключается в распылении твердой мишени напыляемого материала ионами инертного газа, образующимися в плазме аномального тлеющего разряда при наложении на него магнитного поля, силовые линии которого ортогонально пересекают силовые линии магнитного поля.

Основными элементами магнетрона являются катод-мишень, анод и магнитная система. Силовые линии магнитного поля замыкаются между полюсами магнитной системы. Поверхность мишени, расположенная между системами входа и выхода силовых линий магнитного поля, интенсивно распыляется и имеет вид замкнутой дорожки, геометрия которой определяется формой полюсов магнитной системы. При подаче постоянного напряжения между мишенью и анодом возникает неоднородное электрическое поле и возбуждается тлеющий разряд. Наличие замкнутого магнитного поля у распыляемой поверхности мишени позволяет локализовать плазму разряда непосредственно у мишени. Эмитированные с катода под действием ионной бомбардировки электроны захватываются магнитным полем, и им сообщается сложное циклоидальное движение по замкнутым траекториям у поверхностей мишени. Электроны оказываются как бы в ловушке, создаваемой с одной стороны магнитным полем, возвращающим их на катод, а с другой стороны – поверхностью мишени, их отталкивающей. Электрон циркулирует в этой ловушке до тех пор, пока не произойдет несколько ионизирующих столкновений с атомами рабочего газа, в результате которых он потеряет полученную от электрического поля энергию. Таким образом, большая часть энергии электрона, прежде чем он попадает на анод, используется на ионизацию и возбуждение, что значительно увеличивает эффективность процесса ионизации и приводит к возрастанию концентрации положительных ионов у поверхности мишени.

Ионное осаждение покрытий осуществляется методами, в которых осаждаемая пленка подвергается интенсивному воздействию ионного компонента корпускулярного потока, обеспечивающего изменения в структуре и свойствах как переходной зоны, так и самого покрытия. Такой результат возможен либо при высокой степени ионизации корпускулярного

потока (газообразного или металлического) осаждаемого вещества, либо при высокой энергии ионного компонента корпускулярного потока.

По типу источника генерации металлического компонента потока различают ионно-термические системы распыления и холодные системы. В первых системах перевод переносимого материала из твердого в парообразное состояние происходит в результате термического нагрева, во-вторых – распылением с поверхности интегрально холодной мишени (катода).

Эти методы позволяют получать покрытия с высокими служебными характеристиками. В машиностроении они нашли применение для получения износостойких и коррозионностойких покрытий как из чистых металлов, так и из сплавов. Недостатком этих методов является низкий процент ионизированных частиц в общем потоке испаряемого материала, что влияет на адгезионные свойства покрытия и условия протекания реакции с реактивным газом.

Ионно-диффузионное насыщение. Система ионного насыщения представляет собой вакуумную камеру с двухэлектродной электрической схемой: катод-электрод с деталями; второй электрод (анод) – заземленный корпус вакуумной камеры. Для проведения процесса насыщения в вакуумную камеру подается легирующий материал (элемент или химическое соединение) в газообразном (парообразном) состоянии, а к деталям прикладывается отрицательный потенциал от 300 до 1000 В. Поверхность детали бомбардируется положительными ионами легирующего элемента из газоразрядной плазмы, что позволяет значительно сократить длительность процесса насыщения поверхности.

Этот метод широко применяется при азотировании сталей и металлов и имеет преимущества перед печами обычного газового азотирования:

1. Сокращение длительности цикла в 3...5 раз;
2. Уменьшение деформации деталей в 3...5 раз;
3. Возможность проведения регулируемых процессов азотирования с получением слоев с заданным составом и структурой;
4. Возможность уменьшения температуры процесса азотирования до 350...400 °С, что позволяет избежать разупрочнения материала сердцевины изделий;
5. Простота защиты отдельных участков деталей от азотирования;
6. Снижение удельных расходов электрической энергии в 1,5...2 раза и рабочего газа в 30...50 раз.

Ионная имплантация (легирование). В этом процессе тонкий поверхностный слой изделия насыщается тем элементом, потоком ионов

которого поверхность обрабатывается (бомбардируется). Имплантированный элемент (ионы) может входить в кристаллическую решетку основы в виде твердого тела или образовывать мелкокристаллические выделения химических соединений с компонентами материала основы. Кроме того, при внедрении иона в кристаллическую решетку основы в ней инициируется смещение атомов, приводящих к образованию большого количества дефектов кристаллической решетки. Толщина этого насыщенного дефектами и вследствие этого упрочненного слоя во много раз превышает глубину проникновения ионов. Толщина модифицированного слоя составляет несколько микрон.

4.5 Электроискровое наращивание и легирование

Способ электроискровой обработки металлов основан на явлении электрической эрозии материалов при искровом разряде в газовой среде (преимущественно на воздухе) и полярного переноса продуктов эрозии на катод (деталь), на поверхности которого формируется слой измененной структуры и состава. В результате электрического пробоя межэлектродного промежутка возникает искровой разряд, в котором поток электронов приводит к локальному разогреву электрода (анода). На поверхности катода под действием значительных тепловых нагрузок происходят микрометаллургические и сопутствующие им процессы, осуществляющие перемешивание материала катода и анода, при взаимодействии с компонентами газовой среды, что способствует образованию высокой адгезии между основой и формируемым слоем. Поэтому электроискровое легирование следует считать методом создания новых композиционных материалов.

В первую очередь это относится к тугоплавким покрытиям, наиболее существенно и принципиально изменяющим свойства верхнего слоя материала. Величина этих изменений определяется составом, структурой, свойствами материалов электродов и технологическими параметрами процесса электроискрового легирования.

На рис. 4.8 приведена общая схема процесса ЭИЛ с вибрирующим анодом в виде компактного электрода и изображение образующегося верхнего слоя.

5 ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

5.1 Основные виды термической обработки

Термическая обработка металлов и сплавов – это технологический способ воздействия на структурное и фазовое состояние материала с помощью различных режимов нагрева и охлаждения. Понятие режимов нагрева и охлаждения включает скорость этих процессов, температуру, среду, продолжительность изотермических выдержек. Режимы термической обработки подбирают с учетом фазовых и структурных превращений в материале с целью получения необходимого комплекса свойств.

Термическая обработка может быть предварительной или окончательной. Предварительную термообработку применяют для подготовки структуры и свойств материала к последующим технологическим операциям (для обработки давлением, улучшения обрабатываемости резанием). При окончательной термообработке формируются свойства готового изделия.

Термическую обработку применяют на стадии производства различных материалов и изделий, а также для снятия напряжения в них. Основные виды термообработки: закалка объемная или поверхностная, отжиг (1-го и 2-го рода) и отпуск.

Объёмная закалка – основной вид упрочняющей термической обработки конструкционных и инструментальных сталей. Поскольку в процессе закалки стали её структура становится неравновесной и возникают большие остаточные напряжения, то после закалки обычно следует отпуск стали, позволяющий улучшить её свойства. Главным отличием закалки от других операций термической обработки является высокая скорость охлаждения, достигаемая применением специальных закалочных сред.

Выбор закалочной среды – один из главных факторов правильной закалки. Он осложняется тем, что для получения идеальной кривой охлаждения, которая имеет участки различной крутизны, закалочная среда должна обеспечивать неодинаковые скорости охлаждения при различных температурах. Наиболее высокая скорость

охлаждения должна быть в интервале температур 650...400 °С. В интервале температур мартенситного превращения скорость охлаждения должна быть невысокой, что предотвращает возникновение термических напряжений, способствующих образованию трещин, и в то же время не

слишком низкой, чтобы не произошли отпуск мартенсита и стабилизация остаточного аустенита.

В качестве закалочных сред обычно используют кипящие жидкости, но для некоторых легированных сталей достаточная скорость охлаждения обеспечивается применением спокойного или сжатого воздуха. В связи с особенностями теплообмена при контакте нагретого металла с жидкостью интенсивность теплоотвода, а значит, и скорость охлаждения зависят от температуры металла. Это связано с тем, что при очень высоких температурах на поверхности образуется сплошная паровая рубашка, которая препятствует отводу тепла. По мере снижения температуры эта рубашка прорывается, и теплоотвод идёт очень интенсивно (стадия пузырькового кипения). Ниже температуры кипения теплота отводится за счёт конвекции жидкости, и интенсивность этого процесса снова резко снижается. Интервалы наиболее интенсивного теплоотвода различных жидкостей различны, поэтому выбор конкретной закалочной среды определяется видом изделия. В частности, воду с температурой 18...25 °С используют в основном при закалке деталей простой формы и небольших размеров, выполненных из углеродистой стали. Детали наиболее сложной формы из углеродистых и легированных сталей закаляют в маслах. Для закалки легированных сталей наряду с маслами часто используют водные растворы NaCl и NaOH с наиболее высокой охлаждающей способностью. Кроме того, для этих целей все более широко применяют водные растворы поверхностно-активных веществ и синтетических полимеров. Объёмная закалка повышает прочность сталей: углеродистых – в 1,5...2 раза, легированных – в 2...3 раза, повышает твёрдость до 40...55 HRC. Её используют для упрочнения отливок, поковок, штамповок, проката, сварных элементов.

Поверхностная закалка. Её особенность состоит в том, что упрочняется только неглубокий (толщиной от 0,2 до 15 мм) поверхностный слой материала деталей, а сердцевина остаётся вязкой и пластичной. Такое сочетание обеспечивает повышение износостойкости (в 2 раза) и стойкость к динамическим нагрузкам. Если детали испытывают усталостное изнашивание, ограничиваются толщиной закаленного слоя до 3 мм, при высоких контактных нагрузках – до 10...15 мм.

Поверхностную закалку с индукционным нагревом (нагревом ТВЧ) используют при массовой обработке стальных изделий. Она основана на выделении теплоты при прохождении переменного тока высокой частоты в поверхностном слое металлического изделия. Этот ток индуцируется окружающим изделие контуром, создающим переменное электромагнитное

поле. Поверхностный нагрев при индукционном нагреве обеспечивается действием скин-эффекта.

Глубина закалки обычно определяется условиями работы детали и составляет от 1,5 до 15 мм. Источником ТВЧ служат специальные генераторы различной мощности. Поскольку закалка с индукционным нагревом экономически эффективна только при обработке больших партий изделий, обычно эту операцию выполняют на автоматизированных установках. В зависимости от размеров изделий применяют режимы обработки, основанные на различных сочетаниях нагрева и охлаждения. Закалку с индукционным нагревом используют в основном для сталей, содержащих 0,4...0,5 % углерода (Ст40, Ст45, Ст40Х, Ст45Х, Ст40ХН). Закалка с индукционным нагревом позволяет получить мелкозернистую структуру стали с твёрдостью на 3...5 HRC выше, чем при обычной закалке. Возникающие в поверхностном слое остаточные напряжения сжатия резко повышают сопротивление усталостному разрушению, которое обычно инициируется образованием поверхностных трещин под действием растягивающих напряжений. При закалке с индукционным нагревом отсутствуют окисление и обезуглероживание поверхности стальных деталей (по сравнению с печной термической обработкой), снижаются термические деформации, что позволяет упрочнять ряд деталей без последующей шлифовки.

Газопламенную поверхностную закалку применяют для крупных единичных изделий или их малых партий (коленчатые валы особо мощных двигателей, прокатные валки и т. д.). Её осуществляют при нагреве поверхностного слоя пламенем сгорающего газа, имеющим температуру 2400...3000 °С. При этом виде закалки в крупном изделии создаются меньшие напряжения, чем при обычной объёмной закалке.

Закалка в электролите основана на том, что при пропускании тока через электролит (5...10 %-ный раствор кальцинированной соды) на катоде (деталь) образуется газовая рубашка водорода. Ток при этом сильно возрастает, и деталь нагревается, после чего, отключив ток, можно сразу закалить её в том же электролите. Способ применяется для закалки небольших деталей массового производства.

При лазерной закалке осуществляется высокоскоростной разогрев поверхностного слоя металла под действием лазерного луча. Этот новый вид поверхностного упрочнения имеет ряд достоинств по сравнению с традиционными методами, особенно в случаях, когда нужно повысить износостойкость поверхностного слоя изделия. Лазерной закалкой можно упрочнять в различных режимах и тонкие (до 0,2 мм), и сравнительно

толстые (до 3 мм) слои как на небольших участках изделий, так и на поверхностях большой площади. При этом наряду с упрочнением можно изменять шероховатость изделий, обрабатывать лучом лазера труднодоступные полости, режущие кромки инструмента и т. д.

В процессе лазерной обработки не требуется применение закалочных сред, поскольку их роль выполняет сам металл, отводя тепло, что обеспечивает высокую скорость охлаждения (до 106...108 °C/с) после кратковременного нагрева. Длительность нагрева у различных лазеров не превышает 10–9...10–6 с, что позволяет широко варьировать глубину прогрева и степень фазовых превращений в стали. В ряде случаев при лазерной обработке добиваются полного проплавления поверхностного слоя, а скоростная кристаллизация и фазовые превращения приводят к образованию мелкозернистой мартенситной структуры с микротвёрдостью, значительно превышающей достигаемую другими методами поверхностной закалки.

Отжиг – это нагрев стали до температуры, определяемой целью отжига, выдержка при этой температуре и последующее медленное охлаждение. Цель отжига – устранение химической неоднородности сталей, понижение твердости для облегчения механической обработки и др.

Отжиг первого рода.

1. Возврат (отдых) стали – нагрев до 200...400°, применяется для уменьшения или снятия наклепа. По результатам отжига наблюдается уменьшение искажений кристаллических решеток у кристаллитов и частичное восстановление физико-химических свойств стали.

2. Рекристаллизационный отжиг стали (рекристаллизация) - нагрев до температур 500...550 °C. Отжиг для снятия внутренних напряжений – нагрев до температур 600...700 °C. Эти виды отжига снимают внутренние напряжения металла отливок от неравномерного охлаждения их частей, также в заготовках, обработанных давлением (прокаткой, волочением, штамповкой) с использованием температур ниже критических. Вследствие рекристаллизационного отжига из деформированных зерен вырастают новые кристаллы, ближе к равновесным, поэтому твердость стали снижается, а пластичность, ударная вязкость увеличиваются. Чтобы полностью снять внутренние напряжения стали, нужна температура не менее 600 °C. Охлаждение после выдержки при заданной температуре должно быть достаточно медленным.

Отжиг второго рода.

1. Полный отжиг заключается в нагреве стали на 30...50 °C выше верхней критической точки для полного превращения структуры стали в

аустенит и последующем медленном охлаждении до 500...600 °С для образования феррита и перлита. Скорость охлаждения для углеродистых сталей около 50...100 °С/ч.

2. Неполный отжиг заключается в нагреве до температур между нижней и верхней критическими точками (в интервале температур A_{c1} A_{c3} по диаграмме состояния «железо – углерод») и последующем медленном охлаждении.

Отпуском называют термическую операцию, заключающуюся в нагреве закалённой стали до температур, не превышающих точку A_{c1} (т. е. не выше линии PSK диаграммы состояния), выдержке и последующем охлаждении чаще всего на воздухе (рис. 5.1). Отпуск является окончательной операцией термической обработки, в результате которой сталь получает требуемые механические свойства. Кроме того, отпуск частично или полностью устраняет внутренние напряжения, возникшие при закалке.

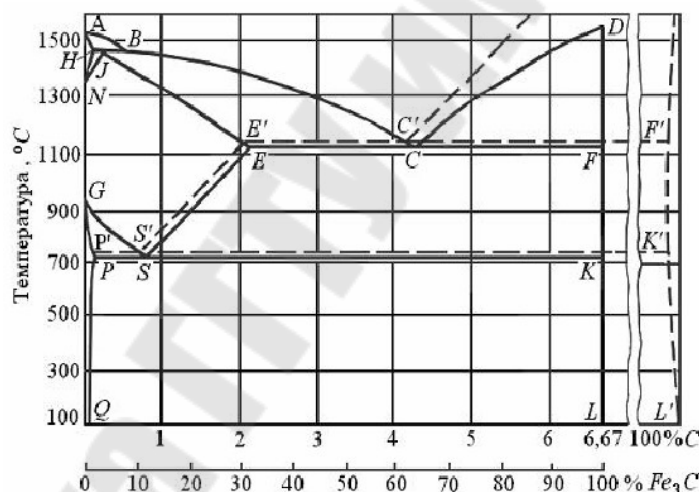


Рис. 5.1 - Температура точек линии PSK на диаграмме «железо – цементит»

Образующийся при закалке стали мартенсит представляет собой неустойчивую структуру, характеризующуюся высокой твердостью, хрупкостью и высоким уровнем внутренних напряжений. По этой причине закалённую сталь следует обязательно подвергать отпуску. Окончательные свойства стали в большей степени зависят от температуры отпуска. Различают три вида отпуска стали в зависимости от температуры нагрева.

1. Низкий (низкотемпературный отпуск) проводят при температурах не выше 250...300 °С. При таких температурах происходит частичное обезуглероживание мартенсита и выделение из него некоторого количества избыточного углерода в виде частиц карбида железа. Образующаяся структура, состоящая из частичного обезуглероженного мартенсита и

карбидов, называется отпущенным мартенситом. Выход некоторого количества углерода из решетки мартенсита способствует уменьшению ее искажения и снижению внутренних напряжений. При таком отпуске несколько повышается прочность и вязкость без заметного снижения твердости. В целом изменение свойств при низком отпуске незначительно. Так, закаленная сталь с содержанием углерода 0,5...1,3 % после низкого отпуска сохраняет твердость в пределах 58...63 HRC, следовательно, обладает высокой износостойкостью. Однако такая сталь не выдерживает значительных динамических нагрузок.

Низкому отпуску подвергают режущий и мерительный инструмент из углеродистых и низколегированных сталей, работающий без значительного разогрева рабочей части, а также детали, прошедшие поверхностную закалку или цементацию. Цель такого отпуска - некоторое снижение внутренних напряжений.

1. Средний (среднетемпературный) отпуск (рис. 5.2) выполняют при температурах 350...500 °С и применяют преимущественно для рессор, пружин, некоторых видов штампов. При таких температурах происходит дальнейшее обезуглероживание мартенсита, приводящее к его превращению в обычный раствор, т.е. в феррит. В результате образуется феррито-цементитная смесь, называемая троститом отпуска. Наблюдается снижение твердости до величины 40...50 HRC, а также снижение внутренних напряжений. Такой отпуск обеспечивает высокий предел упругости и предел выносливости, что позволяет применять его для различных упругих элементов.

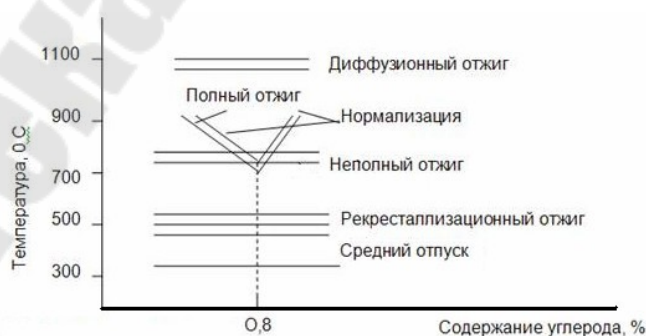


Рис. 5.2 - Температура нагрева стали при различных видах термообработки

2. Высокий (высокотемпературный) отпуск проводят при 500... 600 °С. Структурные изменения при таких температурах заключаются в укрупнении (коагуляции) частиц цементита. В результате этого образуется феррито-цементитная смесь, называемая сорбитом отпуска. Так же, как и тростит

отпуска, эта структура характеризуется зернистым строением в отличие от пластинчатых структур тростита и сорбита закалки. Твердость стали после высокого отпуска снижается до 25...35 HRC, однако уровень прочности при этом еще достаточно высок. В то же время обеспечивается повышенная пластичность и особенно ударная вязкость, практически полностью снимаются внутренние напряжения, возникшие при закалке. Таким образом, высокий отпуск на сорбит обеспечивает наилучший комплекс механических свойств, позволяющий применять его для деталей, работающих в условиях динамических нагрузок. Такой же отпуск рекомендуется для деталей машин из легированных сталей, работающих при повышенных температурах.

Термическую обработку, состоящую из закалки на мартенсит и последующего высокого отпуска на сорбит, называют термическим улучшением. Вообще термическому улучшению подвергают детали из среднеуглеродистых (0,3...0,5 % углерода) конструкционных сталей, к которым предъявляют высокие требования по пределу текучести, пределу выносливости и ударной вязкости. Однако износостойкость улучшенной стали вследствие ее пониженной твердости невысока. Скорость охлаждения после отпуска оказывает большое влияние на величину остаточных напряжений. Чем медленнее охлаждение, тем меньше остаточные напряжения. Так, охлаждение на воздухе дает напряжения в 7 раз меньше, а охлаждение в масле в 2,5 раза меньше по сравнению с охлаждением в воде. По этой причине изделия сложной формы во избежание их деформации после отпуска следует охлаждать медленно (на воздухе), а детали из некоторых легированных сталей, склонных к отпускной хрупкости, рекомендуется охлаждать в масле. Легирующие элементы, входящие в состав легированных сталей, особенно такие как Mo, W, Cr, Ti, V, сильно тормозят диффузионные процессы, происходящие при отпуске закаленной стали. Поэтому после отпуска при одинаковой температуре легированная сталь сохраняет более высокую твердость и прочность. Это делает легированные стали более теплостойкими, способными работать при повышенных температурах.

5.2 Характеристика основных видов химико-термической обработки

С целью повышения стойкости деталей машин применяются различные виды химико-термической обработки (ХТО). ХТО называется термическая обработка, заключающаяся в сочетании термического и химического воздействия с целью изменения состава, структуры и свойств

поверхностного слоя стали. При ХТО происходит поверхностное насыщение стали соответствующим элементом (С, N, Al, Cr, Si и др.) путём его диффузии в атомарном состоянии из внешней среды (твёрдой, газовой, паровой, жидкой) при высокой температуре.

ХТО включает три последовательные стадии:

1. Образование активных атомов в насыщающей среде вблизи поверхности или непосредственно на поверхности металла;
2. Адсорбцию образовавшихся активных атомов поверхностью насыщения;
3. Диффузию-перемещение адсорбированных атомов в решётке обрабатываемого металла.

Для повышения долговечности наиболее ответственных деталей машин широко используются процессы цементации (науглероживания), нитроцементации и азотирования. Несколько в меньшей степени применяется поверхностное насыщение бором, кремнием и алюминием.

Основные методы насыщения, применяемые при ХТО:

1. Порошковый метод. Этот процесс нашёл применение в мелкосерийном и серийном производстве.
2. Прямоточный циркуляционный метод диффузионного насыщения из газовых сред.
3. Диффузионное насыщение из расплавов металлов или солей, содержащих диффундирующий элемент (с электролизом или без электролиза). Жидкий метод позволяет сократить длительность технологического процесса, однако не всегда обеспечивает высокое качество поверхности и стабильность толщины диффузионного слоя.

Насыщение из паст и суспензий (шликерный способ). Не нашёл особого применения, но им можно воспользоваться для местного упрочнения поверхности и при обработке крупногабаритных деталей.

3. Диффузионное насыщение с использованием вакуума. Насыщение осуществляется из сублимированной фазы испарением диффундирующего элемента при высоких температурах в вакууме.

Развитие процесса диффузии приводит к образованию диффузионного слоя, под которым понимают слой материала детали у поверхности насыщения, отличающийся от исходного по химическому составу. Концентрация диффундирующего элемента уменьшается от поверхности в глубь металла. Материал детали под диффузионным слоем, не затронутый воздействием насыщающей активной среды, называют сердцевиной. Диффузионный слой и его качество характеризуют следующие параметры: фазовый состав и структура, толщина общая или эффективная,

распределение по толщине слоя концентрации диффундирующего элемента, поверхностная твёрдость и распределение её по толщине слоя, поверхностная хрупкость, однородность, сплошность и равномерность распределения по конфигурации изделия диффузионного слоя, закаливаемость слоя.

Азотированием является ХТО, состоящая из диффузионного насыщения поверхностного слоя стали азотом и углеродом при нагревании в соответствующей среде. Азотирование чаще проводится при 500...600 °С (низкотемпературное азотирование) или при температурах 600...1100° (высокотемпературное азотирование) в зависимости от вида изделий и необходимой толщины азотированного слоя. Азотированию можно подвергать любые стали, а также чугуны.

Азотирование повышает твёрдость поверхностного слоя детали, его износостойкость, предел выносливости и сопротивление коррозии. Твёрдость азотированного слоя стали выше, чем цементированного и сохраняется при нагреве до высоких температур. Азотированный слой хорошо шлифуется и полируется.

Для азотирования используют печи периодического и непрерывного действия разных конструкций. К ним относятся шахтные, муфельные и безмуфельные печи, а также камерные печи. К печам, работающим по непрерывному циклу, относятся толкательные и конвейерные печи.

Цементацией называется химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя, стали углеродом при нагреве до 900...950 °С в углеродосодержащей среде (карбюризаторе). Окончательные свойства цементированные изделия приобретают после закалки и низкого отпуска. Назначение цементации – придать поверхностному слою высокую твёрдость и износостойкость, повысить предел выносливости на изгиб при сохранении вязкой сердцевины. Цементация широко применяется для упрочнения зубчатых колёс, валов коробки передач автомобилей и т. д. Для цементации детали поступают после механической обработки с припуском на грубое и окончательное шлифование. Во многих случаях цементации подвергается только часть детали, тогда участки, не подлежащие упрочнению, защищают тонким слоем меди, которую наносят электролитическим способом или изолируют специальными обмазками. Применяются следующие основные виды цементации:

1. В твёрдом карбюризаторе;
2. В газовом карбюризаторе (газовая цементация);
3. В расплавленных солях (жидкая цементация).

Газовая цементация широко применяется для изделий массового производства. Для её осуществления используют обычно разбавленный природный газ, контролируемые атмосферы, получаемые в специальных генераторах, а также пары жидких углеводородов.

В зависимости от состава газовой смеси в печи она может иметь различную науглероживающую способность (способность обеспечивать заданное содержание углерода в поверхностном слое). Достоинством газовой цементации является возможность регулирования этого фактора в заданных пределах. Скорость газовой цементации при температуре 930...950 °C составляет 0,12...0,15 мм/ч при толщине цементированного слоя до 1,7 мм.

В серийном производстве газовую цементацию обычно проводят в шахтных печах. Необходимая атмосфера создаётся при подаче в камеру печи жидкостей, богатых углеродом. В крупносерийном

и массовом производствах цементацию проводят в безмуфельных печах непрерывного действия. В этих установках весь цикл ХТО полностью автоматизирован.

Нитроцементация – процесс диффузионного насыщения стали углеродом и азотом из газовой фазы (обычно газовой среды, применяемой при цементации, с незначительным добавлением аммиака). Температура нитроцементации примерно на 100 °C ниже, чем обычной цементации (840...860 °C), продолжительность процесса значительно меньше (4...10 ч), так как диффузия углерода существенно ускоряется в присутствии азота. Толщина нитроцементированного слоя составляет, как правило, 0,2...0,8 мм. После нитроцементации осуществляют закалку и низкий отпуск (160...180 °C). Конечная структура нитроцементированного слоя состоит из мелкокристаллического мартенсита, остаточного аустенита и небольшого количества дисперсных включений карбонитридов. Твёрдость слоя достигает 58...64 HRC при содержании азота до 0,4 % и углерода до 1,65 %. Нитроцементацию используют для тех же целей, что и обычную цементацию, при обработке стальных деталей сложной конфигурации, которые подвержены при обычной цементации короблению.

Диффузионная металлизация включает группу методов, при осуществлении которых поверхностный слой детали насыщается одним или несколькими металлами. Такое насыщение проводится из расплава основного диффундирующего металла или его солей, из газовой фазы, а также путём металлизации в вакууме. Наибольшее распространение получили методы алитирования и хромирования, а также комплексные методы насыщения титаном, ванадием, медью, вольфрамом, цирконием и другими металлами в сочетании с алюминием, хромом или неметаллами.

Алитирование (диффузионное насыщение алюминием) применяют для повышения жаростойкости и коррозионной стойкости деталей топливно-энергетического оборудования из углеродистых сталей. Процесс осуществляется в основном в порошковых смесях (порошок металлического алюминия с его оксидом и хлористым аммонием), расплаве алюминия или при отжиге стального изделия с алюминиевым покрытием. Температура процесса – от 720 °С (в расплаве) до 1050 °С (в порошковой смеси), длительность – от 15 мин до 12 ч в зависимости от требуемой толщины алитированного слоя.

Диффузионное хромирование обеспечивает повышение коррозионной стойкости, окалинстойкости изделий, а при содержании углерода в стали 0,3...0,4 % – их твердости и износостойкости. Хромирование используют для изделий из сталей любых марок. Процесс осуществляется в основном из порошковой фазы (смесь феррохрома, оксида алюминия и хлористого алюминия) при температуре 950...1100 °С и продолжительности выдержки 6...12 ч. Структура диффузионного слоя – тонкий слой карбидов хрома (0,025...0,03 мм) и переходной слой, обогащённый углеродом. Твёрдость поверхностного слоя изделий достигает 1200...1300 HV при толщине до 0,3 мм. Хромирование назначают при обработке деталей пароводяной арматуры, работающих в условиях интенсивного изнашивания в агрессивных средах, а также инструмента.

Некоторые металлы и неметаллы вводят в поверхностный слой стальных изделий комплексно. К таким методам их диффузионного насыщения относят хромотитанирование (применяется для упрочнения твёрдосплавного инструмента), хромосилицирование (для деталей подвижных сопряжений машин), хромоалитирование (для пресс-форм), борохромирование и боросульфидирование (для штампов), карбованадийтитанирование (для упрочнения инструмента на глубину до 3 мм), цирконотитанирование и цирконосилицирование (для инструмента и деталей химического оборудования). Указанные методы обработки позволяют достигать более эффективного повышения свойств поверхностного слоя деталей в сравнении с насыщением только одним элементом. Однако технология комплексного диффузионного насыщения вследствие сложности применяется пока в машиностроении ограниченно.

6 ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

6.1 Гальванические покрытия поверхности деталей

На авторемонтных предприятиях широко применяются гальванические процессы. Они используются для компенсации износа рабочих поверхностей, а также при нанесении на детали противокоррозионных и защитно-декоративных покрытий. Из гальванических процессов распространены хромирование, железнение (осталивание), никелирование, цинкование, меднение.

Гальванические покрытия получают из электролитов, в качестве которых применяют водные растворы металлов, которыми необходимо покрыть детали (рис. 6.1). Катодом при гальваническом осаждении металлов из электролитов является восстанавливаемая деталь, анодом – металлическая пластина. Применяются два вида анодов: растворимые и нерастворимые. Растворимые аноды изготавливаются из металла, который осаждается на деталь, нерастворимые аноды – из свинца.

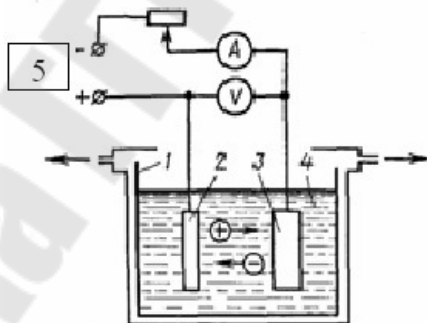


Рис. 6.1 - Схема нанесения гальванического покрытия: 1 – ванна из диэлектрика; 2 – анод растворимый; 3 – катод (изделие); 4 – электролит; 5 – источник тока

Одним из основных требований, предъявляемых к качеству гальванических покрытий, является равномерность распределения осадка металла, т. е. одинаковая толщина слоя покрытия по всей поверхности детали. Практически толщина покрытия на краях и углах гораздо больше, чем на средней части поверхности детали (катада). Эта неравномерность зависит от многих факторов, в том числе от состава электролита, плотности тока, межэлектродного расстояния, взаимного расположения электродов и

др. Способность электролита давать равномерные по толщине покрытия на катодах сложной формы называется рассеивающей способностью ванны.

При прохождении постоянного тока через электролит на катоде разряжаются положительно заряженные ионы, выделяются металл и водород. На аноде при этом происходит разряд отрицательно заряженных ионов и выделяется кислород. Металл анода растворяется и переходит в раствор в виде ионов, взамен выделившихся на катоде. Толщина гальванических покрытий зависит от рассеивающей способности электролита, а рассеивающая способность – от степени равномерности распределения силовых линий, идущих от анода к катоду.

С количественной стороны явления электролиза подчиняются законам Фарадея:

1. Вес вещества, выделяющегося на электроде, пропорционален количеству электричества, прошедшему через электролит, или пропорционален току и времени его пропускания. Коэффициент называется электрохимическим эквивалентом.

2. Электрохимические эквиваленты пропорциональны грамм-эквивалентам выделяющихся при электролизе веществ.

Практически в большинстве случаев вес металлического осадка, полученный на катоде, оказывается меньше, чем вычисленный согласно законам Фарадея. Это объясняется тем, что при электролизе на катоде, кроме металла, выделяется водород или происходят другие восстановительные процессы (без выделения каких-либо веществ), на которые затрачивается часть тока.

Хромирование. Процесс нанесения включает три группы операций:

1. Подготовка детали к нанесению (механическая обработка, очистка от окислов и предварительное обезжиривание, монтаж на подвесное приспособление, изоляция поверхностей, не подлежащих наращиванию, повторное обезжиривание, анодная обработка или активация);

2. Нанесение покрытия. В качестве электролита при хромировании применяется водный раствор хромового ангидрида (H_2SO_4 ; Cr_2O_3 , концентрация 1:100);

3. Обработка после покрытия (нейтрализация деталей от остатков электролита, промывка деталей в холодной и горячей воде, демонтаж с подвесного приспособления, удаление изоляции, сушка деталей, термообработка при необходимости, механическая обработка).

Хромирование применяется для компенсации износа деталей, а также в качестве антикоррозионного и декоративного покрытия. Электролитический хром имеет большую износостойкость и высокую кислотостойкость,

теплостойкость, твёрдость, прочность сцепления с любыми металлами. Кроме того, хромовое покрытие снижает усталостную прочность детали на 20...30 %.

Недостатки: низкая производительность процесса (0,03 мм/ч), невозможность восстановления деталей с большим износом, так как хромовое покрытие большой толщины (более 0,5 мм) имеет пониженные механические свойства, высокая стоимость процесса.

Свойства хромовых покрытий зависят от режима хромирования, плотности тока и температуры электролита. Изменяя соотношение плотности тока и температуру, можно получить три вида хромовых покрытий, различающихся по своим свойствам: матовые, блестящие и молочные. Хромированием восстанавливают изношенные шейки валов под кольца подшипников качения, шейки поворотных кулаков, стержни клапанов и другие детали, а также изношенный мерительный инструмент (скобы, шаблоны, калибры и др.) и детали приспособлений. Защитно-декоративному хромированию подвергают буферы, ободки фар, рамки, различные декоративные накладки (рис. 6.2).

Железнение (осталивание) – процесс получения твёрдых износостойких железных покрытий из горячих хлористых электролитов. При ремонте автомобилей железнение применяют для восстановления изношенных поверхностей деталей. По сравнению с хромированием у железнения КПД в 6 раз больше, т. е. процесс железнения имеет преимущественно высокий выход металла по току (в 5...6 раз выше, чем при хромировании), большую скорость нанесения покрытия (в 15 раз выше, чем при хромировании), высокую износостойкость (не ниже, чем у стали 45).



Рис. 6.2. Защитно-декоративные покрытия деталей, нанесенные гальваническим способом

В качестве электролита применяют водный раствор хлористого железа, содержащий небольшое количество соляной кислоты и некоторые другие компоненты для увеличения прочности сцепления (например, хлористый марганец) и повышения износостойкости (хлористый никель). Железнение производят растворимыми анодами, которые изготавливают из малоуглеродистой стали (сталь 08; 10). Изменяя концентрацию компонентов и температуру электролита, а также плотность тока, можно получить покрытия с разными свойствами. Например, при электролите с малой концентрацией и низкой температурой и при большой плотности тока получается тонкое, но достаточно твердое покрытие.

Проведение железнения в ваннах затрудняет его использование для крупногабаритных деталей, например, корпусных, поэтому применяют процесс вневанного проточного железнения. В этом случае

электролит насосом прокачивают через электролизную ячейку, образованную восстанавливаемой поверхностью и уплотнителями.

На авторемонтных предприятиях получили широкое применение многослойные катодные защитно-декоративные покрытия. Например, четырехслойные покрытия, которые получают последовательным нанесением различных металлов (никель, медь, хром и снова никель). Технологический процесс нанесения защитно-декоративных покрытий не отличается от процесса нанесения износостойких покрытий, но в процесс подготовки детали включается операция полирования, которая производится войлочными кругами с применением пасты.

Меднение как самостоятельный способ восстановления деталей не применяется. Медь – сравнительно мягкий металл с высокими пластическими свойствами, и в атмосферных условиях она легко окисляется. В ремонтном производстве этот процесс используют для получения подслоя при защитно-декоративном хромировании, а также для покрытия отдельных мест деталей, не подлежащих цементации. Толщина слоя составляет около 0,04 мм. Применение медного подслоя снижает расход никеля и хрома и уменьшает пористость многослойного покрытия. Использование его уменьшает также трудоемкость подготовительных работ, так как медь легко полируется.

Медные покрытия наносят в кислых и цианистых электролитах. Цианистые электролиты на ремонтных предприятиях почти не применяются, так как входящие в их состав цианистый натрий или цианистый калий являются сильнейшими и очень опасными ядами, работа с которыми требует особой осторожности и специальных условий.

Для меднения применяют стальные сварные ванны, футерованные внутри кислотостойкими материалами. Детали, подлежащие покрытию, завешивают на катод. Анодом служат пластины из катодной электролитической меди.

Никелирование. Никель – металл серебристо-белого цвета. Никелевые покрытия обладают коррозионной стойкостью в растворах ряда органических кислот и минеральных солей. Они устойчивы в растворах щелочей любой концентрации. Никелевые покрытия имеют мелкокристаллическую структуру и прекрасно полируются.

Никелевые покрытия пористые и поэтому не защищают стальные детали от коррозии в атмосферных условиях, агрессивных средах, так как в гальванической паре никель – железо никель является катодом. Никелевые покрытия применяют как подслой при защитно-декоративном хромировании.

Следует отметить, что каждое в отдельности гальваническое покрытие меди, никеля и хрома почти всегда обладает некоторой пористостью. В связи с этим при защитно-декоративном хромировании применяют осаждение нескольких слоев различных металлов. Беспористость многослойных покрытий обусловлена тем, что поры смежных слоев гальванических покрытий не совпадают.

Никелирование производят в стальных сварных ваннах, имеющих внутри такую же кислотостойкую футеровку, как и ванны для сернокислого меднения. Анодом служат никелевые пластины. Существует много различных электролитов для никелирования. Наибольшее распространение получили сернокислые электролиты. Для интенсификации процесса никелирования применяют никелевые ванны с подогревом, интенсивным перемешиванием электролита и непрерывной фильтрацией раствора для очистки от механических примесей. Это позволяет повысить плотность тока при никелировании и увеличить производительность процесса в 8 раз. Для сокращения времени осаждения никеля применяют также реверсирование тока (периодическое изменение полярности электродов) на ванне. Реверсирование позволяет увеличить плотность тока. При реверсировании тока никелевое покрытие получается более гладким и ровным, и менее пористым, чем без реверсирования. Реверсирование осуществляют с помощью специальных устройств. Выход по току при никелировании составляет 70...95%.

Качество нанесения покрытия зависит от прочности сцепления покрытия с основой. Существует много разных способов оценки прочности сцеплений покрытия.

1. На хромированной поверхности детали от руки наносят стальным лезвием ряд пересекающихся между собой царапин с таким расчетом, чтобы глубина их достигала основного металла. Количество царапин и расстояние между ними не ограничивается. Если покрытие в местах пересечения царапин не отслаивается и не задирается, сцепление с основным металлом считается хорошим.

2. Абразивным кругом сошлифовывают часть покрытия с поверхности детали. После этого слой покрытия не должен иметь рваную кромку или отслаиваться.

3. Если деталь выполнена из листового материала, то хромированный образец ее изгибают под углом $90...180^\circ$ несколько раз до излома. Сцепление считается хорошим, если прочная связь покрытия с основным металлом сохранилась на 95 % длины излома.

4. Часто для оценки прочности сцепления используют удар бойка, свободно падающего с определенной высоты. При ударе покрытие не должно отслаиваться.

6.2 Электрохимическое микродуговое оксидирование

Микродуговое оксидирование (МДО) – один из наиболее перспективных видов поверхностной обработки изделий из металлов и сплавов, получивших в последнее время широкое распространение в различных отраслях промышленности для формирования многофункциональных износостойких, коррозионностойких, диэлектрических и теплостойких керамических покрытий, а также декоративных покрытий.

Микродуговое оксидирование берет своё начало от традиционного анодирования, однако имеет ряд существенных отличий, а именно: процесс ведется при напряжениях на 1...2 порядка выше (до 1000 В); используются в основном не постоянный, а переменный и импульсный токи; применяются, как правило, не кислотные, а слабощелочные электролиты.

Главной отличительной особенностью МДО является использование энергии электрических микрозарядов, хаотично мигрирующих по поверхности обрабатываемых в электролите изделий и оказывающих термическое и плазмохимическое воздействие на само покрытие и электролит.

Характерные особенности процесса МДО:

1. Высокие температуры в разрядных каналах и, как следствие, образование в покрытии высокотемпературных фаз, например, корунда для

алюминиевых сплавов в электролитах, содержащих растворимые алюминаты;

2. Термическая деструкция воды с образованием атомарного и ионизированного кислорода;

3. Локальное увеличение концентрации электролита и специфические плазмохимические реакции в зоне разряда;

4. Локальная последовательная переработка в разряде оксидов, сформированных электрохимическим путем.

Основные преимущества МДО:

1. Экологичность электролитов;

2. Отсутствие специальной предварительной подготовки поверхности перед нанесением покрытий;

3. Простота технологии и компактность оборудования.

Состав, структура и свойства, формируемых МДО-покрытий определяются природой обрабатываемого материала и технологическими параметрами процесса: электролитом, режимом и продолжительностью обработки.

Технология микродугового оксидирования применяется для обработки таких металлов, как Al, Mg, Ti, Ta, Nb, Zr, Be и их сплавов, чьи оксидные пленки, формируемые электрохимическим путем, обладают униполярной проводимостью в системе металл – оксид - электролит.

МДО-покрытия применяются в машиностроении, приборостроении, аэрокосмической отрасли, автомобилестроении, медицине, пищевой промышленности, строительстве, в электронике и электротехнике, нефтехимической промышленности.

Отличительной особенностью микродугового оксидирования является участие в процессе формирования покрытия поверхностных микроразрядов, оказывающих весьма существенное и специфическое (термическое, плазмохимическое и др.) воздействие на формирующееся покрытие и электролит, в результате чего состав и структура получаемых оксидных слоев существенно отличаются, а свойства значительно выше в сравнении с обычными анодными пленками. Другими положительными отличительными чертами процесса МДО являются его экологичность, относительная универсальность, а также отсутствие необходимости тщательной предварительной подготовки обрабатываемой поверхности в начале технологической цепочки.

Покрытия, получаемые на алюминии и его сплавах в силикатнощелочных электролитах, имеют, как правило, трехслойную структуру и неравномерное распределение компонентов. Они состоят из: 1 –

тонкого переходного слоя; 2 – основного рабочего слоя с максимальной твердостью и минимальной пористостью, основной фазой которого является корунд; 3 – наружного технологического слоя, обогащенного алюмосиликатами (рис. 6.3).

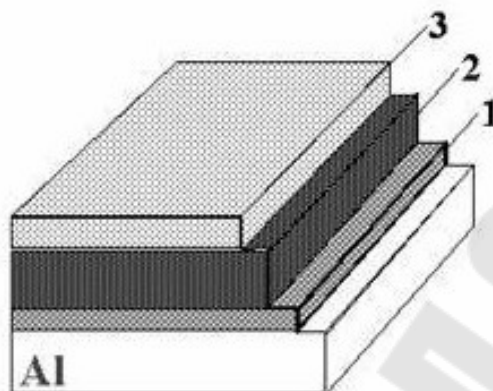


Рис. 6.3 - Структура МДОпокрытия на алюминии

Свойства МДО-покрытий определяются их составом и структурой, которые, в свою очередь, зависят от материала основы, состава электролита и режима обработки. МДО-покрытия, получаемые на алюминиевых сплавах, характеризуются следующими параметрами:

1. Толщина - до 400 мкм;
2. Микротвердость - до 250 МПа;
3. Пробойное напряжение - до 6000 В;
4. Теплостойкость - выдерживает тепловой удар до 2500 °С;
5. Коррозионная стойкость - 1-й балл по десятибалльной шкале;
6. Износостойкость - на уровне твердых сплавов;
7. Пористость - от 2 до 50 % (регулируемая).

Многофункциональность МДО-покрытий определяет их применение в различных отраслях промышленности в самых разных узлах оборудования (запорная арматура, детали насосов и компрессоров, пресс-оснастка, детали двигателей внутреннего сгорания и многое другое) для повышения износостойкости, коррозионно-защитных свойств, диэлектрических, теплозащитных и декоративных характеристик. В авиационной и автомобильной промышленности нанесение покрытий на детали цилиндропоршневой группы, в частности на поршни двигателей внутреннего сгорания (рис. 6.4), позволяет защитить их от высокотемпературной газовой эрозии и снизить температуру металла основы примерно в 1,5 раза. Это относится также к лопаткам турбин и соплам реактивных двигателей. В приборостроении, электротехнической и электронной промышленности

МДО-покрытия нашли применение в качестве антидиффузионных слоев нагревательных систем, используемых в производстве чипов; диэлектрических слоев теплоотводов интегральных микросхем.



Рис. 6.4 - Поршни ДВС с МДО-покрытием

Оборудование для микродугового оксидирования алюминиевых деталей.

Оборудование для микродугового оксидирования алюминиевых деталей (МДО) предназначено для получения керамических покрытий на деталях из любых алюминиевых сплавов, прессованных из порошка алюминия, а также на алюминиевых покрытиях, нанесенных на стальную подложку (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Установка для МДО алюминиевых изделий: 1 – шкаф электролитической ванны; 2 – специальный источник питания; 3 – комплект ванн для обезжиривания и промывки; 4 – система замкнутого водооборота

Технология предусматривает использование микродуговых разрядов для поверхностной переработки алюминия в оксиды высокотемпературных модификаций без изменения геометрических размеров деталей любой

конфигурации (покрытие «растет» внутрь изделия). Данная установка широко применяется в машиностроении, химической, нефтедобывающей, текстильной, табачной и других отраслях промышленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении можно подытожить, что восстановление детали — это совокупность технологических воздействий с целью придания изношенной детали формы, размеров и эксплуатационных свойств, необходимых для приведения ее в исправное состояние.

Восстановление детали (независимо от степени износа) возможно различными экономически целесообразными методами. Множество применяемых на практике технологических методов восстановления обусловлено разнообразием дефектов деталей машин.

Выбор конкретного метода зависит, в первую очередь, от того, какие эксплуатационные свойства детали должны быть обеспечены при ее восстановлении.

В зависимости от характера дефектов, для их устранения применяются разнообразные технологические методы, относящиеся к следующим основным группам:

1. Слесарно-механическая обработка;
2. Объемное и поверхностное пластическое деформирование;
3. Сварка и пайка;
4. Наплавка;
5. Приварка металлического слоя;
6. Металлизация и напыление порошковых покрытий;
7. Гальванические и химические покрытия;
8. Электрофизическая и электрохимическая обработка;
9. Термическая и химико-термическая обработка;
10. Применение неметаллических (полимерных) материалов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балдаев, Л.Х. Газотермическое напыление: учеб. пособие для вузов/ Л.Х. Балдаев, В.Н. Борисов, В.А. Вахалин ; под общ. ред. Л.Х. Балдаева. – М.: Маркет ДС, 2007. – 344 с.
2. Белоцкий, А.В. Ультразвуковое упрочнение металлов / А.В. Белоцкий, В.Н. Винниченко, И.М. Муха. – Киев: Тэхника, 1989. – 167 с.
3. Восстановление деталей машин: справочник/ Ф.И. Пантелеенко [и др.]; под ред. В.П. Иванова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
4. Ельцов, В.В. Ремонтная сварка и наплавка деталей машин и механизмов: учеб. пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. – 176с.
5. Ельцов, В.В. Сварка плавлением металлических конструкционных материалов: учеб. пособие / В.В. Ельцов. – Тольятти: ТГУ, 2007. – 196 с.
6. Коротков, В.А. Электроискровое легирование (из опыта применения)/ В.А. Коротков // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2006. – № 10. – С. 41–46.
7. Коротков, В.А. Электроискровое легирование / В.А. Коротков// Ремонт, восстановление, модернизация. – № 10. – 2005. – С. 36–41.
- Ласковнева, А.П. Восстановление рабочей поверхности втулок скольжения пластическим деформированием / А.П. Ласковнева, А.Т. Волочко, Ж.Е. Макарова// Ремонт, восстановление, модернизация. – 2003. – № 4. – С. 32–36.
8. Марков, А.И. Ультразвуковая обработка материалов / А.И. Марков. – М.: Машиностроение, 1980. – 236 с.
9. Металлы и сплавы: справочник/ под ред. Ю.П. Солнцева; НПО «Профессионал»; НПО «Мир и семья». – СПб., 2003. – 456 с.
10. Ставицкий, Б.И. Из истории электроискровой обработки материалов. / Б.И. Ставицкий//Оборудование и инструмент. Серия «Металлообработка». – № 5. – 2007. – С. 46–52.
11. Хромченко, Ф.А. Сварочные технологии при ремонтных работах: справочник / Ф.А. Хромченко. – Ростов н/Д: Феникс, 2010. – 397 с.