

Приступаем к изучению раздела №2 «Способы восстановления деталей» всего 10 уроков.

Задание на 7 ноября. 3-4 урок.

1. Читать в учебнике. (Учебник: «ТО и ремонт машин в сельском хозяйстве» В.В.Курчаткин. Издательство «Академия»)

1. Способы восстановления посадок. Классификация способов. Стр.212

2. Восстановление деталей пластической деформацией, полимерными материалами. Стр.217

3. Восстановление деталей сваркой и наплавкой. Стр.226

2. Письменно ответить на контрольные вопросы.

(Предоставить мне в личку группа «7-М» WhatsApp, будет оценка.)

Контрольные вопросы

1. Назовите способы восстановления посадок.

2. Назовите основные группы способов восстановления изношенных деталей.

3. В чем сущность восстановления деталей пластическим деформированием? Приведите примеры.

4. Приведите примеры применения полимерных материалов при ремонте машин.

5. Перечислите способы сварки чугуновых деталей и их особенности.

6. Перечислите способы сварки деталей из алюминиевых сплавов и их особенности.

7. Перечислите основные механизированные способы сварки и наплавки деталей.

8. В чем сущность газотермического напыления? Назовите способы напыления.



СПОСОБЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

11.1. Способы восстановления посадок

Изнашивание сопряженных деталей приводит к изменению их размеров и нарушению заданных посадок (зазоров, натягов). Восстановление посадок — основная задача при ремонте машин. Способы восстановления посадок можно разделить на три группы: без изменения размеров деталей, с изменением размеров деталей, восстановлением размеров сопряженных деталей.

Восстанавливать посадку *без изменения размеров деталей* можно регулировкой зазора (установкой или удалением прокладок и др.), заменой детали на новую или установкой ее в другое положение (таким образом, чтобы в соединении оказалась неизношенная сторона).

Это самые простые способы, при которых восстанавливается лишь работоспособность соединений, а межремонтный ресурс не восстанавливается. Поэтому их применяют обычно при ТО и текущем ремонте.

Восстановление посадок *с изменением размеров деталей* осуществляют двумя способами: применением ремонтных размеров и постановкой дополнительных деталей.

При восстановлении посадок с применением ремонтных размеров одну из сопрягаемых деталей, как правило наиболее дорогую и сложную, обрабатывают на станке до определенного размера, а другую деталь изготавливают или восстанавливают (наращивают) под этот размер. При этом изменяются номинальные размеры деталей, но восстанавливается посадка и ресурс соединения. Этот способ широко применяют в силу его простоты и доступности. Его недостатки — увеличение номенклатуры запасных частей и нарушение взаимозаменяемости (если применяют нестандартные ремонтные размеры, когда заводы-изготовители не выпускают детали таких ремонтных размеров). Часто этот способ приводит к снижению ресурса соединения из-за уменьшения твердости поверхности детали и других причин.

Так восстанавливают, например, посадки некоторых соединений кривошипно-шатунного механизма. Шейки коленчатого вала шлифуют до ремонтного размера и соединяют с вкладышами того же ремонтного размера. Гильзы цилиндров растачивают и хонин-

гуют до увеличенного (ремонтного) размера и соединяют с соответствующего размера поршнями и кольцами.

При восстановлении посадок постановкой дополнительных деталей изношенную поверхность детали обрабатывают и восстанавливают на нее с натягом специально изготовленную дополнительную деталь, которая компенсирует износ поверхности. Часто дополнительную деталь крепят сваркой, винтами и штифтами, постановкой на клей. После закрепления ее обычно обрабатывают до нужного размера. Таким способом восстанавливают, например, посадочные отверстия под подшипники в корпусных деталях. Этот способ восстановления посадок прост, обеспечивает хорошее качество ремонта, но требует дополнительных материальных и трудовых затрат.

При ремонте посадок *восстановлением размеров сопряженных деталей* диаметры изношенных валов увеличивают, а отверстий — уменьшают нанесением какого-либо покрытия, а затем обрабатывают их до номинальных размеров. Это самый лучший способ, так как он позволяет восстанавливать геометрию поверхностей деталей, посадку и ресурс соединения. В настоящее время разработаны способы, позволяющие не только восстанавливать, но и увеличивать ресурс (износостойкость) деталей.

11.2. Классификация способов восстановления деталей

Под восстановлением детали (ВД) понимают комплекс технологических операций по устранению ее дефектов, обеспечивающих восстановление ее работоспособности и геометрических параметров, установленных нормативно-технической документацией. Восстановление изношенных деталей — основной путь снижения себестоимости и повышения качества ремонта машин и оборудования.

В зависимости от физической сущности процессов, технологических и других признаков существующие способы ВД можно разделить на десять групп (табл. 11.1).

Общим для способов *слесарно-механической обработки* является то, что износы поверхностей устраняют слесарной или механической обработкой с изменением их первоначальных размеров. При этом необходимую посадку обеспечивают применением сопряженной детали с измененными размерами или постановкой компенсатора износа (кольца, бандажи, свертные втулки, резьбовые спиральные вставки и т. д.). Иногда поверхность детали обрабатывают до придания ей правильной геометрической формы (диски нажимные, плоскости головок цилиндров и др.).

При *пластическом деформировании* восстановление размеров изношенных поверхностей осуществляется за счет перераспреде-

Способы восстановления деталей

№ группы	Группа способов	Способы
1	Слесарно-механическая обработка	Обработка под ремонтный размер (РР). Постановка дополнительной ремонтной детали (ДРД). Обработка до выведения следов износа и придания правильной геометрической формы. Перекомплектовка
2	Пластическое деформирование	Вытяжка, оттяжка. Правка (на прессах, наклепом). Раздача механическая. Раздача гидротермическая. Раздача электрогидравлическая. Раскатка. Обжатие механическое. Обжатие термопластическое. Осадка. Выдавливание. Накатка. Электромеханическая высадка
3	Нанесение полимерных материалов	Напыление: газопламенное, в псевдосжиженном слое (вихревое, вибрационное, вибровихревое) и др. Опрессовка. Литье под давлением. Намазывание (шпателем, валиком, кистью и др.)
4	Ручная сварка и наплавка	Газовая. Дуговая. Аргонодуговая. Плазменная. Контактная
5	Механизованная дуговая сварка и наплавка	Автоматическая под флюсом. В среде защитных газов (в аргоне, углекислом газе, водяном паре и др.). С комбинированной защитой. Дуговая с газопламенной защитой. Вибродуговая. Порошковой проволокой или лентой. Широкоослойная. Лежачим электродом. Плазменная. Многоэлектродная. С одновременным деформированием

№ группы	Группа способов	Способы
6	Механизированные бездуговые способы сварки и наплавки	Индукционная (высокочастотная). Электрошлаковая. Контактная сварка и наварка. Трением. Газовая. Лазерная
7	Газотермическое напыление (металлизация)	Дуговое. Газопламенное. Плазменное. Детонационное. Высокочастотное
8	Гальванические и химические покрытия	Железнение постоянным током. Железнение периодическим током. Железнение проточное. Железнение местное (вневанное). Хромирование. Хромирование проточное, струйное. Меднение. Цинкование. Нанесение сплавов. Нанесение композиционных покрытий. Электроконтактное нанесение (электронатирание). Гальваномеханический способ. Химическое никелирование
9	Термическая и химико-термическая обработка	Закалка, отпуск. Диффузионное борирование. Диффузионное цинкование. Диффузионное титанирование. Диффузионное хромирование. Диффузионное хромтитанирование. Диффузионное хромоазотирование. Обработка холодом
10	Другие способы	Заливка жидким металлом. Намораживание. Напекание. Пайка. Пайко-сварка. Электроискровое наращивание и легирование

ления металла от нерабочих участков детали к рабочим. При этом объем детали остается постоянным. Основные достоинства этих способов: не требуется присадочный материал, простота, высокие производительность и качество.

Технология восстановления деталей *нанесением полимерных материалов* отличается простотой и доступностью (применима даже в полевых условиях), низкой себестоимостью, высокой производительностью и хорошим качеством.

Ручная сварка и наплавка получили широкое применение из-за простоты и доступности. В то же время этот способ малопродуктивен, материалоемок, не всегда обеспечивает высокое качество.

Механизированные способы дуговой сварки и наплавки могут быть автоматическими и полуавтоматическими. Большинство этих способов обеспечивает высокие производительность и качество.

При дуговых способах сварки и наплавки источником теплоты для плавления присадочного материала и поверхности детали служит теплота электрической дуги. При *бездуговых способах сварки и наплавки* таким источником служат потери от вихревых токов (ТВЧ), джоулева теплота (электрошлаковая наплавка, контактная приварка), теплота сгораемых газов и др.

Ручные и механизированные сварочно-наплавочные способы получили наибольшее применение (75...80% от общего объема восстановления). Их недостатками являются термическое воздействие на основной металл, в том числе на невосстанавливаемые поверхности, деформации деталей, значительные припуски на механическую обработку. Применение большинства из этих способов целесообразно для восстановления сильноизношенных деталей.

При *газотермическом напылении* расплавленный присадочный материал (проволока или порошок) с помощью сжатого воздуха распыляется и наносится на подготовленную поверхность детали. Способы напыления, в зависимости от источника теплоты, подразделяются на дуговые (теплота электрической дуги), газопламенные (теплота газового пламени) и т.д. Напылять можно металлы, полимеры и другие материалы. В случае напыления металла процесс называется металлизацией. Большинство способов напыления обладают высокой производительностью, позволяют достаточно точно регулировать толщину покрытия и припуск на механическую обработку. Серьезный недостаток напыления — низкая сцепляемость покрытия с основой. Для ее повышения применяют нанесение специального подслоя, последующее оплавление и другие способы.

Гальванические покрытия основаны на явлении электролиза. Различаются они видом осаждаемого металла, родом используемого тока, способом осаждения и другими признаками. Гальванические способы высокопроизводительны, не оказывают термического воз-

действия на деталь, позволяют точно регулировать толщину покрытий и свести к минимуму или вовсе исключить механическую обработку, обеспечивают высокое качество покрытий при дешевых исходных материалах. Применяются они для восстановления малоизношенных деталей. Недостатками этого способа восстановления деталей являются многооперационность, сложность и экологическая вредность технологии.

Термическая обработка применяется для упрочнения и восстановления физико-механических свойств деталей (упругости пружин и др.). При химико-термической обработке происходит диффузионное насыщение поверхности детали тугоплавкими металлами (хромом, титаном и др.) при некотором изменении размеров. Эти способы применяют для восстановления и повышения износостойкости малоизношенных деталей (плунжерные пары и др.).

11.3. Восстановление деталей пластическим деформированием

Этот способ основан на способности деталей изменять форму и размеры без разрушения за счет перераспределения металла под давлением. В этом случае объем детали остается постоянным, а металл от нерабочих поверхностей перемещается на изношенные рабочие поверхности. Детали деформируют как в холодном состоянии, так и в нагретом. Стальные детали с твердостью до HRC 30, а также детали из цветных металлов и сплавов обычно деформируют в холодном состоянии без предварительной термообработки.

Применяют следующие виды пластического деформирования деталей: осадку, выдавливание, раздачу, обжатие, вытяжку, правку, электромеханическую обработку и др.

Осадку (рис. 11.1, а) применяют для увеличения наружного диаметра сплошных и полых деталей, а также для уменьшения внутреннего диаметра полых деталей за счет уменьшения их высоты (бронзовые втулки и др.). Допускается уменьшение высоты втулок на 8...10%.

Выдавливание (рис. 11.1, б) отличается от осадки тем, что высота детали не изменяется, а увеличение ее диаметра происходит за счет выдавливания металла из нерабочей части. Выдавливанием восстанавливают тарелки клапанов двигателей, боковые поверхности шлицев на валах и др.

Раздачу (рис. 11.1, в) применяют для восстановления пустотелых деталей с изношенной наружной поверхностью (втулок, поршневых пальцев и др.). При механической раздаче через отверстие детали продавливают шарик или специальный пуансон (оправку). При этом возможно укорачивание детали и появление в ней трещин.

В последние годы применяют термопластическую раздачу поршневых пальцев, сущность которой состоит в том, что пальцы

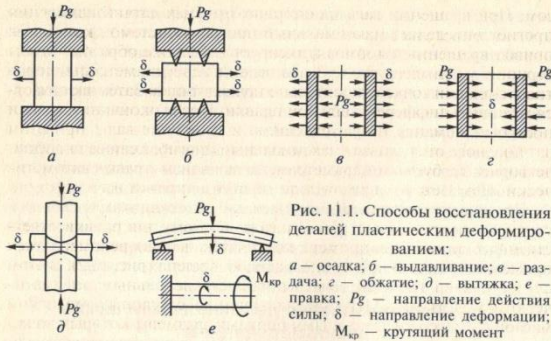


Рис. 11.1. Способы восстановления деталей пластическим деформированием:
 а — осадка; б — выдавливание; в — раздача; г — обжатие; д — вытяжка; е — правка; P_g — направление действия силы; δ — направление деформации; $M_{кр}$ — крутящий момент

нагревают в индукторе токами высокой частоты при температуре 780...830 °С в течение 20...25 с и затем охлаждают водой, пропускаемой через отверстие пальца под давлением 0,4...0,5 МПа в течение 14...16 с. При этом происходит увеличение наружного диаметра пальца до 0,25 мм с одновременной закалкой его поверхностного слоя. После раздачи пальцы подвергают механической обработке, контролю и сортировке.

Обжатие (рис. 11.1, г) применяют для восстановления деталей с изношенными внутренними поверхностями, уменьшение наружных размеров которых не имеет значения (корпуса насосов гидросистем, проушины рычагов, вилки и др.).

Вытяжку (рис. 11.1, д) применяют для увеличения длины деталей за счет уменьшения их поперечного сечения (тяги, штанги и т.д.). Деформируют детали в горячем состоянии.

Правку (рис. 11.1, е) применяют для ремонта деталей (валов, осей, рычагов, рам и др.), в которых во время работы возникли остаточные деформации (изгиб, скручивание или коробление).

Прикладываемое при правке усилие должно обеспечить деформацию, в 10...15 раз превышающую устраняемый изгиб детали. Нагрузку прикладывают несколько раз в течение 1,5...2 мин. Для повышения усталостной прочности и стабильности геометрической формы детали после холодной правки подвергают нагреву при температуре 400...500 °С в течение 0,5...1,0 ч. Закаленные токами высокой частоты детали выдерживают 5...6 ч при температуре 180...200 °С. Для правки некоторых типовых деталей разработаны специальные установки. Например, установка 05.12.342-Рем-деталь для правки деталей типа «вал» работает следующим обра-

зом. При вращении вала на опорных призмах датчик измерения прогиба определяет максимальный прогиб и системой команд на привод вращения и тормоз фиксирует вал таким образом, чтобы вершина максимального прогиба находилась в диаметрально противоположной точке относительно шупа датчика. Затем включается механизм дифференциальной правки. После окончания правки поступает команда на расфиксацию и вращение вала; при этом датчик снова отслеживает максимальный прогиб. Если вал не удовлетворяет требуемым параметрам, то механизм правки автоматически включается и действует до полной рихтовки вала.

При правке статическим изгибом на прессе снижаются усталостная прочность и пластичность вала, поэтому для правки ответственных деталей (например, коленчатых валов) рекомендуется применять более прогрессивный способ наклепа (рис. 11.2). В этом случае наклеп галтелей вала выполняют клепальным пневматическим молотком КМП-14М или ручным слесарным молотком массой 0,8 кг со специальными бойками, размеры которых должны соответствовать размерам галтелей. Прямолинейность вала восстанавливается за счет возникающих в поверхностном слое металла внутренних напряжений сжатия.

Электромеханическая обработка заключается в следующем. Деталь закрепляют в шпинделе токарного станка. В резцедержателе суппорта закрепляют специальную оправку с рабочим инструментом. Деталь и инструмент подключают к вторичной обмотке понижающего трансформатора. Включают вращение детали, прижимают к ней с определенным усилием инструмент и включают его продольную подачу. При этом через зону контакта детали и инструмента пропускают ток 350...700 А при напряжении 1...6 В. Так как площадь контакта детали и инструмента очень мала, а сила тока большая, то металл детали в зоне контакта мгновенно нагревается и при температуре 800...900 °С легко деформируется инструментом. Последующий быстрый отвод теплоты внутрь детали (охлаждение) способствует закалке поверхностного слоя.

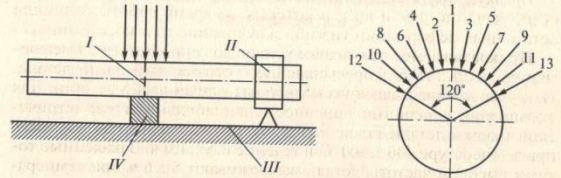


Рис. 11.2. Схема правки вала наклепом:
 I — место наибольшего прогиба вала; II — хомут для удержания вала; III — плита; IV — подставка; 1...13 — последовательность нанесения ударов

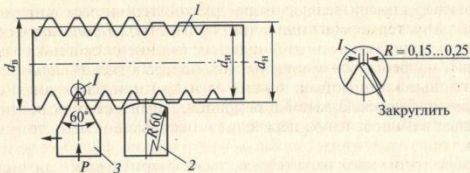


Рис. 11.3. Схема восстановления деталей электромеханическим способом: 1 — деталь; 2 — сглаживающий инструмент; 3 — высаживающий инструмент; d_n — диаметр изношенной детали; d_n — диаметр детали после высадки; d_n — номинальный диаметр детали; P — усилие прижатия инструмента

В качестве инструмента используют пластинку или ролик из твердого сплава. При восстановлении детали (рис. 11.3) изношенную поверхность сначала высаживают заостренной пластиной 3 или роликом. При этом нагретый в зоне контакта металл выдавливается, образуя выступы, аналогичные резьбе, в результате чего диаметр детали увеличивается от d_n до d_n . Затем высаженную поверхность обрабатывают сглаживающей пластиной 2 или роликом до номинального диаметра d_n .

Восстановленная поверхность получается прерывистой, площадь ее контакта с сопрягаемой деталью меньше номинальной. Допускается уменьшение площади контакта не более, чем на 20% по сравнению с номинальной. Для этого нужно, чтобы выполнялось неравенство $d_n - d_n \geq 3(d_n - d_n)$. Увеличение диаметра незакаленных деталей возможно на 0,4 мм, а закаленных — на 0,2 мм. Для большего увеличения диаметра при сохранении необходимой площади контакта применяют заполнение образовавшейся винтовой канавки проволокой или составами на основе эпоксидных смол.

11.4. Восстановление деталей полимерными материалами

Полимеры — это высокомолекулярные органические соединения искусственного или естественного происхождения. Пластмассы — это композиционные материалы, изготовленные на основе полимеров, способные при определенных температуре и давлении принимать заданную форму, которая сохраняется при эксплуатации. Кроме полимера, являющегося связующим веществом, в состав пластмассы входят наполнители, пластификаторы, отвердители, ускорители, красители и другие добавки. Содержание наполнителей (металлический порошок, цемент, графит, ткань и т. д.) может достигать 70%.

Полимеры подразделяют на две группы: термопластичные (термопласты) и термореактивные (реактопласты). Термопласты (полиэтилен, полиамиды и др.) при нагревании способны размягчаться и подвергаться многократной переработке. Реактопласты (эпоксидные композиции, текстолит и др.) при нагревании сначала размягчаются, а затем в результате химических реакций затвердевают и необратимо переходят в неплавкое и нерастворимое состояние.

В ремонтном производстве пластмассы применяют для восстановления размеров деталей, заделки трещин и пробоин, герметизации и стабилизации неподвижных соединений, изготовления некоторых деталей и т. д. Пластмассы наносят намазыванием; газопламенным напылением; вихревым, вибрационным и вибровихревым способами; литьем под давлением; прессованием и другими способами.

В ремонтном производстве широко применяют составы на основе эпоксидных смол (табл. 11.2). Чаще всего используется смола ЭД-16. Она затвердевает под действием отвердителя, в качестве которого применяют полиэтиленполиамин (ПЭПА), ароматические амины (АФ-2), низкомолекулярные полиамиды (Л-18, Л-19, Л-20). Для повышения эластичности и ударной прочности в состав композиции вводят пластификатор, чаще всего дибутилфталат. Введение в состав композиции наполнителей (железный и алюминиевый порошок, асбест и др.) позволяет улучшить его физико-механические свойства и снизить стоимость.

Эпоксидную композицию готовят следующим образом. Эпоксидную смолу разогревают в термощкафу или в емкости с горячей водой при температуре 60...80 °С и отбирают в ванночку необходимое ее количество. В смолу добавляют небольшими порциями

Таблица 11.2

Составы эпоксидных композиций

Компонент	Состав (в частях по массе)				
	А	Б	В	Г	Д
Смола ЭД-16	100	100	100	100	100
Дибутилфталат	10...15	15	15	—	45
Полиэтиленполиамин	8...9	10	10	—	9
Олигоамид Л-19	—	—	—	30	—
Железный порошок	—	160	—	120	—
Цемент	—	—	—	60	—
Алюминиевая пудра	—	—	25	—	—

пластификатор (дибутилфталат) и перемешивают смесь в течение 5...8 мин. Затем так же вводят наполнитель и перемешивают в течение 8...10 мин. Такой состав можно хранить длительное время. Непосредственно перед применением в состав вливают отвердитель и тщательно перемешивают в течение 5 мин. Приготовленная композиция должна быть использована в течение 20...25 мин.

Устранение трещин и пробоя. Для устранения трещин и пробоя по концам трещины сверлят отверстия диаметром 2,5...3,0 мм. Снимают фаску вдоль трещины под углом 60...70° на глубину 1...3 мм. Зачищают поверхность на расстоянии 40...50 мм от трещины. Дважды обезжиривают поверхность ацетоном с последующей просушкой в течение 8...10 мин. Наносят на поверхность эпоксидный состав Б (см. табл. 11.2) при ремонте чугунных и стальных деталей, состав В — при ремонте алюминиевых деталей. Если длина трещины меньше 20 мм, то проводят отверждение композиции при комнатной температуре в течение 72 ч или при той же температуре в течение 12 ч, а затем — при нагревании в термощкафу по одному из режимов: при 40 °С в течение 48 ч, при 60 °С — 24 ч, при 80 °С — 5 ч, при 100 °С — 3 ч.

Трещину длиной 20...150 мм заделывают так же, но после нанесения первого слоя эпоксидного состава на нее дополнительно накладывают стеклоткань с перекрытием трещины на 20...25 мм. Стеклоткань прикатывают роликом. Затем вновь наносят слой эпоксидного состава, накладывают стеклоткань и прикатывают роликом (рис. 11.4). После этого вновь наносят эпоксидную композицию и проводят отверждение, как описано выше.

Трещину длиной более 150 мм разделяют и подготавливают, как описано выше. Изготавливают стальную накладку толщиной 1,5...2,0 мм с перекрытием трещины на 40...50 мм, сверлят в ней отверстия диаметром 10 мм на расстоянии 50...70 мм друг от друга. По этим отверстиям накернивают и сверлят отверстия в ремонтируемой детали, нарезают в них резьбу М8. Затем наносят на деталь и пластину эпоксидный состав, закрепляют накладку винтами и проводят отверждение (рис. 11.5).

Пробоины на деталях заделывают так же, как трещины длиной более 150 мм — с помощью постановки на эпоксидный состав и установки на винтах стальных накладок.

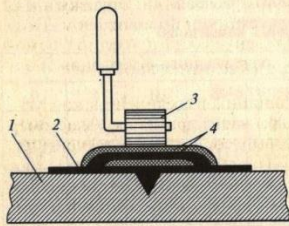
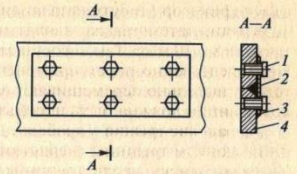


Рис. 11.4. Устранение трещин длиной 20...150 мм:
1 — деталь; 2 — эпоксидный состав; 3 — ролик; 4 — стеклоткань

Рис. 11.5. Устранение трещины длиной более 150 мм:
1 — болт; 2 — стальная накладка; 3 — эпоксидный состав; 4 — деталь



Восстановление неподвижных подшипниковых соединений. Для этого применяют эпоксидные композиции, эластомеры и герметики. При любом материале поверхности зачищают до блеска, дважды обезжиривают ацетоном с последующей просушкой в течение 10 мин.

При малом износе (зазор до 0,2 мм) на поверхность детали наносят эпоксидный состав А (см. табл. 11.2), выдерживают 10 мин и соединяют детали (например, корпус и подшипник). Удаляют излишки эпоксидного состава и проводят отверждение.

При большем износе на подготовленные посадочные поверхности шпателем наносят эпоксидный состав (Б или Г — для стальных и чугунных деталей, В — для алюминиевых деталей). Затем деталь с составом Б выдерживают на воздухе при комнатной температуре в течение 2 ч, с составом Г — 1 ч. Деталь устанавливают на кондуктор (плиту с направляющими втулками и фиксирующими штифтами), закрепленный на столе сверлильного станка (пресса или другого оборудования), и формируют слой эпоксидного состава под номинальный размер с помощью калибрующей стальной оправки, закрепленной в шпинделе станка (без вращения оправки). Это обеспечивает соблюдение параллельности осей восстанавливаемых отверстий и их межцентровых расстояний. Оправку предварительно смазывают маслом или техническим солидолом. После калибрования производят отверждение состава. Вместо формирования можно отверстие расточить после полного отверждения эпоксидного состава.

При ремонте неподвижных подшипников соединений (корпус — подшипник, вал — подшипник и др.) часто применяют эластомер ГЭН-150 (В) и герметик 6Ф. Первый состоит из бутадиен-нитрильного каучука марки СКН-40С и смолы ВДУ. Второй представляет собой продукт совмещения каучука марки СКН-40 со смолой ФКУ на основе замещенного фенола винилацетиленовой структуры.

Эти материалы выпускаются в виде листов толщиной 2...3 мм. Эластомер или герметик нарезают кусочками и растворяют в ацетоне (20 частей по массе на 100 частей ацетона) в герметически закрытой емкости в течение 10...12 ч, периодически взбалтывая

содержимое. На тщательно подготовленную поверхность равномерно нанося кистью или окунаем, центробежным или другим способом несколько слоев покрытия (каждый слой сушат при комнатной температуре в течение 10...15 мин) до получения необходимой толщины. Термообработку (полимеризацию) покрытий из раствора эластомера ГЭН-150(В) проводят при температуре 115 °С в течение 40 мин, из раствора герметика 6Ф — при температуре 150...160 °С в течение 3 ч. Неподвижные соединения с покрытиями из эластомера или герметика собирают запрессовкой с натягом 0,01...0,03 мм.

Часто посадочные поверхности в корпусах (иногда и на валах) восстанавливают вклеиванием с помощью эпоксидного состава А заранее изготовленных с необходимой точностью втулок. В этом случае исключается последующая механическая обработка втулки. Иногда в подготовленное отверстие с нанесенным эпоксидным клеем вставляют обезжиренную тонкую пластину, свернутую в виде втулки — и раскатывают отверстие роликовым раскатником.

Анаэробные герметики — это многокомпонентные жидкие составы, способные длительное время храниться на воздухе без изменения свойств и быстро отверждаться (полимеризоваться) при температуре 15...35 °С без доступа воздуха с образованием прочного твердого полимера.

При фиксации колец подшипников в корпусе и на валу с помощью анаэробных герметиков поверхности обеих деталей очищают и тщательно обезжиривают. На поверхности обеих деталей наносят из капельницы флакона герметик, разравнивают капли герметика кистью. При сборке детали центрируют с помощью оправок и приспособлений. После сборки вал проворачивают в подшипниках на 2...3 оборота, что способствует улучшению центрирования колец подшипников. Собранные соединения выдерживают в неподвижном состоянии при комнатной температуре 30...40 мин, после чего анаэробный материал набирает технологическую прочность и с ремонтируемого узла можно снимать центрирующие приспособления. По истечении 5...24 ч герметик набирает рабочую прочность.

Марку герметика выбирают в зависимости от зазора в соединении. Следует иметь в виду, что с увеличением толщины слоя герметика его долговечность снижается. Поэтому для повышения прочности и расширения технологических возможностей в герметики добавляют наполнители. Например, большинство герметиков «Ана-терм» применимы при зазоре до 0,22 мм. Добавление в них наполнителей позволяет расширить диапазон применения.

Составы на основе анаэробных материалов готовят непосредственно перед их употреблением путем тщательного перемешивания наполнителей с герметиком. Состав следует использовать в течение 1 ч.

Ремонт и стопорение резьбовых соединений. Сильно изношенные резьбовые отверстия в корпусных деталях часто восстанавливают установкой свертышей. В этом случае закрепление свертышей удобно производить нанесением на поверхности отверстия и свертыша эпоксидного состава А. При небольших износах соединения восстанавливают путем нанесения эпоксидного состава на подготовленные отверстия и шпильку (болт). При износе до 0,3 мм наносят состав Д, а более 0,3 мм — состав Б; при восстановлении соединения с алюминиевой деталью — состав В. Зазор резьбового соединения до 0,3 мм можно восстановить нанесением на подготовленные поверхности анаэробного герметика. Для стопорения резьбовых соединений применяют анаэробные герметики или эпоксидный состав Д. Во всех случаях необходимо соблюдать условия подготовки поверхностей и режим отверждения полимера.

Обеспечение герметичности соединений. При ремонте машин из-за деформации сопрягаемых деталей разъемного неподвижного соединения, поврежденных прокладок не всегда удается добиться надежной герметичности. В этом случае эффективно применение полимерных герметизирующих материалов. Они могут быть невысыхающими, высыхающими и отверждающимися.

Невысыхающие герметики (51Г-4М, 51Г-6, УН-01) представляют собой высоконаполненные материалы на основе синтетических каучуков в сочетании с полиэтиленом или полипропиленом. Их используют для уплотнения стеков автомобилей, сварных швов, защиты паяных соединений от коррозии.

Высыхающие герметики (У-20А) — растворы резиновых смесей в органических растворителях. Их используют для герметизации фланцевых соединений. Однако их использование ограничено в связи с длительной сушкой и возможностью размягчения под действием нагрева, топлива и масла.

Отверждающиеся герметики могут быть вулканизирующимися и полимеризующимися. Вулканизирующиеся герметики (автогерметик, автогермесил) — терморективные материалы, которые под влиянием теплоты, влаги и вулканизирующих агентов подвергаются необратимым физико-механическим изменениям, превращаясь из вязких материалов в резиноподобные. Автогерметик и автогермесил используют для устранения подтекания воды, антифриза и масла.

Перед нанесением герметика поверхность очищают от старой прокладки. Герметик выдавливают на одну поверхность соединения из тубы или при помощи пневматического шприца и разравнивают шпателем. Нанесенный автогерметик выдерживают в течение 6 ч, а автогермесил — 8...9 ч до сборки соединения. За это время герметик вулканизируется. Если при сборке машины нет возможности провести такую операцию, то ее выполняют после сборки соединения.

Полимеризующиеся герметики (Анаерм-501) — анаэробные композиции на основе смол акрилового или метакрилового ряда. Перед нанесением анаэробных герметиков с поверхности фланцев удаляют старую прокладку и обезжиривают их ацетоном или бензином. После нанесения анаэробного герметика собирают соединение и выдерживают его без нагрузки и воздействия рабочих жидкостей в течение 8...24 ч, в зависимости от толщины слоя герметика.

Анаэробные герметики, так же как и вулканизирующиеся, характеризуются высокими герметизирующими свойствами при давлении до 60 МПа, высокой стойкостью в воде, антифризе и маслах, высокой стойкостью в бензинах и дизельных топливах.

Меры безопасности. Работы по ремонту деталей полимерными материалами выполняют в помещении, изолированном от других участков и цехов, оборудованном общей приточно-вытяжной и местной вентиляцией. Составы на основе эпоксидных смол необходимо готовить в вытяжном шкафу. Перед работой руки покрывают специальной пастой. При работе используют спецодежду (халат, перчатки и др.). Хранение и прием пищи, а также курение в рабочем помещении не допускаются.

11.5. Восстановление деталей ручной сваркой и наплавкой

Сваркой называют процесс получения неразъемных соединений деталей или частей одной детали путем их нагрева и (или) пластического деформирования. Поэтому обычно все способы сварки делят на две группы: сварку плавлением и сварку давлением.

Наплавка — разновидность сварки, заключающаяся в нанесении на поверхность детали слоя металла (покрытия) для восстановления ее размеров или повышения износостойкости.

В зависимости от источника теплоты для расплавления металла существует много видов сварки (см. табл. 11.1). При ремонте машин и оборудования в сельском хозяйстве чаще всего применяют дуговую и газовую сварку и наплавку, иногда плазменную и электроконтактную.

Различные металлы обладают разной свариваемостью (способностью свариваться). С увеличением содержания в стали углерода и легирующих элементов свариваемость ее, как правило, ухудшается. Хорошо свариваются малоуглеродистые (до 0,3% С) и низколегированные (до 5% легирующих элементов) стали. Высокоуглеродистые и высоколегированные стали, легко поддающиеся закалке, во избежание появления в сварочном шве внутренних напряжений и трещин перед сваркой подогревают до температуры 250 °С. Чугун и алюминиевые сплавы, из которых изготавливают

большинство корпусных деталей двигателей и оборудования, относятся к трудносвариваемым материалам.

При сварке металл плавится, образуя сварочную ванночку, а затем затвердевает в виде сварочного шва. Из-за взаимодействия кислорода, азота и водорода воздуха с расплавленным металлом свойства сварного шва ухудшаются: в нем значительно уменьшается содержание углерода и легирующих элементов, возникают поры и трещины, снижается его прочность и повышается хрупкость. Поэтому при сварке и наплавке, как правило, сварочную ванну защищают от окружающего воздуха. По способу защиты сварку подразделяют на следующие виды: покрытыми электродами, порошковой проволокой, под флюсом, в среде защитных газов и др. В состав покрытий электродов, порошковой проволоки и флюсов обычно входят легирующие элементы, что также улучшает свойства шва.

Дуговая сварка и наплавка. Дуговой называют сварку плавлением, при которой нагрев и расплавление металла осуществляется электрической дугой, возникающей между свариваемой деталью и электродом при пропускании через них электрического тока (рис. 11.6). В центре дуги температура составляет 6000...7000 °С. Электроды для сварки могут быть плавящимися и неплавящимися (угольные и вольфрамовые). Наибольшее применение получила более простая сварка и наплавка плавящимся электродом, при которой электрод одновременно служит и для образования дуги, и как присадочный материал. Плавление электрода оценивается коэффициентом расплавления α_p , г/А·ч:

$$\alpha_p = \frac{Q_p}{I t_0},$$

где Q_p — масса расплавленного металла, г; I — сила сварочного тока, А; t_0 — продолжительность сварки, ч.

Аналогично определяют коэффициент наплавки, подставляя в числитель массу наплавленного на деталь металла.

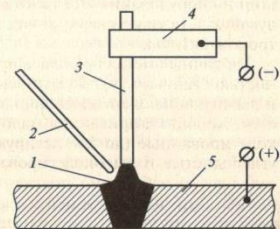


Рис. 11.6. Схема сварки неплавящимся электродом:
1 — электрическая дуга; 2 — присадочный пруток; 3 — угольный электрод; 4 — электрододержатель; 5 — свариваемая деталь

Таблица 11.3

Режимы дуговой сварки

Толщина свариваемых деталей, мм	Диаметр электрода, мм	Сила тока, А
До 2	1,0 ... 2,5	50 ... 100
3 ... 5	3,0 ... 4,0	90 ... 160
5 ... 10	4,0 ... 5,0	160 ... 240
Более 10	5,0 ... 7,0	220 ... 370

Для питания сварочной дуги применяют источники постоянного и переменного тока. При сварке и наплавке с использованием источника постоянного тока дуга горит более стабильно при меньших токах, чем при сварке с использованием источника переменного тока, что улучшает качество сварного шва и позволяет сваривать более тонкие детали. Однако источники постоянного тока, в качестве которых используют сварочные преобразователи, выпрямители и другие устройства, дороже и сложнее источников переменного тока — сварочных трансформаторов.

Если при сварке с использованием источника постоянного тока электрод подключен к минусу источника тока, а деталь — к плюсу, то это сварка на *прямой* полярности; если деталь подключена к минусу — то это сварка на *обратной* полярности. Чаще применяют сварку на обратной полярности, так как в этом случае значительно меньше глубина проплавления и деформация детали. Свойства сварного шва зависят от режима сварки и марки электрода. Основным параметром режима ручной сварки — сила тока, которая зависит от диаметра стержня электрода и толщины свариваемой детали. Диаметр электрода также зависит от толщины свариваемых деталей (табл. 11.3).

Плавящийся электрод для дуговой сварки представляет собой металлический стержень, покрытый специальной обмазкой. Марку электрода выбирают в зависимости от материала свариваемых деталей.

Сварка стальных деталей осуществляется электродами, которые представляют собой стержни из малоуглеродистой сварочной проволоки Св-08, Св-10, Св-08 ГА, Св-08 Г2С¹ и других марок, покрытые стабилизирующей (тонкой) или защитной (толстой) обмазкой. Стабилизирующие покрытия облегчают возбуждение дуги и повышают стабильность ее горения. Для получения такого покрытия стержень обычно обмазывают тонким (0,1 ... 0,3 мм) сло-

¹ Св — сварочная. Цифры и буквы в марке проволоки обозначают то же, что и в сталях.

ем мела, разведенного на жидком стекле (80 ... 85 % мела и 15 ... 20 % жидкого стекла). В состав качественных защитных покрытий (толщина 0,7 ... 2,5 мм) входят разнообразные вещества, стабилизирующие горение дуги, защищающие расплавленный металл от воздействия воздуха и легирующие его, в результате чего значительно повышается прочность сварного соединения.

Малоуглеродистые и низколегированные стали сваривают обычными электродами типа Э-42, Э-42А, Э-46; среднеуглеродистые и малолегированные — электродами типа Э-50, Э-50А, Э-55; легированные стали повышенной прочности — электродами типа Э-60, Э-70¹ и др. Для наплавки изношенных деталей, имеющих высокую твердость, применяют наплавочные электроды марок ОЗН-350, ОЗН-400, Т-590, Т-620² и др.

Сварка чугуновых деталей представляет большие трудности, обусловленные химическим составом чугуна и его особыми механическими свойствами. Чугун жидкотекуч и мгновенно переходит из твердого состояния в жидкое (и наоборот), минуя пластическое. При быстром охлаждении чугуна происходит его отбел (образование цементита Fe₃C) и закалка, что сопровождается возникновением больших внутренних напряжений и трещин. Чтобы избежать этого, применяют специальные технологические приемы и электроды. Например, распространена и обеспечивает хорошее качество горячая сварка чугуна, при которой детали нагревают в печи до 680 °С, заваривают, вновь помещают в печь и медленно охлаждают вместе с ней. Охлаждение детали при сварке ниже температуры 500 °С не допускается. Мелкие неотчетливые детали подогревают до 400 °С (полугорячая сварка). В качестве электродов используют чугунные прутки марок А и Б, покрытые специальной обмазкой.

При холодной сварке чугуна с целью предотвращения его отбела и закалки обычно применяют специальные электроды (например, электроды ЦЧ-3А и ЦЧ-4, самозащитную порошковую проволоку ПАНЧ-11, медно-никелевые МНЧ-2, медно-железные ОЗЧ-2 и железоникелевые ОЗЖН-1 электроды и др.), иногда специальные приемы сварки (например, метод отжигающих валиков, сварку косвенной дугой, пайко-сварку). Особенно эффективна проволока ПАНЧ-11. Сила тока при сварке указанными электродами составляет 110 ... 130 А. Холодную сварку выполняют короткими швами (длиной до 50 мм) в разброс с перерывами для охлаждения каждого участка до 50 °С. Для уменьшения внутренних напряжений и пористости наплавленный металл в горячем состоянии рекомендуется проковывать. Пайко-сварку выполняют при температуре 700 ... 750 °С, что исключает отбел чугуна.

¹ Цифры показывают прочность шва на растяжение, кг/мм².

² Цифры показывают твердость наплавленного слоя по Бринеллю.

на. Для этого используют латунные электроды (ЛОК-59-1-03, ЛОМ-НА-49-1-10-02 и др.) и специальные флюсы (ПСН-1, ФПСН-2, АН-ШТ-1 и др.). Медь проникает в поры чугуна на глубину до 0,5 мм, обеспечивая высокую прочность соединения.

Сварка деталей из алюминия и его сплавов затруднена в связи с тем, что на их поверхности всегда существует плотная, прочная и тугоплавкая пленка оксида алюминия Al_2O_3 (температура ее плавления 2050 °С, а алюминия — 657 °С), препятствующая сплавлению деталей и ухудшающая прочность шва. Кроме того, при нагревании алюминий и его сплавы не изменяют цвета, а в расплавленном состоянии имеют большую жидкотекучесть; при температуре 400...500 °С алюминий и его сплавы обладают повышенной хрупкостью, из-за чего возможно появление трещин и даже разрушение.

Перед сваркой детали тщательно очищают (на 20...30 мм по обе стороны трещины), зачищают до блеска и подогревают до 300 °С. Сварку осуществляют с использованием источника постоянного тока обратной полярности алюминиевыми электродами со специальным покрытием, в которое входят хлористые и фтористые соли натрия, калия и лития и другие вещества, растворяющие оксид алюминия с образованием шлака на поверхности сварочной ванны. Для сварки чистого алюминия применяют электроды ОЗА-1, а для сплавов типа силумин (кремнистые) — ОЗА-2. Применяют также сварку угольным электродом и удалением оксидной пленки с помощью флюса АФ-4А.

Хорошие результаты дает аргонодуговая сварка алюминия и его сплавов. Подаваемый в зону сварки аргон стабилизирует горение дуги и защищает металл от воздействия окружающего воздуха. В этом случае используют присадочный материал или электрод того же состава, что и свариваемый металл, без покрытия и флю-

Таблица 11.4

Режимы аргонодуговой сварки деталей из алюминиевых сплавов

Толщина свариваемых деталей, мм	Режимы сварки			
	Ток, А	Напряжение, В	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм
2...3	70...100	22...24	2...3	2,0
4...6	100...120	22...24	4	3,0
6...10	120...160	22...24	3...4	3...4
10...15	160...240	20...22	4...5	4...5
15 и более	200...240	20...22	5	5

сом. Режимы аргонодуговой сварки деталей из алюминиевых сплавов неплавящимся электродом приведены в табл. 11.4.

Газовая сварка и наплавка. Газовой называют сварку плавлением, при которой для нагрева используется теплота пламени смеси газов, сжигаемой с помощью горелки. В качестве газа используют ацетилен, водород, природный газ и др. В большинстве случаев используют ацетилен, при сгорании которого в кислороде температура пламени достигает 3200 °С. Для смешивания горючего газа с кислородом и получения сварочного пламени применяют устройства, называемые горелками. Регулируя количество поступающих в горелку кислорода (O_2) и ацетилена (C_2H_2), можно изменить состав горючей смеси и получить три основных вида пламени: нейтральное, или нормальное ($O_2:C_2H_2=1,1...1,2$); окислительное ($O_2:C_2H_2>1,3$); науглероживающее ($O_2:C_2H_2<1,1$). При сварке и наплавке обычно используют нейтральное пламя, при резке металлов — окислительное.

При сварке конец присадочного прутка расплавляют пламенем горелки и вводят его в сварочную зону, где он сплавляется с основным металлом. Материал прутка по своим химическому составу и физико-механическим свойствам должен быть близким к металлу детали, но с большим содержанием легкоокисляющихся компонентов. В зависимости от направления перемещения горелки различают два способа сварки: левый и правый. При левом способе горелку перемещают справа налево, а присадочный пруток переносят впереди пламени, при правом способе — наоборот. Правый способ используют обычно при сварке деталей толщиной более 5 мм, а левый — при сварке тонких листов.

Стальные детали сваривают и наплавляют, как правило, нормальным пламенем. При этом шов рекомендуется проковывать в горячем состоянии. В качестве присадочного материала используют сварочную проволоку (Св-08, Св-08Г, Св-12ГС, Св-18ХГСА и др.). Среднеуглеродистые и высокоуглеродистые стали перед сваркой подогревают до 350 °С и сваривают с применением флюсов.

Чугун сваривают нормальным и науглероживающим пламенем с применением чугунных прутков марок А и Б, ПЧЗ, ПЧН1, ПЧН2 и флюсов (техническая бура и др.). Так же, как и при дуговой сварке, обычно производят общий или местный подогрев детали. Качество газовой сварки чугуна выше, чем дуговой.

Алюминий и его сплавы сваривают нормальным пламенем с применением флюсов (АФ-4А и др.). При этом детали предварительно подогревают до 300 °С. Иногда шов проковывают.

Преимущества газовой сварки по сравнению с дуговой следующие: более простое и дешевое оборудование; возможность широкого регулирования мощности, состава и направления пламени при сварке. Однако производительность газовой сварки, особенно при толщине изделий более 6 мм, значительно ниже, а

стоимость выше, чем дуговой; больше коробление свариваемых деталей.

Требования безопасности при сварке и наплавке. Баллоны с газом и кислородом располагают вертикально, не ближе 5 м к источникам с открытым пламенем и не ближе 1 м к приборам отопления. Нельзя расходовать весь газ из баллона: остаточное давление кислорода в баллоне должно быть не менее 0,05 МПа, а ацетилена — 0,05...0,20 МПа. Сварщик должен работать в рукавицах и спецодежде из трудновоспламеняющегося материала. Газосварщики должны работать в очках с защитными стеклами, а электросварщики — применять щитки и маски со специальными светофильтрами. На рабочем месте сварщика должна быть хорошая приточно-вытяжная вентиляция.

11.6. Восстановление деталей механизированной наплавкой

При механизированной наплавке механизированы и выполняются автоматически или полуавтоматически взаимное перемещение детали и электродной проволоки, подача в зону горения дуги электродной проволоки со скоростью ее плавления (поддержание дуги); автоматически поддерживаются основные параметры режима наплавки.

Наплавку деталей производят на станках или специальных приспособлениях. Валы, оси и другие цилиндрические детали обычно вращаются в шпинделе токарно-винторезного станка, а наплавочная головка (устройство для автоматической подачи электродной проволоки) закрепляется на суппорте станка и имеет продольную подачу. Наплавочная головка, автоматически подающая в зону горения дуги электродную проволоку, и шпиндель станка подключены к источнику для питания дуги. Механизированная сварка и наплавка позволяет многократно увеличить допустимую плотность тока, за счет чего производительность работ повышается в 6...8 раз по сравнению с ручной дуговой сваркой.

Для механизированных способов наплавки выпускается много марок проволоки, из которых можно выделить несколько групп: сварочную проволоку типа Св (Св-08, Св-08ГС, Св-10Г2 и др.), подразделяемую на низколегированную, легированную и высоколегированную; наплавочную проволоку типа Нп (Нп-30, Нп-80, Нп-30ХГСА, Нп-3Х12 и др.), подразделяемую на углеродистую, легированную и высоколегированную; порошковую проволоку (ПП-АН8, ПП-3Х2В8Т, ПП-3Х13-0 и др.), которая представляет собой металлическую оболочку, заполненную порошком.

Режим механизированной наплавки характеризуется силой и напряжением тока, скоростью наплавки (частотой вращения детали), скоростью подачи проволоки, шагом наплавки (продоль-

ной подачей суппорта), диаметром и маркой проволоки, защитной средой (флюсом, газом и др.), относительным расположением детали и проволоки (смещением и вылетом электрода и др.).

Для восстановления деталей широко применяют следующие виды механизированной наплавки: под флюсом, в среде защитных газов, вибрирующим электродом и др.

Наплавка под флюсом. При наплавке под флюсом в зону горения дуги 6 (рис. 11.7) по устройству 2 непрерывно подают гранулированный флюс. Часть флюса плавится под действием высокой температуры дуги, образуя вокруг нее эластичную оболочку 3, которая надежно защищает жидкий металл от вредного воздействия воздуха, уменьшает разбрызгивание металла и улучшает формирование структуры металла шва. Флюс может содержать легирующие элементы, которые улучшают свойства наплавленного металла а также ионизирующиеся вещества, стабилизирующие горение дуги.

При медленном вращении детали выходящий из зоны горения дуги жидкий металл затвердевает, образуя наплавленный слой 9. Флюс также затвердевает, покрывая наплавленный слой шлаковой коркой 7. Флюсы по способу изготовления разделяют на плавленые (АН-60, ОСЦ-45, АН-348А и др.) и неплавленные керамические (АНК-18, АНК-19, АНК-30 и др.). Чаще всего используют флюс АН-348А. Изменяя марки электродной проволоки и флюса, можно в широких пределах регулировать свойства наплавленного металла. Например, применяя распространенный плавленый флюс АН-348А и высокоуглеродистую наплавочную проволоку Нп-80, получим твердость наплавленной поверхности HRC 32...35. Если же применить керамический флюс АНК-18, то даже при использовании низкоуглеродистой сварочной проволоки Св-08 твердость покрытия составит HRC 39...47, а той же проволоки Нп-80 — HRC 60...63.

Наплавку обычно производят с использованием источника постоянного тока обратной полярности, реже — с использованием источника переменного тока. Диаметр проволоки чаще всего составляет 1,2...3,0 мм,

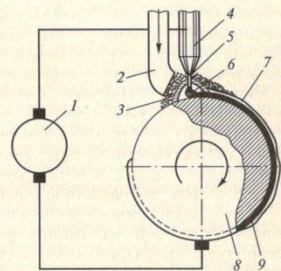


Рис. 11.7. Схема наплавки под флюсом:
1 — источник питания; 2 — устройство для подачи флюса; 3 — оболочка из жидкого флюса; 4 — мундштук; 5 — электродная проволока; 6 — электрическая дуга; 7 — шлаковая корка; 8 — наплавляемая деталь; 9 — наплавленный слой

сила тока при этом достигает 500 А и более. Толщина наплавленного слоя составляет 1,5...3,0 мм. Наплавку под флюсом применяют для восстановления деталей с большими износами. Этот способ обеспечивает большую производительность и хорошее качество покрытий. Однако им невозможно наплавлять детали диаметром менее 40 мм из-за большой глубины проплавления и медленного охлаждения металла под флюсом.

Наплавка в среде защитных газов. При наплавке в среде защитных газов в зону горения дуги вместо флюса подают газ (аргон, углекислый газ и др.), который оттесняет воздух и защищает от его воздействия расплавленный металл. Лучшая защита достигается в среде инертного газа аргона. Однако этот газ дорогой и применяется лишь при восстановлении деталей из алюминиевых и других трудносвариваемых сплавов. Чаще всего используют углекислый газ (СО₂). Для получения хорошего качества наплавленного металла при наплавке в среде СО₂ используют проволоку, легированную марганцем, кремнием и другими раскислителями (Св-08ГС, Нп-30ХГСА и др.). Наплавляют металл обычно с использованием источника постоянного тока обратной полярности.

Благодаря меньшей, по сравнению с наплавкой под флюсом, глубине проплавления, быстрому охлаждению металла, применению проволоки небольших диаметров (0,5...1,0 мм) и малых токов в среде защитных газов можно наплавлять детали практически любых диаметров. При этом можно получить меньшую толщину наплавленного слоя (0,8...1,5 мм). Достоинства наплавки в среде углекислого газа — отсутствие шлаковой корки, невысокая стоимость газа по сравнению с флюсом, больший коэффициент наплавки. Недостатки наплавки в среде углекислого газа по сравнению с наплавкой при слое флюса — более низкое качество покрытий, большее разбрызгивание металла. Применяют ее в основном для восстановления деталей, изготовленных из мало- и среднеуглеродистых сталей и чугуна, а также при ремонте кабин, кузовов и других тонколистовых изделий.

Наплавка вибрирующим электродом. При такой наплавке электродная проволока с помощью вибратора, расположенного в наплавочной головке, вибрирует с частотой 50...100 Гц и амплитудой 1...3 мм. Наплавку чаще всего проводят с использованием источника постоянного тока обратной полярности. При этом в цепь питания дуги последовательно включают регулируемое индуктивное сопротивление (дрессель). В зону горения дуги иногда подают флюс или защитный газ. Однако чаще детали наплавляют открытой дугой или подают охлаждающую жидкость (3...5 %-ный водный раствор кальцинированной соды) на расстоянии 10...40 мм от электрода. Наплавку чугунных и стальных незакаленных деталей осуществляют открытой дугой, используя малоуглеродистую проволоку, а стальных закаленных — используя высокоугле-

родистую или легированную проволоку с охлаждением (для заделки наплавленного слоя). Толщина слоя зависит от диаметра проволоки и составляет 0,5...2,5 мм.

Вибрация электрода в сочетании с индуктивностью позволяет примерно в два раза снизить напряжение дуги и мощность в сварочной цепи, в результате чего резко уменьшаются глубина проплавления и зона термического влияния, особенно при наплавке с охлаждением, что позволяет наплавлять детали диаметром более 10 мм. При этом уменьшается деформация детали, а при подаче охлаждающей жидкости образуются твердые износостойкие покрытия, без последующей термической обработки и применения дорогостоящих проволоки и флюсов. Однако наплавленный металл имеет неравномерную твердость, в нем часто появляются поры и микротрещины, в результате чего почти в 2 раза снижается усталостная прочность. Поэтому вибродуговую наплавку не рекомендуется применять для восстановления ответственных деталей, подвергающихся большим знакопеременным нагрузкам (коленчатых валов и др.).

11.7. Восстановление деталей газотермическим напылением

Сущность газотермического напыления состоит в том, что расплавленный каким-либо источником теплоты материал (металл, полимер, керамика и др.) распыляют сжатым воздухом или газом на мелкие частицы и направляют на подготовленную поверхность детали. Чаще всего напыляют металлы, поэтому процесс обычно называют металлизацией. Частицы расплавленного металла, соприкасаясь с воздухом, охлаждаются, но достигают поверхности детали в пластическом состоянии. Ударяясь о нее с большой скоростью (до 300 м/с и более), они расплющиваются, заклиниваются в неровностях поверхности и охлаждаются, формируя покрытие.

Соединение покрытия с основой происходит за счет механического зацепления и лишь частично — за счет молекулярных связей, а также из-за усадки покрытия при охлаждении. Поэтому для обеспечения надежного сцепления покрытия поверхность детали тщательно очищают и подвергают дробеструйной или струйно-абразивной обработке, создающей повышенную шероховатость. Покрытия имеют высокую пористость, что положительно влияет на работу подвижных соединений.

В зависимости от способа расплавления металла металлизацию разделяют на дуговую, плазменную, газовую, детонационную и др. При *дуговой металлизации* электрическая дуга горит между двумя проволоками, расплавляет их, а струя сжатого воздуха наносит расплавленный металл на восстанавливаемую деталь (рис. 11.8).

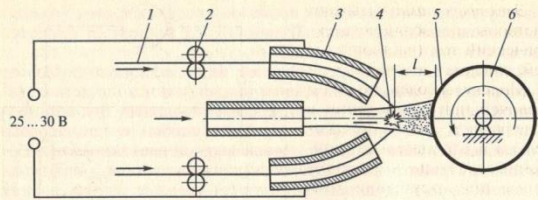


Рис. 11.8. Схема дуговой металлizations:
1 — электродная проволока; 2 — изолированные ролики; 3 — латунный накопчик; 4 — электрическая дуга; 5 — напыленный металл; 6 — деталь, l — расстояние от дуги до поверхности детали

При *плазменной*¹ металлizations электрическая дуга горит в узком канале плазмотрона, через который пропускают плазмообразующий газ (аргон, азот и др.) и металлический порошок. Температура сжатой дуги достигает 18 000 °С, что позволяет расплавлять и наносить на детали тугоплавкие износостойкие порошки.

При *газовой металлizations* проволоку или порошок расплавляют в пламени горючего газа.

Детонационную металлizations проводят на специальной установке (пушке) с использованием для расплавления и нанесения материала энергии, выделяющейся при мгновенном сгорании взрывчатой смеси. Этот способ обеспечивает наиболее высокие свойства покрытий.

Достоинства газотермического напыления: нагрев детали не превышает 200 °С, что сохраняет ее структуру и свойства; возможность получения покрытий с заданными свойствами и толщиной (от сотых долей до нескольких миллиметров), что уменьшает припуск на обработку; высокая производительность и др. Недостатки — низкая сцепляемость и повышенная хрупкость покрытий. Для повышения сцепляемости покрытия часто оплавляют.

11.8. Гальванические способы восстановления деталей

Восстановление деталей гальваническими покрытиями основано на использовании явления электролиза.

Электролизом называют химический процесс, протекающий на электродах при прохождении через электролит электрического тока.

¹ Плазма представляет собой сильно ионизированный газ.

Электролитами называют растворы, проводящие электрический ток (растворы солей, кислот, щелочей).

Молекулы солей, кислот и щелочей при растворении в воде распадаются на положительно и отрицательно заряженные частицы — *ионы*, которые при отсутствии тока находятся в хаотическом движении. Если же через электролит пропускать постоянный ток, то под действием электрического поля ионы будут двигаться направленно (рис. 11.9): положительно заряженные ионы (ионы металлов и водорода) перемещаются к отрицательному электроду — *катоде* и поэтому называются *катионами*, а отрицательно заряженные ионы (ионы металлоидов и кислотных остатков) движутся к положительному электроду — *аноду* и поэтому называются *анионами*. На поверхности электродов ионы разряжаются, превращаясь в нейтральные атомы или группы атомов. При этом на катоде осаждаются атомы металла, образуя кристаллическую решетку и постепенно покрывая его поверхность слоем металла, а анод растворяется (в случае электролиза с растворимым анодом), образуя новые ионы металла взамен выделившихся на катоде и поддерживая их концентрацию в электролите.

Основным компонентом электролита обычно является соль осаждаемого металла. Катоды при электролизе служат предварительно подготовленные детали, подлежащие покрытию, а анодом — пластины из осаждаемого металла. Количественно процесс электролиза подчиняется законам Фарадея, которые в общем виде выражаются формулой

$$M_t = CIt_0,$$

где M_t — масса выделяющегося на катоде или растворившегося на аноде вещества, г; C — электрохимический эквивалент вещества (для каждого металла величина постоянная), г/А·ч; I — сила тока, проходящего через электролит, А; t_0 — продолжительность электролиза, ч.

Действительная масса осажденного металла будет меньше теоретически возможной, так как одновременно с осаждением металла на катоде могут протекать другие побочные процессы. Отно-

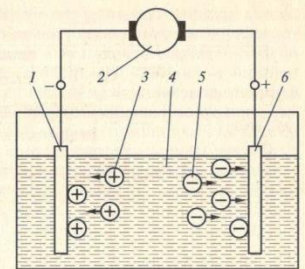


Рис. 11.9. Схема электролиза:
1 — катод (деталь); 2 — источник постоянного тока; 3 — катионы; 4 — электролит; 5 — анионы; 6 — анод