

Тема 1. Материаловедение

1.5 Электротермические и электрохимические методы обработки металлов.

Электрохимический метод обработки (электрохимическое полирование металлов и анодно-химическая обработка) основан на явлениях, связанных с прохождением электрического тока через растворы электролитов. Этот метод обработки позволяет очищать поверхности обрабатываемых материалов от оксидных пленок, ржавчины, жировых пленок и других загрязнений, а также сглаживать, доводить, шлифовать и полировать поверхности заготовки.

В процессе электрохимического полирования при анодном растворении металла, т. е. при переходе в раствор металла с поверхности электрода (анода), соединенного с положительным полюсом источника тока, на поверхности заготовки образуется вязкая пленка солей, защищающая микровпадины полируемой поверхности от действия тока, но не препятствующая растворению выступов. Интенсивность линейного съема металла составляет 3...10 мкм/мин, длительность процесса зависит от толщины удаляемого слоя: для черных и цветных металлов 4...10 мин, для легких сплавов 3...5 мин. Достижимая точность обработки в пределах 7...8-го квалитетов, шероховатость поверхности в пределах $Ra = 1,6...0,025$ мкм.

Если на острие лезвия инструмента создать повышенную плотность тока и этим самым усилить процесс растворения этого участка, то возможно электрохимическое затачивание режущего инструмента.

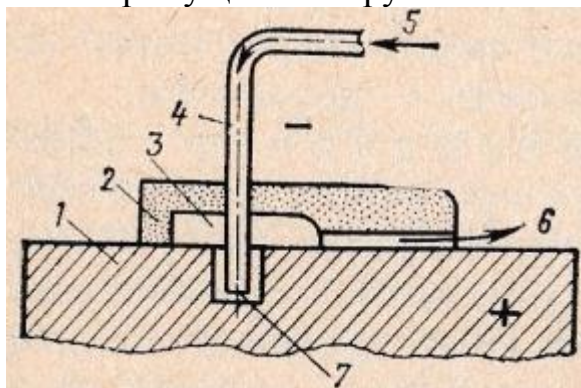


Рис. 13

На рис. 13 схематически показано прошивание отверстия электрохимическим методом. Если между торцом латунной трубки 4 (катода) и поверхностью обрабатываемой заготовки 1 (анода) создать местную электролизную ванну 3, то можно осуществить анодное растворение участка, ограниченного трубкой, т. е. произвести электрохимическое прошивание отверстия 7 (2 — прижим, 5 — подвод электролита, 6 — возврат электролита). Прошивание протекает при большой интенсивности съема металла (500...2000 мкм/мин) и обеспечивает шероховатость поверхности в пределах $Ra = 3,2...0,8$ мкм.

По этому же принципу, изменяя форму и размер катодной трубки, можно получать отверстия различных форм и размеров.

Анодно-механическая обработка основана на интенсификации растворения поверхности анода посредством механического удаления

образующихся на поверхности пленок, например, при движении катода. На этом принципе построена анодно-механическая резка металла (рис. 249). Катод 1 в виде диска или ленты вращается и соприкасается с заготовкой 2. Место контакта поливают электролитом 3 (водный раствор жидкого стекла). При прохождении тока происходит анодное растворение, а продукты обработки уносятся движущейся поверхностью электрода-инструмента 1. При разрезании интенсивность съема металла составляет 2000...6000 мм³/мин; точность обработки по 11-му качеству; шероховатость поверхности Ra=25...6,3 мкм.

При анодно-механическом долблении направленное разрушение металла осуществляется также под действием электрохимического и электротермического тока, причем инструмент (катод) представляет негативную форму обрабатываемой поверхности. При этом методе обработки съем металла составляет 50...250 мм³/мин; точность обработки по 7...11-му качествам и шероховатость поверхности Ra=6,3...1,6 мкм.

Анодно-механической обработкой можно выполнять также отделочное и притирочное шлифование. В этом случае процесс заключается в механическом удалении пленок, образующихся на поверхности обрабатываемой заготовки (анода) при прохождении тока между ее поверхностью и катодом в среде электролита. Инструмент, удаляющий пленку, является электронейтральным. Интенсивность съема металла составляет 2...6 мм³/мин, точность обработки 6...7-й качества и шероховатость поверхности Ra=0,2...0,05 мкм.

Электротермический метод обработки основан на свойстве электрического тока выделять тепло при прохождении по цепи, имеющей электрическое сопротивление. В местах контакта, где сопротивление максимально, электрический ток может разогревать, размягчать и даже плавить металл.

Используя этот принцип, можно сглаживать поверхность, удалять металл, прошивать отверстия, прорезать пазы, а также затачивать режущий инструмент. Для регулирования хода процесса можно применять искусственное охлаждение или изменять скорость перемещения инструмента. Этим же методом можно производить наплавку, нанося слой металла на заготовку путем плавления электродной проволоки теплотой, выделяющейся при контакте электрода с заготовкой.

Электроэрозионный метод обработки основан на разрушении металла в результате разрядов между поверхностями обрабатываемой заготовки и инструмента. Так как преимущественно разрушается анод (заготовка), то на его поверхности образуется углубление, соответствующее по форме катоду (инструменту). Это свойство успешно используют для выполнения отверстий, диаметр которых составляет доли миллиметра, а также для резки металла, прорезки узких пазов, фигурной резки, формообразования режущих кромок, гравирования и других подобных операций. Отверстия обычно обрабатывают в масляной или керосиновой среде, а упрочнение инструмента и деталей производят в воздушной среде.

На рис. 14 приведена схема установки для электроэрозионного прошивания отверстий. Импульсы электрического разряда, возникающие между торцом электрода 3 и поверхностью заготовки 1, разрушают металл заготовки, образуя

отверстие. **Малые отверстия прошивают при обязательной вибрации электрода или заготовки для удаления образующихся отходов.** Направление инструмента (электрода) определяет кондуктор 4, изготовленный из материала, не проводящего ток. Обработку осуществляют в жидком диэлектрике 2 при питании от источника 5.

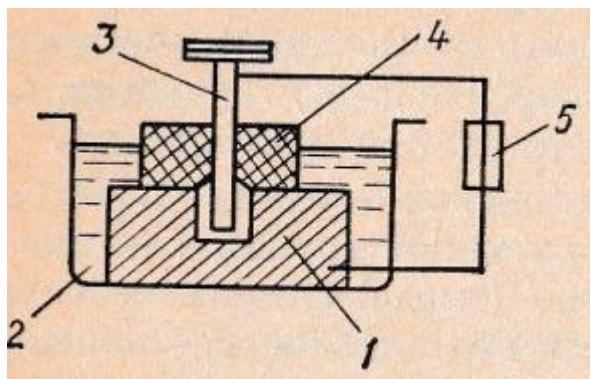


Рис. 14

Поверхности сложной формы обрабатывают этим методом с точностью по 8...12-му квалитетам и шероховатостью поверхности $Ra=11,5...1,6$ мкм. Время обработки отверстий диаметром 0,15 мм глубиной 3 мм составляет 1,5 мин.

Электрогидравлический метод обработки в последнее время в промышленности получил большое распространение. Он основан на возбуждении высоковольтного разряда в среде жидкости. В жидкости возникают сверхвысокие давления в виде импульсов, при воздействии которых на заданный участок поверхности происходит течение материала заготовки. Мощность и длительность импульсов определяются параметрами электрической схемы. Этот метод применяют для наклепа поверхностей металлических заготовок, штамповки и т. д.

Ультразвуковой метод применяют в настоящее время для обработки твердых и хрупких материалов (например, стекла, рубина, алмаза, керамики и др.). с большим трудом обрабатываемых обычными методами.

Использование ультразвуковых колебаний для обработки основано на создании высокой скорости изнашивания обрабатываемого материала при контакте вибрирующего инструмента и абразивов (в виде пасты, водной или масляной суспензии) с местом обработки. Инструмент изготавливают преимущественно из пластичного металла, в который абразивные частицы внедряются без его существенного износа. Таким образом, стержень инструмента (вибратор) служит только для направления, а резание производят абразивным материалом. Чтобы создать надлежащий контакт, вибратор прижимают к головке.

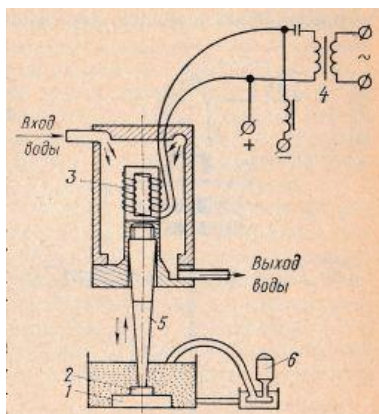


Рис. 15

На рис. 15 приведена схема ультразвуковой обработки. Инструмент 2 совершает продольные колебания с частотой 16 000...25 000 Гц и амплитудой 0,02...0,06 мм. Его изготавливают из конструкционной стали, и по профилю он соответствует форме обрабатываемого отверстия. В зону обработки, т. е. в зазор между рабочим торцом инструмента 2 и заготовкой 1, с помощью насоса 6 подают абразивную суспензию (в качестве абразива, как правило, применяют карбид бора). Источником колебаний инструмента является магнитострикционный преобразователь 3, в котором электрические колебания от мощного электронного генератора 4 преобразуются в механические. Колебания торца преобразователя 3 невелики: 5...10 мкм. Для увеличения амплитуды в 2...5 раз применяют трансформаторы скорости, или акустические концентраторы 5. К узкому сечению концентратора крепят инструмент. В процессе обработки инструмент должен непрерывно перемещаться по направлению к заготовке. При обработке глухих отверстий инструмент необходимо периодически поднимать для заполнения полости свежим абразивом и удаления продуктов резания.

При обработке заготовок из электропроводящих материалов предварительную обработку для снятия большей части материала целесообразно производить электроэрозионным методом, а чистовую обработку для получения шероховатости поверхности $Ra=1,6...0,8$ мкм — ультразвуковым методом.

Производительность ультразвуковой обработки зависит от свойств обрабатываемого материала, амплитуды и частоты колебаний инструмента, вида и зернистости абразивного материала, размеров обрабатываемой площади, конфигурации обрабатываемой поверхности и давления (статического) между инструментом и заготовкой. Существующие модели ультразвуковых станков позволяют обрабатывать отверстия диаметром от 0,15 до 90 мм при максимальной глубине обработки 2...5 диаметров с погрешностью обработки для твердых сплавов 0,01 мм.

Ультразвуковой метод может быть применен при изготовлении твердосплавных штампов, для чеканки рельефов (например, медалей); в этом случае вибрирующий инструмент должен иметь рельеф детали.

Метод обработки электронным лучом. Практика установила возможность использования энергии сфокусированного электронного луча для обработки твердых материалов посредством их местного плавления. В вакууме создают импульсный электронный луч с частотой от 1 до 3000 Гц и временем импульсов от 0,01 до 0,00005 с при скорости электронов 115 000...165 000 км/с, с температурой в зоне обработки около 6000°C. Время обработки зависит от

количества удаляемого металла и его термических и химических свойств; механические свойства металла на время обработки влияния не оказывают. **Электронно-лучевая установка состоит из источника питания, вакуумной системы, блока управления и электронной пушки.** Для образования эмиссии электронов служит источник питания, который осуществляет накал катода.

Электронная пушка (рис. 16) состоит из термоэлектронного катода, управляющего электрода 1, импульсного генератора (модулятора) 2, электромагнитного регулирующего устройства 3, магнитной линзы 4 и отклоняющей системы 5. *Импульсный генератор 2 обеспечивает в целях ограничения зоны нагревания прерывность электронного луча, а электромагнитное регулирующее устройство 3 стабилизирует его.* Магнитная линза 4 предназначена для фокусирования луча до необходимого диаметра на поверхности заготовки (минимальный диаметр достигает 0,01 мм), а отклоняющее устройство 5 — для перемещения электронного луча по обрабатываемой поверхности.

Производительность обработки электронным лучом значительно выше, чем при прочих методах обработки. Стальные листы толщиной до 1 мм режут электронным лучом со скоростью 1200 мм/мин.

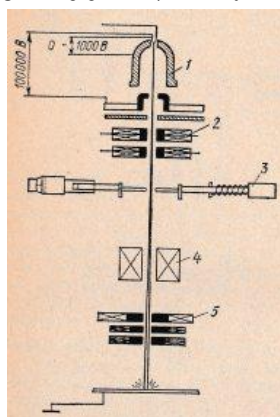


Рис. 16

В настоящее время электронным лучом обрабатывают отверстия диаметром до 0,001 мм, а также фрезеруют сложные профили. Электронный луч применяют для очистки поверхностей деталей, изготовленных из таких материалов, как тантал, молибден, цирконий, ниобий, титан и вольфрам, а также для сварки некоторых сплавов.

Метод светолучевой обработки основан на использовании электромагнитных колебаний светового диапазона, получаемых с помощью квантовых оптических генераторов (лазеров).

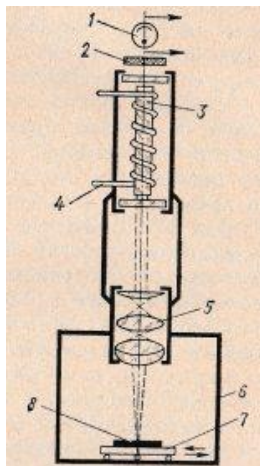


Рис. 17

На рис. 17 приведена схема обработки лучом лазера с рабочим телом из монокристалла рубина (оксида алюминия, где около 0,05% атомов алюминия заменены атомами хрома). Основные элементы этого генератора: 3 — рубиновый стержень и 4 — лампа накачки; 1 — фотоэлемент для регулирования световой энергии; 2 — светофильтр; 5 — оптическая система; 6 — рабочая камера; 7 — механизм подачи заготовки; 8 — заготовка.

Торцы рубинового стержня шлифуют и полируют так, чтобы они были плоскопараллельными, а затем серебрят. Когда свет, возбуждаемый лампой накачки, проходит вдоль стержня, он попеременно отражается от зеркальных торцов. Генерирование световых колебаний производится разрядами конденсаторной батареи на лампу накачки. При этом свет достигает большой интенсивности, определяемой также числом возбужденных атомов хрома. Для вывода светового луча одно из зеркал делается частично прозрачным. Исходящий из оптического генератора луч можно сфокусировать до диаметра, не превышающего 0,01 мм. При этом точка, в которую направлен световой луч, разогревается до десятков тысяч градусов и материал испаряется. Возможности применения рассматриваемого метода весьма многообразны. В качестве примера можно привести сверление отверстий диаметром 0,01...0,3 мм в материале толщиной 0,1...5 мм с шероховатостью поверхности стенок $R_a=2,5...1,25$ мкм. Данный метод позволяет прошивать отверстия и щели в любом материале (алмаз, рубин, тантал и др.). Мощный световой луч можно использовать также для сварки в труднодоступных местах машин и приборов, для пайки и сварки тонких деталей современных микроэлектронных изделий и т. д.