

УДК 621.9.047.4

РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА И МАКЕТА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК

Анастасия Олеговна Конькова

Магистр 1 года

кафедра «Металлорежущие станки и оборудование»

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

Научный руководитель: Д.В. Иванов,

доцент кафедры «Металлорежущие станки и оборудование»

Ключевые слова: электрохимия(*electrochemistry*), обработка (*treatment*), процесс (*process*).

Развитие машиностроения связано с использованием высокопрочных, жаропрочных, твердых и вязких материалов, обработка которых резанием затруднительна, а в ряде случаев невозможна. Одним из перспективных методов формообразующей обработки таких деталей является электрохимическая обработка (ЭХО). Однако широкое применение ЭХО сдерживается недостаточной изученностью процесса. Настоящая работа посвящена выявлению технологических возможностей процесса и разработке оборудования для электрохимической обработки. Целью работы является разработка макетного образца оборудования для электрохимической обработки и анализ процесса электрохимического формообразования.

Электрохимическая обработка металлов – способы обработки, предназначенные для придания деталям определенной формы, нужных размеров или свойств поверхностного слоя. Осуществляется в электролизерах (электролитических ваннах, электрохимических ячейках специальных станков, установок), где обрабатываемая деталь является либо анодом (анодная обработка), либо катодом (катодная обработка), либо тем и другим попеременно. Электрохимические методы обработки появились в связи с применением сверхпрочных металлов и других материалов, трудно поддающихся традиционной обработке. Новые методы оказались эффективными для изготовления деталей сложной формы (штампов, пресс-форм), деталей малой жесткости или небольших размеров (с круглыми отверстиями, щелями), а также обработки в тех случаях, когда механическое воздействие на заготовку либо ограничено, либо режущий инструмент (фреза, сверло, резец) не может быть подведен к обрабатываемой поверхности. Но широкое применение ЭХО сдерживается недостаточной изученностью процесса.

Электрохимические методы обработки металлов основаны на принципе электролиза. Известно, что, если в сосуд с токопроводящей жидкостью ввести твердые проводящие пластинки (электроды) и подать на них напряжение, возникает электрический ток. Такие токопроводящие жидкости называются проводниками II рода или электролитами. К их числу относятся растворы кислот, щелочей и солей в воде или в других растворителях, а также расплавы солей. Носителями тока в электролитах служат положительные и отрицательные ионы, которые движутся соответственно к отрицательному электроду — катоду и положительному электроду — аноду. В зависимости от химической природы электролита и электродов, а также значения напряжения на металлическом катоде обычно выделяется водород или осаждается металл, на аноде происходит растворение металла, которое часто сопровождается выделением кислорода. Это явление и получило название электролиза. Основные его законы сформулировал в 1834 г. английский физик М. Фарадей.

Разработка модели электрохимического процесса

Процесс формообразования при размерной ЭХО происходит за счет анодного растворения металла заготовки под действием электрического тока в среде электролита. Непосредственный контакт между инструментом и заготовкой отсутствует.

Модель электрохимического процесса разрабатывалась применительно к водному раствору хлорида натрия, как наиболее часто применяемого.

В исходном состоянии заготовка и инструмент установлены с межэлектродным зазором в среде электролита и соединены с источником тока. Молекулы H₂O и NaCl дезориентированы в растворе.

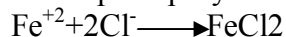
При включении источника тока заготовка и инструмент поляризуются под действием электрического поля. Молекулы H₂O и NaCl распадаются на ионы, и начинается процесс электролиза.

Электрохимический процесс протекает в 4 этапа.

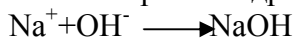
На первом этапе в растворе хлорида натрия (NaCl) молекулы последнего распадаются на катионы натрия Na⁺ и анионы хлора Cl⁻, а молекулы воды диссоциируют на катионы водорода и анионы гидроксильной группы OH⁻. Электроны перемещаются по электрической цепи анод-источник тока-катод.

Атомы железа, отдавая электроны в цепь, образуют катионы железа, которые переходят в раствор электролита $Fe-2e \longrightarrow Fe^{2+}$

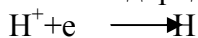
На втором этапе катионы железа, взаимодействуя с находящимися в электролите анионами хлора образуют хлористое железо.



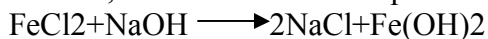
Ионы натрия и гидроксиды вступают в реакцию, образуя щелочь.



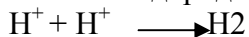
Ионы водорода разряжаются на катоде и образуют атомы водорода:



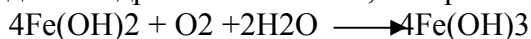
На третьем этапе хлористое железо вступает в реакцию со щелочью и образует гидрат закиси железа, восстанавливая хлористый натрий:



Атомы водорода соединяются в молекулы и в виде пузырьков газа выходят из раствора:



Далее гидрат закиси железа Fe(OH)₂ под действием кислорода окружающей среды переходит в гидрат окиси железа, который плохо растворим в воде и выпадает в виде осадка:



При электрохимической обработке растворение анода (металла с заготовки) происходит за счет его окисления и перехода в ионное состояние с образованием гидратов окислов металлов, которые удаляются потоком электролита. На катоде происходит процесс восстановления с выделением газообразного водорода.

Анодные процессы приводят к окислению или растворению поверхностного слоя металла. Среди анодных методов электрохимического травления, полирования, размерная обработка, оксидирование и другие.

Анодное травление происходит вследствие электролитического растворения металлов и механического отрывания с поверхности изделий пленки окислов выделяющимися пузырьками кислорода. При этом насыщения поверхностного слоя металла изделия кислородом не происходит, и явление травильной хрупкости отсутствует, но возможно перетравливание поверхности. Для данного метода травления металла в качестве электролита используются щелочные растворы солей металлов и кислот. Катодом при этом обычно служат свинец или реже железо как материалы, не растворяющиеся в электролите. Учитывая скорость процесса травления металла электролизом, в очистке изделий этим способом необходимо строго соблюдать определенный режим, чтобы не подвергать металл риску чрезмерного электролитического растворения. Характеристики анодного тока выбирают, исходя из

состояния поверхностного слоя изделия, а также необходимой скорости процесса. Травление ведется в комнатной температуре. Продолжительность операции определяют опытным путем.

Электрохимическое полирование—операция, заключающаяся в выравнивании микронеровностей поверхности металла анодным травлением. В результате неравномерного распределения плотности тока происходит интенсивное растворение микровыступов. При этом в микровпадинах и углублениях появляется пассивная пленка, которая препятствует растворению металла. Это приводит к сглаживанию микронеровностей поверхности и появлению блеска. Электрохимическое полирование применяют для снятия мелких заусенцев со штампованных деталей, для декоративной отделки деталей сложной формы. При таком методе поверхностный слой материала не деформируется, не имеет абразивных материалов и обладает «первозданной» структурой металла, не нарушенной наклепом, свойственной механическому способу подготовки поверхности. Наибольший эффект полирования достигается при исходном параметре шероховатости поверхности не менее $Ra = 0,63-0,080$ мкм. При более грубой обработке поверхность металла приобретает блеск, но имеющиеся на ней дефекты (риски, царапины и другие) сохраняются. Коррозионная устойчивость электрополированной поверхности выше, чем у механически полированной, так как происходит пассивирование металла.

Электрохимическая размерная обработка (ЭХРО) основана на принципе локального анодного растворения металлической заготовки при высокой плотности постоянного тока в проточном электролите. Анодное растворение заготовки производится без контакта между электродами на некотором расстоянии друг от друга, т. е. межэлектродном зазоре (МЭЗ) путем воздействия электрического поля, конфигурация которого формируется электродом-инструментом.

Процесс подчиняется законам электролиза и протекает в небольшом от 0,01 до 0,3мм МЭЗ.

Явления, протекающие в МЭЗ на границе металл-электролит, представляют собой совокупность взаимосвязанных процессов физического, химического и электрохимического характера. При выключенном источнике постоянного тока электроды в электролите находятся в равновесном состоянии (нейтральном). Для создания условий непрерывного растворения анода (заготовки), происходит смещение потенциала от равновесного значения за счет подключения внешнего источника тока. Чем оно больше, тем интенсивнее скорость электрохимического процесса и растворение анода.

При электрохимической обработке растворение анода происходит за счет его окисления и перехода в ионное состояние с образованием гидратов окислов металлов, которые удаляются потоком электролита. На катоде происходит процесс восстановления с выделением газообразного водорода.

Процесс обработки не сопровождается изнашиванием рабочего инструмента (катада), на обработанной поверхности отсутствуют остаточные напряжения и термические изменения структуры, а обработанная поверхность отличается повышенной коррозионной стойкостью и износостойкостью. Кроме того, этот вид обработки обеспечивает сравнительно высокую производительность и качество поверхности. Линейная скорость съема металла до 5...7 мм/мин.

Однако электрохимическая обработка имеет ряд недостатков: высокая энергоемкость процесса, относительно низкая точность обработки и необходимость надежной антикоррозионной защиты элементов электрохимических станков. На снятие 1кг металла с поверхности заготовки затрачивается от 5 до 25 кВт*ч электроэнергии, что во много раз больше по сравнению с процессом резания.

Процессы электрохимической обработки применяются в основном для формоизменения сложных поверхностей ковочных штампов, пресс-форм, лопаток турбин и компрессоров; обработки и прошивания отверстий и полостей любой формы; разрезания пластин

проволочным электродом; декоративной отделки поверхностей деталей; изготовления тонких лент и фольги, отрезания заготовок электродом-диском и других операций.

Наиболее эффективно обрабатывать электрохимическими методами жаропрочные и нержавеющие стали, твердые сплавы, титановые и магниевые сплавы, полупроводниковые и другие труднообрабатываемые материалы.

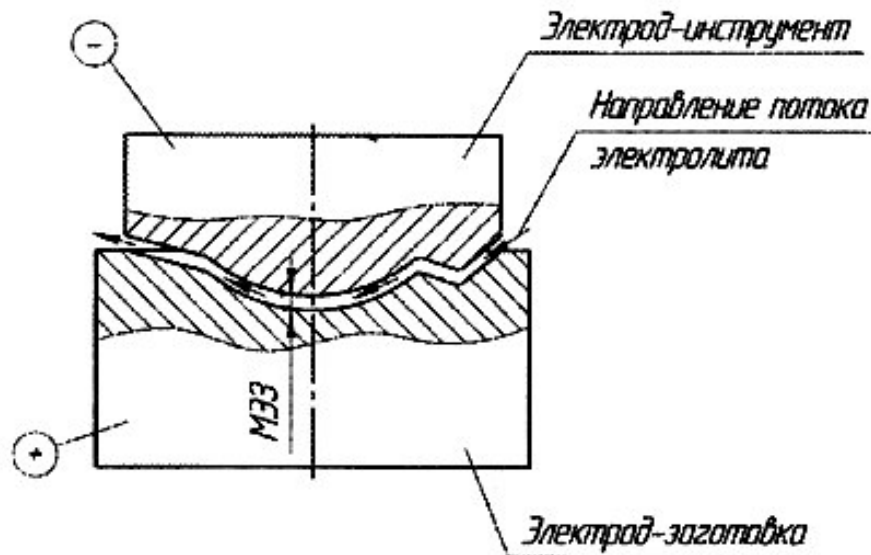


Рис.1. Процесс электрохимической обработки

Электрохимическое оксидирование проводится обработкой изделий на аноде в щелочном растворе, к которому в некоторых случаях добавляют окислители. Процесс идет при более низкой температуре и меньшей концентрации компонентов по сравнению с химическим оксидированием. Покрытия характеризуются лучшими защитными свойствами, чем полученные химическим способом. Однако электрохимический способ оксидирования не находит практического применения. Это связано с усложнением технологического процесса, требующего применения источников постоянного тока, специальных подвесных приспособлений, а также с низкой рассеивающей способностью электролитов, что затрудняет обработку профилированных деталей.

Электрохимическую обработку также применяют для маркирования изделий. Она позволяет с помощью дешевых и безвредных электролитов производить маркировку изделий, в том числе и тонкостенных, из материалов любой твердости. Такую маркировку выбирают, если на металлическую поверхность необходимо нанести графическое изображение или буквенно-цифровые строки в тех случаях, когда маркировка должна быть постоянной. Основное условие для применения этого вида маркировки - проводимость маркируемого материала.

Электрохимическое маркирование заключается в растворении металла при прохождении электрического тока от электрода (клейма) к изделию через слой электролита непосредственно или через смоченную электролитом прокладку с наложенным диэлектрическим трафаретом.

В случае применения трафаретов получить четкие границы индексов довольно трудно, поэтому шире применяют бестрафаретный способ маркирования, для которого характерны высокая производительность, простота оборудования и оснастки, высокие качества маркировки и отсутствие износа клейма. При такой маркировке не создаются концентраторы напряжений, что позволяет клеить изделия (детали) из тонкого листа, ажурные детали и детали, подверженные знакопеременным нагрузкам, где не допускается геометрическое и структурное изменение поверхности. Необходимо учитывать, что качество электрохимического маркирования зависит не только от точности соблюдения установленных режимов обработки, но и от состояния поверхности, на которую наносят маркировку. Для получения четкого изображения отклонение от плоскости этой поверхности не должно превышать 10—20 мкм (на

участке маркирования), а шероховатость— 2,5 мкм по Ra. Перед электрохимическим маркированием эту поверхность детали необходимо тщательно обезжирить тампоном, смоченным в бензине.

Указания о маркировании и клеймении помещают в технических требованиях чертежа и начинают словами: «Маркировать...» или «Клеймить...». Указания о клеймении на чертежах помещают только в тех случаях, когда необходимо предусмотреть на изделии определенное место клеймения, размеры и способ нанесения клейма.

Место нанесения маркировки или клейма на изображении изделия отмечают точкой и соединяют ее линией-выноской со знаками маркирования или клеймения, которые располагают вне изображения. Знак маркирования – окружность диаметром 10...15мм, знак клеймения – равносторонний треугольник высотой 10...15мм.

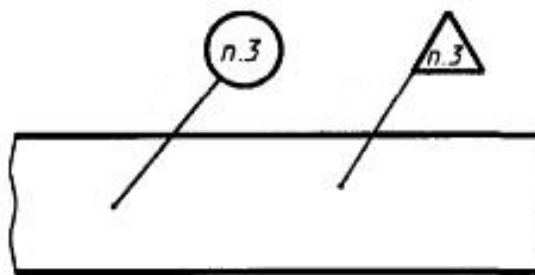


Рис.2 Указание места нанесения маркировки и клейма

Литература

1. Проектирование автоматизированных станков и комплексов. В 2 т. /под ред. П.М. Чернянского – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 331 с.
2. Иванов Д. В. Электрохимическая обработка машиностроительных деталей // Студенческий вестник МГТУ им. Баумана сборник научно-исследовательских работ студентов.- М., 2004. С. 42 -49.
3. Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дрожалова В.И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов. В 2-х томах. Учебное пособие для студентов вузов. М. Высшая школа. 1983г. 247 + 208 с.
4. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки Авторы: Г. Л. Амитан, И. А. Байсупов, Ю. М. Барон и др.; Под общ. ред. В. А. Волосатова. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. - 719 с.
5. Лившиц А. Л., Кравец А. Т., Мороз И. И. и др. Электроэрозионная и электрохимическая обработка. – М. 1980.- 205 с.
6. Смоленцев В.П., Смоленцев Г.П., Садыков З.Б. Электрохимическое маркирование деталей. М.: "Машиностроение", 1983г., 72с.
7. Яхимович Д. Ф. Оборудование для электрофизико-химической обработки деталей. М.: Машиностроение, 1981. 43 с.
8. Оборудование для размерной электрохимической обработки деталей машин/Под ред. Ф. В. Седыкина. М.: Машиностроение, 1980. 277 с.