

УДК 678.5.046.364

И. И. Хафизов

ПУТИ СНИЖЕНИЯ РАСХОДА МАТЕРИАЛОВ ПРИ ИХ РАЗДЕЛЕНИИ КОМБИНИРОВАННЫМИ МЕТОДАМИ

Ключевые слова: комбинированные методы, технологический процесс, оборудование.

При обработке труднообрабатываемых материалов следует рассматривать комбинированные методы. Применение анодной составляющей в комбинированном процессе значительно снижает силы резания от механического воздействия при разделении материалов, что позволит ускорить процесс без нарушения точности и качества поверхностного слоя. Электрохимическая обработка не повреждает обрабатываемую поверхность, обеспечивает высокий класс чистоты.

Keywords: the combined methods, technological process, equipment.

When processing hardly processed materials it is necessary to consider the combined methods. Application of an anode component in the combined process considerably reduces cutting forces from mechanical influence at division of materials that will allow to accelerate process without violation of accuracy and quality of a blanket. Electrochemical processing doesn't damage a processed surface, provides a high class of purity.

Системный подход к исследованию комбинированных методов с наложением электрического поля

Электрохимическая ячейка с электронными проводниками в контакте с ионными проводниками должна рассматриваться как единая система. При этом получаем интересующую нас систему — одна граница раздела электрод — электролит. Точно так же, как эта система является частью большой системы, сама граница раздела состоит из компонентов, частей или подсистем. Поскольку все системы в природе находятся в постоянном движении, их нужно рассматривать как процессы. Это означает, что активность границы раздела электрод — электролит складывается из активных компонентов или процессов. Далее, подсистемы взаимодействуют и составляющие процессы соединяются — таким путем системы выживают и сохраняют жизнеспособность. Поэтому, чтобы понять поведение системы в ответ на внешнее воздействие, необходимо идентифицировать компоненты, которые составляют систему, и понять взаимодействия между ними. Именно таким образом связываются функция и структура.

Интересным является способ электрохимической обработки [2].

Каковы составляющие процессов на границе раздела, зависит от уровня анализа. Например, на феноменологическом уровне можно рассматривать следующие компоненты системы границы раздела:

1) разделение заряда, включающее зависимость между током заряжения двойного слоя и изменениями потенциала и поверхностных избытков;

2) адсорбция — десорбция, которая связывает величину с активностями и потенциалом с помощью изотерм;

3) перенос заряда на электроде, который обуславливает связь между фарадеевским током, потенциалом и активностью частиц на границе раздела, связанных с реакцией переноса заряда;

4) массоперенос с (или без) объемным избытком (недостатком), который связывает поверхностную концентрацию и потоки;

5) гомогенная химическая реакция (комплексобразование, диссоциация и т. п.);

6) образование пространственного заряда;

7) образование фазы на электроде (анодные пленки, слой O₂);

8) диффузия в электрод;

9) гетерогенные химические реакции (рекомбинация, диспропорционирование);

10) явление поверхностного переноса (поверхностная диффузия и т. п.).

Эти компоненты процессов на границе раздела были давно известны и большинство из них получило математическую обработку, как специфические и отдельные процессы. Однако, поскольку компоненты поверхности раздела сложны, то эти процессы действуют в системе совместно; одна поверхность раздела отличается от другой числом, совместно действующих процессов, т. е. сложностью взаимодействий [3].

В конце 40-х — начале 50-х годов созрело детальное понимание электродной кинетики и электродных процессов в общем виде [1]. Были выяснены механизмы сольватации ионов, катодного выделения водорода и анодного выделения кислорода; был достигнут прогресс в общем понимании последовательных реакций; разгаданы тайны двойного слоя, сразу же обобщенного, как многослойная система, и был проложен путь для будущих кинетических исследований чистых поверхностных процессов. В частности, с тех пор оказалось возможным выяснить кинетическое поведение хемосорбированных промежуточных продуктов, растворимых промежуточных продуктов в различных растворах, органических электрохимических реакций. В последние 10 лет особенно большое внимание получили оптические методы: обычная и электронная микро-

скопия, спектрофотометрия, методы отражения, эллипсометрия и др., отражающие микроскопический взгляд на макроскопические явления. Несмотря на то, что многое уже известно, только-только начинают понимать сложность электрохимических процессов роста фазы, наблюдаемых при осаждении металлов и образовании оксидов.

Первоочередной проблемой электрохимических исследований являются процессы переноса электрона и протона, еще не изученные подробно, как этого требуют современные квантовые методы. По-прежнему следует использовать термодинамику и, например, в области диффузионных исследований необходимо осуществить статистические возможности теоретического подхода с точки зрения Марковских процессов. Рассмотрение случайных процессов, особенно тех, которые имеют отношение к псевдослучайным шумам, может многое дать для нового параметрического описания электрохимических явлений. Только разработан подход к пониманию детализированных характеристик простых квантовых систем и состояний, а последние методы уже подталкивают электрохимику к подробному изучению субсостояний.

Вместо привычных параметров, используемых в диаграммах потенциальной энергии (например, изменение потенциала, энергия адсорбции и энергия сольватации, изотермы для реагентов и промежуточных продуктов), можно применять более широкий морфологический подход, принятый в анализе систем. Крупный предварительный шаг в этом направлении уже сделан, когда Нагараяном был предложен метод для всеобъемлющего синтеза взаимосвязи между различными взаимодействующими компонентами на границе раздела электрод — электролит. Схема Нагараяна все еще является ограниченной в том смысле, что она относится к линейным электрохимическим системам и рассматривает только четыре феноменологических компонента, а именно разделение зарядов, рассмотрение адсорбции—десорбции, перенос заряда на электрод и массоперенос.

Обработка с помощью матриц линейных дифференциальных уравнений, вытекающих из систем, приводит к обобщениям, которые можно распространить и на нелинейные системы, имеющие большее сходство с теми, которые встречаются на практике. Очень близким к этому пути является расширение подробных моделей границы раздела при различных условиях. Нельзя недооценивать важную роль квантово-механических расчетов, особенно, если они дополнены различными вариационными методами, методами приближения и моделирования, которые стали возможными с появлением компьютеров и с созданием систем непосредственной связи компьютеров с электрохимическими ячейками.

Следует углубить понимание роли, которую играют неактивные адсорбированные электрочастицы, поскольку они могут оказывать блокирующие эффекты, электростатическое влияние, и не-кулоновские возмущения на ход, скорость и тип электрохимического взаимодействия.

Электрохимический метод первоначально был разработан для шлифования инструментов из карбида вольфрама[5]. Новый процесс показал явные преимущ-

ества по сравнению с дорогим обычным шлифованием. Успехи, достигнутые в настоящее время, позволяют экономично использовать электролитический метод для обработки деталей из закаленной стали. Использование абразивных кругов на угольной связке также будет вкладом в дальнейшем развитии электролитического шлифования.

При обработке труднообрабатываемых материалов электрохимический метод следует сравнивать с электроискровой обработкой. Там, где можно использовать инструменты большой площади и подвести необходимый к ним ток, электрохимическая обработка гораздо производительнее электроискровой. Но если по какой-либо причине можно использовать только инструменты с малой площадью, искровая обработка будет, возможно, более экономичной, так как стоимость оборудования для нее составляет примерно только половину стоимости оборудования для электрохимической обработки. Конструкции инструмента для искровой обработки проще, но при электрохимической обработке инструмент не изнашивается. Более того, электрохимическая обработка не повреждает обрабатываемую поверхность, обеспечивает высокий класс чистоты и, кроме того, самый высокий класс чистоты поверхности получается в том случае, когда плотность тока и, следовательно, местная скорость съема металла максимальны. Это означает, что самый высокий класс чистоты поверхности получается тогда, когда обработка ведется на предельной скорости подачи [4].

Варианты снижения расходов при их разделении комбинированными методами

1. Применение анодной составляющей в комбинированном процессе значительно снижает силы резания от механического воздействия при разделении материалов, что позволит ускорить процесс без нарушения точности и качества поверхностного слоя.

2. Управление комбинированным процессом разделения материала возможно за счет изменения анодной составляющей в широких пределах, что даст снижение сил резания и исключит дефекты (сколы, заусенцы) на выходе из зоны резания инструмента для любых материалов.

3. Управление комбинированным процессом возможно независимым изменением параметров химической и механической составляющей с ограничениями их предельных значений. Целью управления может стать оптимизация техно-логических режимов, объединяющая все составляющие комбинированного процесса.

4. Управление процессом возможно при использовании адаптивных систем, работающих по известному механизму взаимодействия элементов технологической системы с ограничениями по предельной погрешности поверхности разделения материала и допустимой микрошероховатости.

5. Адаптивные системы оборудования позволяют осуществлять обратные связи и выполнять оперативную корректировку режимов по выбран-

ным воздействиям в зависимости от свойств разделяемого материала и требований к изделию.

6. Управление точностью разделения возможно через поддержание требуемого положения режущей кромки нежесткого инструмента внешними воздействиями, управляемыми автоматически.

Экспериментальное оборудование

Например, для нанесения рисок и разрезки используется установка ЭХОК-1 с непрофилированным проволочным электродом и диском. В установке используется унифицированная гидравлическая схема, которая работает автономно и может осуществлять подачу электролита в рабочую зону, подогрев и охлаждение жидкости, промывку системы водой из водопроводной сети.

Ток подается от выпрямителя, собранного на диодах, размещенного в виде автономного блока.

Установка оснащена комплексом средств регулирования и управления процессом. В соответствии со схемой использованы следующие способы воздействия на процесс:

- стабилизация основных параметров на входе;
- компенсация изменений параметров электролита временем протекания процесса;
- создание идентичных условий процесса путем применения импульсного тока;
- выравнивание условий процесса подачей электролита через щели и отверстия, расположенные под углом к обрабатываемой поверхности не более 10-15°.

В зависимости от обрабатываемого материала, вида и глубины обработки с помощью регуляторов станка можно установить широкий диапазон режимов обработки. При этом станок позволяет вести обработку на режимах стабилизированного напряжения, при которых автоматически включается адаптивное управление продолжительностью процесса; на неизменном токе или его плотности, а также на импульсном токе с выбранной скважностью и длительностью импульсов. Предусмотрены автономные средства стабилизации температуры и давления электролита, которые являются составной частью общей гидравлической системы.

С помощью гидравлической системы подача электролита производится в рабочую зону с заданным давлением и температурой, промывка системы и деталей проточной водой. Как показали исследования, при изготовлении деталей следует применять режим стабилизированного напряжения.

При комбинированной обработке хорошие результаты по точности дает применение импульсного тока. Например, в станке СЭХО-901 применяется устройство для формирования импульсного тока с регулируемой скважностью и длительностью в виде блока-приставки к серийному источнику постоянного тока. Экспериментальные установки имеют оснастку, позволяющую устанавливать и закреплять детали. Для изготовления оснастки используют медные сплавы, коррозионно-стойкие стали, титановые и медно-графитовые материалы [6].

Способы управления стабильностью резания при комбинированном разделении заготовок

Применительно к электроалмазному разделению целесообразно использовать эффект наклепа зернами зоны обработки, что возможно при достаточно больших размерах зерен. Можно предполагать, что размеры зерен не оказывают большого влияния на шероховатость поверхности паза, т.к. при наложении тока высота неровностей сглаживается за счет анодного растворения вершин при малых межэлектродных зазорах (до 50 мкм), где начальный этап выравнивания микроповерхности происходит за счет макропроцесса анодного растворения.

Процесс электроабразивной резки характеризуется в основном двумя составляющими - электрохимическим анодным растворением материала и механическим съемом материала абразивными зернами диска. При изгибе режущей части сборного диска, большем предельно допустимого, управляющий сигнал с выхода вторичного преобразователя поступает на регулятор или напряжения и уменьшает величину напряжения между диском в сторону которого происходит изгиб, и деталью. Предположим, что изгиб производит в сторону диска, уменьшение напряжения между диском и деталью вызывает увеличение доли механической составляющей резки со стороны диска, и на режущую кромку диска начинает действовать механическое усилие, вектор которого направлен в сторону, противоположную направлению изгиба, а величина пропорциональна величине изгиба сборного диска. Это вызывает коррекцию положения режущей кромки сборного диска относительно плоскости реза и постепенную компенсацию изгиба, что позволяет повысить точность резки.

Обоснование требований позволяет установить технологические возможности процесса, геометрические размеры инструмента, его характеристики, структуру автоматизированного оборудования, его сложность и уровень автоматизации [7].

В статье предложен системный подход к достижению поставленной цели, включающий научно-обоснованную оценку достижимых показателей при разделении заготовок с сечением до 15 мм (наиболее часто используемые изделия из дефицитных материалов), намечены возможные пути решения задачи окончательной обработки при разделении заготовок из материалов с особыми свойствами (хрупкие магнитные изделия, вольфрам, полупроводники и др.).

Обоснование требований позволяет установить технологические возможности процесса, геометрические размеры инструмента, его характеристики, структуру автоматизированного оборудования, его сложность и уровень автоматизации.

Решение проблемы стабилизации параметров разделения возможно при адаптивном управлении процессом, режимами, положением режущей части инструмента в пазе, что даст возможность предельных показателей по точности при разделении заготовок. Расширение технологических воз-

можностей процесса становится реальным после калибровки боковых поверхностей паза по патенту [8].

В процессе исследований намечено установить связи между механическим воздействием абразива, анодным растворением и боковыми поверхностями пазов, определяющих показатели процесса по точности и качеству поверхностного слоя.

Требуется изучить способы поддержания положения инструмента в пазе при переменных внешних воздействиях путем подачи на периферию диска магнитных сил или струи рабочей жидкости по команде системы автоматизации установки.

Следует изучить методики расчета режимов обработки, параметров воздействия на инструмент, установить предельные показатели по точности и качеству поверхностного слоя, что позволит спрогнозировать структуру технологического процесса потери дефицитных материалов на разделение, повысить качество изделий за счет исключения дефектов кромок на последующей обработке.

Совмещение различных воздействий на объект обработки позволяет спроектировать комбинированные методы, в частности электроабразивный (электроалмазный). Эти методы применяются для резки при получении заготовок с последующей обработкой, которая в ряде случаев (изготовление деталей приборов, радиотехники, средств управления) нежелательна, т.к. приводит к неоправданным потерям материала, вторичным погрешностям и дефектам, резко повышает стоимость изделий. Установление однозначных связей между свойствами обрабатываемых материалов, сочетанием воздействий комбинированного процесса позволяет создать современное автоматизированное оборудование с управлением механической, химической, эрозионной составляющей в едином процессе, обеспечивающим получение после разделения материалов готовых деталей. При этом устраняются негативные воздействия на окружающую среду и ускоряется цикл изготовления деталей.

Использование подобных процессов ускоряет создание новых конкурентоспособных изделий, расширяет технологические возможности производства, способствует снижению дефицита и затрат на материалы. Это актуально для современного машиностроения и отвечает мировым требованиям к новой продукции.

Выводы

1. Изучен системный подход к исследованию комбинированных методов с наложением электрического поля. Он заключается в рассмотрении технологической проблемы разделения материалов с минимальными потерями на разрезку как единого процесса, включающего технологические вопросы, характеристики оборудования средств технологического оснащения и адаптивного управления составляющими элементами структуры станок- приспособление-деталь.

2. Рассмотрено экспериментальное оборудование, обладающее адаптивным управлением по коор-

динате, что позволяет установить численные показатели предельно достижимых результатов по точности разделения и качеству поверхностного слоя.

3. Изучены наработки прошлых лет для решения поставленной проблемы по созданию ресурсосберегающего технологического процесса и оборудования, обеспечивающего приоритет страны в создании конкурентоспособной продукции по показателям качества стоимости и новизны

Решение проблемы стабилизации параметров разделения возможно при адаптивном управлении процессом, режимами, положением режущей части инструмента в пазе, что даст возможность предельных показателей по точности при разделении заготовок. Расширение технологических возможностей процесса становится реальным после калибровки боковых поверхностей пазов [8].

Литература

1. Электрофизические и электрохимические методы, обработки материалов/ Б.А. Артамонов, Ю.С. Волков, В.И. Дрожалова и др. Т.1,2 Обработка материалов с применением инструмента/ Под ред. В.П. Смоленцева. - М.: Высш шк., 1983., 320 с.
2. Пат. 2323071 Российская федерация, МПК⁷ В23Н3/00, В23Н9/14. Способ электрохимической обработки./Хафизов И.И., Закирова А.Р., Садыков З.Б., заявитель и патентообладатель Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. - № 2006113276/02; заявл. 10.04.06; опубл. 10.11.07, Бюл. № 12.-3с.
3. Хафизов И.И. Малоотходное чистовое разделение дефицитных материалов комбинированным методом.: дисс. канд. техн.наук: 05.03.01: защищена 19.09.07: утв. 14.12.07 / Хафизов Ильдар Ильсурович.- ВГТУ, Казань, 2007 - 184 с.
4. Хафизов И.И. Экономическая эффективность и результативность способов разделения материалов электроалмазной обработкой/ И.И. Хафизов// Вестн. Казан. технол. ун-та - 2012. - Т15. № 17. - С.292-296.
5. Хафизов И.И. Технологические приемы с наложением электрического поля при малоотходном разделении материалов/ И.И. Хафизов// Вестн. Казан. технол. ун-та - 2012. - Т15. № 18. - С.31-36.
6. Седыкин Ф.В. Размерная электрохимическая обработка деталей машин 1 М.: Машиностроение. 1976.302 с
7. Хафизов И.И. Способы управления стабильностью процесса при комбинированном разделении заготовок./ И.И. Хафизов// Современные технологии, материалы, оборудование и ускоренное восстановление квалифицированного кадрового потенциала - ключевые звенья в возрождении отечественного авиа- и ракетостроения: Сб. докладов межд. научно-практ. конф. Т.П. - Казань: Изд-во "Вертолет", 2012.- 438 с. С.194-199.
8. Пат. 2341358 Российская Федерация, МПК⁷ В23Н3/00, 7/00, 7/12. Способ разделения заготовки из токопроводящего материала / В.П. Смоленцев, О.Н. Кириллов, Е.В. Смоленцев, А.М. Гренькова, И.И. Хафизов; №2007111233/02; заявл. 27.03.2007; опубл. 20.12.2008, Бюл. №35. 4 с.