

МЕТОДИКА ВЫБОРА ЭЛЕКТРОЛИТА ДЛЯ ЛАЗЕРНО-ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ*

*Х.М. РАХИМЯНОВ, доктор техн. наук, профессор,
Б.А. КРАСИЛЬНИКОВ, канд. тех. наук, профессор,
Н.П. ГААР, канд. тех. наук, доцент,
А.И. ЖУРАВЛЕВ, доцент,
А.А. ЛОКТИОНОВ, аспирант,
(НГТУ, г. Новосибирск)*

Статья поступила 15 мая 2012 года

Гаар Н.П. – 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
Новосибирский государственный технический университет, e-mail: lianelas@mail.ru

Предложена методика оценки оптических свойств электролита для лазерно-электрохимической обработки.

Ключевые слова: лазерно-электрохимическая обработка, электролит, лазерное излучение.

Введение

Увеличение производства новых конструктивных материалов, покрытий и изделий на основе металлических порошков требует разработки и использования методов не только механической обработки, но и электрофизических. К последним относится и лазерно-электрохимическая размерная обработка, основанная на электрохимической размерной обработке с активацией процесса лазерным излучением. Благодаря такой комбинации сохраняются все преимущества электрохимической размерной обработки (получение сложных форм при использовании простых схем движения инструмента и детали, отсутствие значимых силовых и температурных воздействий на поверхностный слой обрабатываемой детали), а применение лазерного излучения приводит к значительному повышению производительности процесса электрохимического растворения. Независимость обрабатываемости материалов от их физико-механических свойств обеспечивает перспективность данного метода для обработки труднообрабатываемых материалов. Однако при использовании лазерно-

электрохимической обработки перед технологом встает вопрос выбора состава электролита, так как в литературе отсутствуют сведения о критериях назначения состава электролита для лазерно-электрохимической обработки.

Подробности экспериментов

Сложность выбора химических составов электролитов при лазерно-электрохимической обработке заключается в необходимости обеспечения, с одной стороны, протекания электрохимических реакций, а с другой – наличия определенных оптических свойств электролита.

При традиционной электрохимической обработке к электролитам предъявляют следующие требования [1–5]: высокая растворимость и большая степень диссоциации; высокая активизирующая способность анионов электролита или близкое сродство анионов электролита к обрабатываемому металлу; образование нерастворимых продуктов реакции; высокая электропроводность; небольшая вязкость; отсутствие протекания побочных реакций.

* 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»).

Для лазерно-электрохимической обработки необходимо, чтобы электролит обладал определенными оптическими свойствами, позволяющими пропускать лазерное излучение в межэлектродный промежуток (рис. 1).

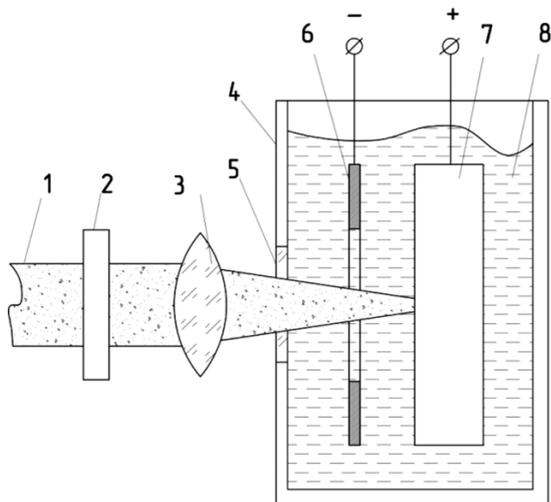


Рис. 1. Схема введения лазерного излучения через полый катод в жидкую среду:

1 – лазерное излучение; 2 – маска; 3 – фокусирующая система; 4 – электрохимическая ячейка; 5 – кварцевое стекло; 6 – полый катод; 7 – анод (обрабатываемая поверхность); 8 – электролит

Одной из важных характеристик, определяющих оптические свойства электролита, является коэффициент отражения на границе раздела сред. При большом значении коэффициента отражения лазерное излучение почти полностью отразится от границы сред ячейка – электролит или воздух–электролит в зависимости от схемы ввода лазерного излучения. В этом случае граница раздела сред будет оптически непрозрачной для конкретной длины волны. Если отражение от границ сред будет незначительным, то большая часть лазерного излучения попадает в толщу электролита, что обеспечит возможность ускорения процесса электрохимического растворения. При добавлении в дистиллированную воду небольшой концентрации соли (10...25 %) этот показатель является равным показателю отражения воды.

Следующей характеристикой, определяющей оптические свойства электролита, является коэффициент пропускания излучения. Каждой длине волны соответствует определенное значение данного параметра.

После оценки коэффициента отражения необходимо определить коэффициент пропускания электролита. Он позволяет оценить диапазон длин волн, которые пропускает электролит.

Для определения коэффициента пропускания электролита были проведены исследования на спектрофотометре СФ-2000 для 10- и 25 %-х водных растворах хлорида натрия в диапазоне длин волн от 0,19 до 1,1 мкм с использованием кварцевой кюветы с длиной оптического пути 10 мм.

Доля мощности излучения, дошедшего до обрабатываемой поверхности (анода), определяется поглощательной способностью электролита. При малой поглощательной способности электролита мощность лазерного излучения почти полностью достигнет обрабатываемой поверхности, что обеспечивает активацию электрохимических процессов в межэлектродном промежутке. В случае использования электролита с большой поглощательной способностью большая часть мощности излучения будет поглощена малым слоем электролита в области входа лазерного излучения в электрохимическую ячейку, и ускорения электрохимического растворения в зоне обработки не произойдет. Для оценки поглощательных свойств электролитов используется коэффициент экстинкции K , который рассчитывается из закона Бугера–Ламберта [6]:

$$K = \frac{2,303}{d} \lg \frac{I_1}{I_2} \text{ [см}^{-1}\text{]},$$

где d – слой жидкости, см; I_1 – мощность вводимого в жидкость излучения, Вт; I_2 – мощность излучения на выходе из жидкости, Вт.

Для определения коэффициентов экстинкции электролитов в данной работе с некоторыми допущениями (без учета потерь мощности излучения на втором кварцевом стекле в месте выхода излучения) использовалась кювета, изображенная на рис. 2. Кювета представляет собой емкость, изготовленную из оргстекла со вставками из кварцевого стекла в месте входа (входное кварцевое окно) и выхода (выходное кварцевое окно) лазерного излучения.

Для измерения мощности лазерного излучения использовался лазерный измеритель мощности и энергии излучения SOLO 2 с головкой для измерения мощности, характеристики которого приведены в табл. 1. Использование данно-

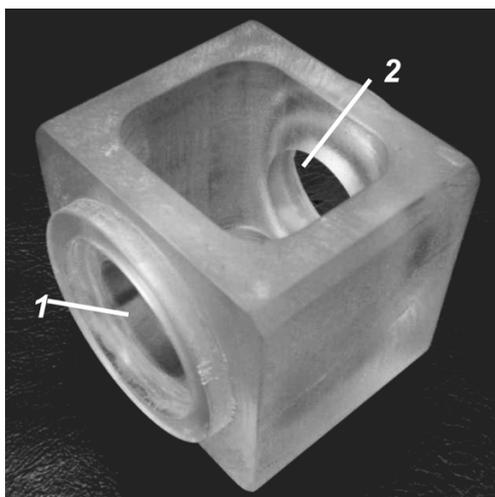


Рис. 2. Кювета для определения поглощательной способности электролита:
1 – входное кварцевое стекло; 2 – выходное кварцевое стекло

го прибора позволяет определять мощность излучения в диапазоне длин волн от 1,32 мкм до 0,35 мкм с высокой точностью.

Для измерения вводимой мощности лазерного излучения измерительный прибор устанавливают перед кюветой за источником лазерного излучения. После оценки вводимой в электрохимическую ячейку мощности излучения измерительную головку устанавливают за выходным окном кюветы для определения мощности излучения после прохождения через слой электролита. По разности измеренных мощностей на входе и выходе из кюветы определяется коэффициент экстинкции конкретного электролита.

В качестве электролитов в экспериментах использовались водные растворы хлорида натрия с концентрацией солей 10 и 25 %, как широко используемые в качестве электролитов при элек-

трохимической обработке различного класса материалов (нержавеющие стали, титановые сплавы и т.д.) [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты экспериментов по определению коэффициента пропускания представлены на рис. 2.

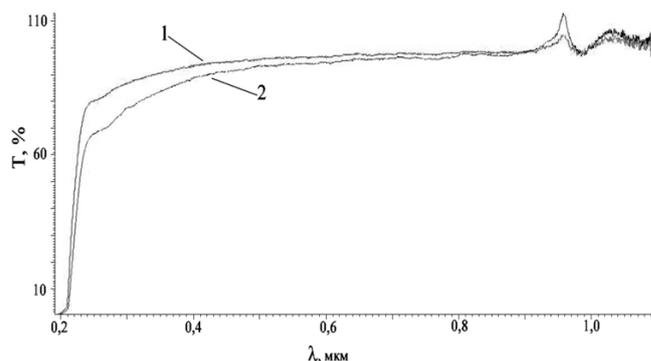


Рис. 2. Коэффициент пропускания для водных растворов хлорида натрия с концентрацией соли:
1 – 10 %; 2 – 25 %

Анализируя полученные данные, можно утверждать, что водные растворы хлорида натрия являются оптически проницаемыми в диапазоне длин волн лазерного излучения от 0,21 до 1,1 мкм. В диапазоне длин волн от 0,19 до 0,21 мкм коэффициент пропускания практически равен нулю, что говорит о том, что этот диапазон лазерного излучения не может использоваться при лазерно-электрохимической размерной обработке с использованием водных растворов хлорида натрия в качестве электролита.

В табл. 2 приведены значения поглощательных способностей водного раствора хлорида натрия в различном процентном содержании для двух длин волн (1,06 и 0,53 мкм) разного спектра. Из приведенной таблицы коэффициентов экстинкции следует, что даже для одной и той же длины волны в импульсном и непрерывном режиме значение коэффициента меняется. Это приведет к тому, что при использовании одного и того же лазерного излучения мощность, дошедшая до поверхности анода, будет различной. Концентрация соли в электролите также играет роль в поглощательной способности электролита, так как с ее ростом количество поглощенной энергии увеличивается.

Таблица 1

Технические характеристики измерительной головки мощности прибора SOLO2

Название характеристики	Значение
Спектральный диапазон	От 0,19 до 20 мкм
Диапазон мощности	От 1 мВт до 110 Вт
Диапазон энергий	От 20 мДж до 5 Дж
Время отклика	0,3 с
Чувствительность	0,5 мВ/Вт

Поглощательные свойства электролитов

Состав электролита	Коэффициент экстинкции, см ⁻¹		
	Непрерывный режим лазерного излучения с длиной волны 1,06 мкм	Импульсный режим лазерного излучения с длиной волны 1,06 мкм и частотой следования импульсов 5 кГц	Импульсный режим лазерного излучения с длиной волны 0,53 мкм и частотой следования импульсов 5 кГц
100 гр NaCl + 900 мл. дист. воды	0,16	0,18	0,18
250 гр NaCl + 750 мл. дист. воды	0,15	0,16	0,16

Выводы

Критериями выбора электролита для лазерно-электрохимической обработки на первоначальном этапе проведения исследований являются отражающая способность электролита и значение коэффициента пропускания на границе сред. При этом отражательные свойства электролита на границе раздела сред должны быть минимальными, а пропускающая способность электролита должна быть максимальной в диапазоне используемых длин волн лазерного излучения.

После установления коэффициента отражения и коэффициента пропускания для количественной оценки мощности лазерного излучения, дошедшей до образца, необходимо знание коэффициента экстинкции. Всем вышеперечисленным требованиям удовлетворяют водные растворы хлорида натрия. Они имеют пропускающую способность в диапазоне длин волн от 0,21 до 1,1 мкм, которые чаще всего используются для активации процессов электрохимического растворения.

Список литературы

1. Дамаскин Б.Б. Электрохимия: учеб. для вузов / Б.Б. Дамаскин, О.А. Петрий, Г.А. Цирлина. – М. : Химия, 2001. – 624 с.
2. Вишницкий А.Л. Электрохимическая и электро-механическая обработка металлов / А.Л. Вишницкий, И.З. Ясногородский, И.П. Григорьчук. – Л.: Машиностроение, 1971. – Вып.3. – 211 с.
3. Скорчеллетти В.В. Теоретическая электрохимия / В.В. Скорчеллетти. – Л. : ГОСХИМИЗДАТ, 1963. – 609 с.
4. Коваленко, В.С. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / В.С. Коваленко. – Киев : Вища шк., 1975. – 236 с.
5. Лившиц А.Л. Научно-технические направления развития электрофизических и электрохимических методов размерной обработки // В кн.: Материалы 17 Международ. симпоз. по электр. методам обраб. материалов. ИСШ-4. Братислава, 1974. – С. 245–250.
6. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. 4. Оптика / Д.В. Сивухин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 792 с.
7. Седыкин Ф.В. Размерная электрохимическая обработка деталей машин / Ф.В. Седыкин. – М.: Машиностроение, 1976. – 302 с.

Method of selection electrolyte for laser-electrochemical treatment

K.M. Rakhimyanov, B.A. Krasilnikov, N.P. Gaar,
A. I. Zhuravlev, A.A. Loktionov

The method for evaluation of the optical properties of the electrolyte for the laser-electrochemical treatment.

Key words: laser-electrochemical treatment, the electrolyte, the laser radiation was.