

ЛАЗЕРНО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМБИНАЦИИ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

**Х. М. Рахимьянов, Б. А. Красильников, Н. П. Гаар, А. И. Журавлев,
А. А. Локтионов, Г. Б. Мироненко**
Новосибирский государственный технический университет,
г. Новосибирск, Россия

Традиционная электрохимическая размерная обработка металлов и сплавов [1] основана на процессе электрохимического растворения материала детали при прохождении тока через электролит в зазоре между деталью-анодом и инструментом - катодом. Скорость анодного растворения, определяющая производительность процесса, подчиняется объединенному закону Фарадея, согласно которому количество прореагировавшего вещества пропорционально току, прошедшему через электроды. В отдельных случаях ускорить процесс анодного растворения при электрохимической размерной обработке только повышением тока невозможно, поскольку этому препятствуют процессы пассивирования анодной поверхности. Явление пассивации возникает из-за превышения скорости образования анодных продуктов над скоростью их удаления с поверхности. В результате вблизи анода или на его поверхности накапливаются плохо растворимые соединения, препятствующие электрохимическому взаимодействию материала анода с электролитом, что приводит к торможению процесса растворения или к его полному прекращению. Пассивное состояние обрабатываемого материала, характеризуемое образованием при электрохимическом растворении легкоразрушаемых пленок на поверхности, снимается при введении в электролит активирующих анионов или увеличении скорости прокачки электролита через межэлектродный зазор. Однако, указанный способ имеет недостатки, заключающиеся в невозможности снятия отмеченными действиями пассивного состояния металлов и сплавов, при электрохимической обработке которых происходит образование труднорастворимых

пленок, имеющих зачастую хорошее сцепление с обрабатываемой поверхностью.

Существует лазерно-электрохимическая размерная обработка [2], в котором для активации процесса электрохимической обработки, а следовательно, и для повышения скорости анодного растворения, на обрабатываемую поверхность в процессе электрохимической обработки на анод налагается лазерное излучение. При наложении лазерного излучения осуществляется локальный нагрев электролита, что приводит к интенсивному конвективному перемешиванию жидкости вследствие разности температур всего объема электролита и столба жидкости, поглотившего лазерное излучение. Это способствует, с одной стороны, выносу продуктов реакции из зоны обработки, что облегчает подход новой порции анионов к обрабатываемой поверхности, а с другой стороны, при лазерной интенсификации процесса возможно избирательное возбуждение анионов в растворе электролита за счет сообщения им дополнительной энергии от лазерного излучения используемой длины волны для перехода в возбужденное состояние. Это приводит к усилению активирующих свойств анионов электролита и увеличению скорости образования их комплексов с ионами металла. В тоже время активированные лазерным излучением анионы электролита вытесняют кислород из образовавшихся химических соединений (пленок) и адсорбционных слоев на поверхности металла, что приводит к их разрушению. Кроме того, при наложении лазерного излучения возможно создание в пленках эффекта фотопроводимости, что способствует активации их анодного растворения. Одновременно погло-

¹ Исследования проведены при финансовой поддержке проекта, выполняемого в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ в 2012 г. и в плановом периоде в 2013-2014 гг. (Шифр заявки 7.759.2011 «Повышение конструктивной прочности материалов конструкционного и инструментального назначения методами, основанными на высокоэнергетическом воздействии»).

щение энергии лазерного излучения пленками приводит к их частичному или полному терморазрушению. Отмеченные механизмы воздействия лазерного излучения на процесс электрохимического растворения приводят к увеличению плотности тока, а следовательно, к повышению скорости анодного растворения материалов.

Ограничением широкого использования данного способа является невозможность увеличения скорости анодного растворения ряда металлов и сплавов из-за образования на их поверхности гаммы химических соединений в виде пленок, состоящих из различного рода окислов, что объясняется сложным химическим составом обрабатываемых материалов. Наличие на анодной поверхности различного рода химических соединений, имеющих различные свойства, в частности, разные коэффициенты поглощения в диапазоне длин волн используемого в способе лазерного излучения, приведет к тому, что одна часть химических соединений поглотит излучение данной длины волны, а другая – отразит его. В результате такой активации возможно терморазрушение только определенных химических соединений на обрабатываемой поверхности. В итоге пассивное состояние обрабатываемой поверхности в целом окажется не устраненным и роста скорости анодного растворения при электрохимической обработке не произойдет. Кроме того из-за большой скорости релаксации возбужденного состояния в тепло анионы электролита быстро теряют свои реакционные способности и также не могут осуществить пробой образующихся на обрабатываемой поверхности пленок. Это приводит к сужению функциональных возможностей данного способа при обработке широкого класса металлов и сплавов.

Выходом из сложившейся ситуации может стать лазерно-электрохимическая размерная обработка с использованием двух длин волн разного спектра (инфракрасного и ультрафиолетового) в одном пучке.

Совместное воздействие длин волн из инфракрасного и ультрафиолетового спектра излучения позволяет получить двухступенчатое возбуждение молекул электролита. Это повышает реакционную способность

анионов электролита по сравнению с одноступенчатым возбуждением. Кроме того, время жизни возбужденных анионов электролита значительно больше, чем при воздействии лазерного излучения одной длины волны. Таким образом, активация процесса электрохимического растворения металлов и сплавов двумя длинами волн ускоряет процесс анодного растворения вещества в течение более длительного промежутка времени, чем при одноступенчатом возбуждении. Наряду с увеличением скорости анодного растворения за счет повышения реакционной способности анионов электролита при активации процесса лазерным излучением с комбинированным ультрафиолетовым и инфракрасным спектром происходит терморазрушение многокомпонентных различного типа пленок на обрабатываемой поверхности. Удаление пленок с поверхности приводит в свою очередь к увеличению скорости анодного растворения сложнелегированных металлов и сплавов.

Таким образом, предложенный способ размерной обработки металлов и сплавов позволяет расширить функциональные возможности его использования за счет увеличения скорости анодного растворения материалов, образующих группы многокомпонентных пленок на обрабатываемой поверхности в процессе электрохимического растворения и повышения реакционной способности анионов электролита для пробоя образующихся пленок. Указанный способ лазерно-электрохимической размерной обработки запатентован (Патент № 2451582 «Способ размерной обработки металлов и сплавов») и отмечен Серебрянной медалью XL Международного салона «Inventions Geneva» 2012 г.

Список литературы:

1. Электрохимическая обработка металлов. Под ред. Мороза И.И. Москва: Машиностроение, 1969 г. - 208 с.
2. Филимоненко В.В., Самусев В.Г. Воздействие излучения ОКГ на анодное растворение металлов. Электрохимические и электрофизические методы обработки. Новосибирск: НЭТИ, 1976 г. № 4. С. 48-49).