

ниями от номинальных размеров.

Воздействие ультразвука на дорн создает самоцентрирующий эффект на токопроводящую жилу, снижая разнотолщинность покрытия по сечению.

Эффективность воздействия УЗК зависит от вязкостных и акустических (звукопроводящих) свойств термопластичных материалов, интенсивности ультразвукового воздействия. Разработанная математическая модель линейной производительности позволяет установить связь между этими параметрами и расчетным путем определить область параметров технологических и акустических режимов, обеспечивающих повышение эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин В.М. Разработка технологии ультразвуковой виброэкструзии эластомерной электрической изоляции и оболочек кабельных изделий. Автореферат кандидатской диссертации, Томск, 1984г.
2. Соколов В.М. Разработка технологии и оборудования для экструдирования кабельных оболочек из высоковязких эластомеров. Диссертация на соискание уч. степени кандидата технических наук. Томск, 1986г, 227с.
3. Луговой В.П., Садыков С.Н., Буйлин Д.С. Головка экструдера для наложения полимерных оболочек. А.с. СССР № 1356007. Оpub. в БИ №4, 1987г.
4. Луговой В.П., Садыков С.Н. Колебательные системы для виброэкструзии кабельных изделий. Экспресс-информация ТаджикИНТИ, Душанбе, 1987-вып.14.
5. Волков С.С., Орлов Ю.Н., Бекмурзаев А.А. Повышение тепловыделения на контактирующих поверхностях при ультразвуковой сварке жестких пластмасс. Труды МВТУ, 1978, №16.

УДК 621.7

Синькевич Ю.В., Беляев Г.Я., Дроздов П.Г., Янковский И.Н., Брень А.Л.

ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОМ ПОЛИРОВАНИИ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Для электрохимических методов обработки обеспечение точности является одной из сложнейших задач. Неравномерный съем металла на различных участках сложнопрофильной поверхности детали напрямую связан с пространственно-временной эпюрой локальных скоростей анодного растворения металла и в общем случае характеризуется распределением плотности электрическо-

го тока на обрабатываемой поверхности. На распределение электрического тока оказывает влияние ряд трудно учитываемых факторов – расположение электродов относительно друг друга и относительно стенок электролитической ячейки, форма и размер электродов и ячейки, величина поляризации электродов, электропроводность электролита и другие. При этом эти факторы могут действовать как взаимосвязано, так и без взаимного влияния.

При прохождении через электролит ток на своем пути между катодом и различными участками анода встречает неодинаковое сопротивление R , которое можно представить в виде

$$R = R_{перех} + R_{эл} + R_{мет}, \quad (1)$$

где $R_{перех}$ – переходное сопротивление на границе раздела фаз электрод-электролит равно сумме переходных сопротивлений на границах раздела фаз катод-электролит $R_{перех}^к$ и электролит-анод $R_{перех}^а$; $R_{эл}$ – сопротивление электролита и $R_{мет}$ – сопротивление металлических электродов, которое можно не учитывать из-за пренебрежительно малой величины по сравнению с остальными составляющими.

В зависимости от соотношения $R_{перех}$ и $R_{эл}$ возможно два граничных случая распределения тока на электродах:

1. При $R_{эл} \gg R_{перех}$ равномерность распределения тока минимальна и определяется в основном величиной межэлектродного расстояния;

2. При $R_{эл} \ll R_{перех}$ различия в межэлектродных расстояниях не оказывают существенного влияния на равномерность распределения тока на поверхности электродов.

Таким образом, для повышения точности обработки необходимо при прочих равных условиях использовать электролиты с как можно более высокой электропроводностью.

Для оценки равномерности распределения тока и съема металла существует ряд методик, которые можно разделить на три группы [1]:

1. Графические методы, основанные на исследовании поляризации электродов. Основной недостаток этих методов заключается в сложности снятия воспроизводимых кривых поляризации.

2. Методы построения электрического поля, сущность которых заключается в том, что в результате измерений потенциалов в различных точках электролитической ячейки строится электрическое поле в виде графика распределения эквипотенциальных и силовых линий. Эти методы характеризуются большой трудоемкостью и не обеспечивают достоверной воспроизводимости результатов.

3. Методы непосредственного изучения распределения тока на поверхности электродов. В настоящее время они получили наибольшее научно-практическое применение.

При электроимпульсном полировании (ЭИП) обработка осуществляется в электролитах с высокой электропроводностью при напряжениях более 150 В и значительных межэлектродных расстояниях, а в роли переходного сопротивления на границе раздела фаз электролит-анод $R_{перех}^a$ выступает динамически устойчивая парогазовая оболочка. Расчеты показывают, что $R_{перех}^a / R_{перех}^k > 100$, в результате чего формулу (1) можно представить в виде

$$R \approx R_{перех}^a. \quad (2)$$

С учетом формулы (2) для исследований равномерности распределения тока и съема металла при ЭИП была использована разработанная Херингом и Блюмом методика непосредственного изучения распределения тока на поверхности анода путем определения рассеивающей способности электролита [2]. Термин рассеивающая способность, впервые предложенный Херингом и Блюмом, означает способность электролита перераспределять ток в электролитической ячейке в зависимости от геометрических особенностей ячейки, состава электролита и режима электролиза и характеризует равномерность съема металла и точность получаемых размеров. Учитывая принятые допущения, термин рассеивающая способность для ЭИП означает не столько рассеивающую способность электролита, сколько рассеивающую способность процесса в целом.

На рис. 1 приведена схема устройства для определения рассеивающей способности процесса ЭИП.

Электролитическая ячейка из диэлектрического материала имела форму прямоугольного сосуда. На оси вдоль длинной стороны ячейки размещался катод цилиндрической формы, по обе стороны которого на расстояниях $L_1 = 250$ мм и $L_2 = 50$ мм размещались два разборных анода, каждый из которых состоял из семи секций. В качестве секций разборных анодов использовались цилиндрические образцы $\varnothing 1,5$ мм из стали 12Х18Н10Т. Расстояние между образцами было равно 25 мм. Обработка велась при напряжении $310 \pm 0,5$ В, температуре электролита 80 ± 2 °С в течение 600 с. До и после обработки образцы промывали, сушили и взвешивали на аналитических весах ВЛР-200 с точностью 0,00005 г.

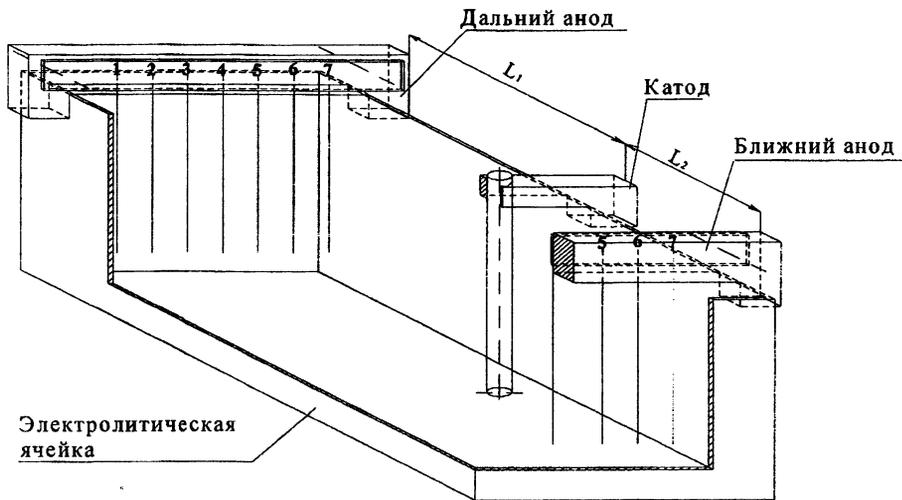


Рис. 1. Схема устройства для определения рассеивающей способности: 1...7 секции разборного анода

Рассеивающая способность T рассчитывалась по формуле

$$T = \frac{K - M_b / M_d}{K - 1} \cdot 100, \quad (3)$$

где K – коэффициент, равный отношению расстояний между дальним и ближним разборными анодами; M_b , M_d – средний удельный съем металла соответственно на ближнем и дальнем анодах.

В результате эксперимента было установлено, что изменение масс разборных анодов после обработки было практически одинаково, а рассеивающая способность процесса ЭИП составила 99 %. На рис. 2 представлен удельный съем металла на секциях разборных анодов.

Необходимо отметить, что основным требованием при исследованиях равномерности съема металла по данной методике является необходимость учета геометрических факторов обработки, поскольку полученные результаты могут иметь частные значения корректные только для данной ячейки [1]. Поэтому с целью изучения влияния геометрических факторов электролитической ячейки на рассеивающую способность процесса ЭИП были проведены исследования в ячейке цилиндрической формы. Результаты эксперимента приведены на рис. 2. Анализ результатов показал, что зависимость съема металла на различных секциях разборного анода при обработке в цилиндрической ячейке имеет аналогичный характер, что и при обработке в прямоугольной. Это говорит о минимальном влиянии геометрических особенностей ячейки на равномерность съема металла при ЭИП, а незначительное колебание удельного съема металла на секциях анодов вызвано разницей температур электролита в ячейке, возникшей в результате нарушения электрогидродинамического движения электролита.

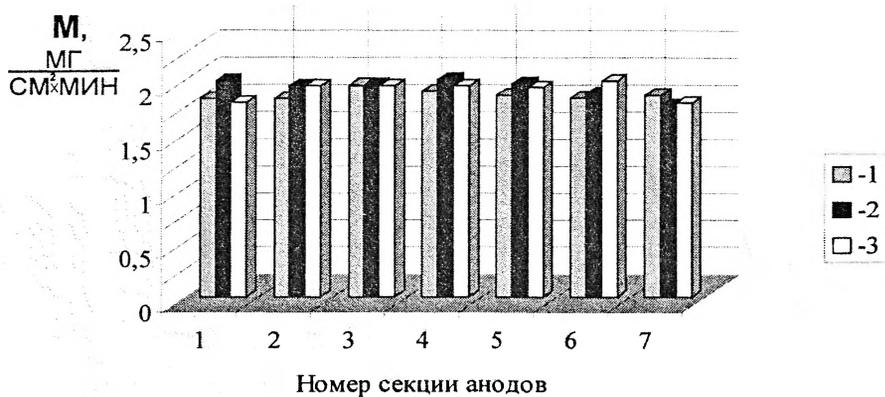


Рис. 2. Удельный съём металла на секциях разборных анодов: 1,2 – соответственно ближний и дальний анод прямоугольной ячейки; 3 – дальний анод цилиндрической ячейки

На рис. 3 представлено распределение удельного съема металла на секциях анодов при электрохимическом полировании (ЭХП) образцов в прямоугольной ячейке. Состав электролита и режимы обработки взяты из источника [3]. Полученные результаты показывают, что на равномерность съема металла при ЭХП существенное влияние оказывает целый комплекс факторов, основным из которых является распределение в электролите силовых линий электрического поля. Рассеивающая способность электролита в данном случае составила 55 %.



Рис. 3. Удельный съём металла на секциях анодов (1 – ближний, 2 – дальний) при электрохимическом полировании

Для исследования влияния распределения силовых линий электрического поля на равномерность съема металла была разработана новая методика, сущность которой заключается в том, что в прямоугольной электролитической ячейке размещен один разборный анод, расположенный перпендикулярно плоскому катоду (рис. 4). В этом случае электрическое поле в ячейке имеет более сложную структуру, а нарушение электрогидродинамического движения

электролита при обработке сведено к минимуму.

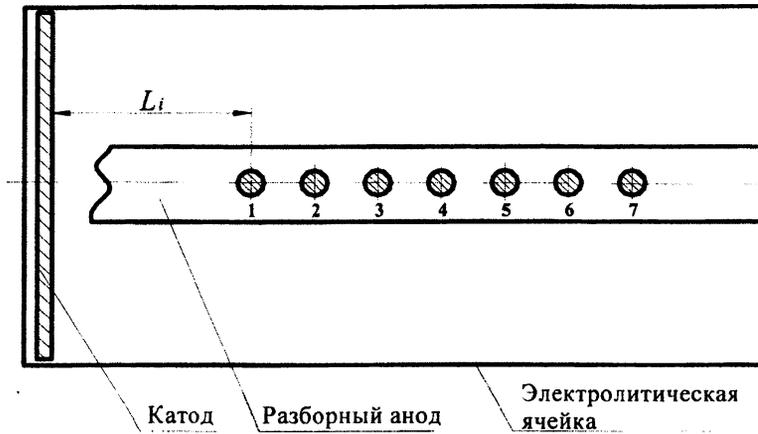


Рис. 4. Схема устройства для определения рассеивающей способности:
1...7 – секции анода

На рис. 5 представлены зависимости съема металла на сторону для ЭИП и ЭХП, которые имеют линейный характер. Однако в случае ЭИП угол наклона прямой не превышает $0,6^\circ$, в то время как для ЭХП – 6° .

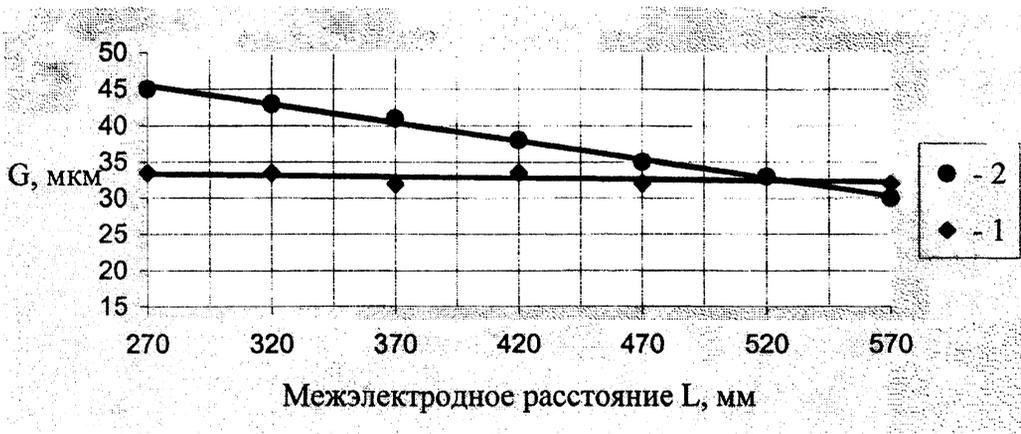


Рис. 5. Съем металла на сторону G:
1 – при электроимпульсном полировании,
2 – при электрохимическом полировании

Полученные данные говорят о том, что при ЭИП распределение силовых линий электрического поля в ячейке не оказывает существенного влияния на точность обработки (разница в съеме металла на сторону для ближнего и дальнего образцов не превышает 1,5 мкм). Рассеивающая способность процесса ЭИП для различных секций разборного анода, рассчитанная по формуле (3), составила от 90 до 100 % (среднее значение 97 %). В случае ЭХП распределение силовых линий играет решающую роль для обеспечения точности обработки

(разница в съеме металла на сторону для ближнего и дальнего образцов составила 16 мкм), что хорошо согласуется с литературными данными, а рассеивающая способность не превысила 55 %.

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. При ЭИП равномерность съема металла составляет 95...100 %, а влияние геометрических факторов обработки и межэлектродного расстояния на точность обработки отсутствует.

2. На рассеивающую способность процесса ЭИП решающее влияние оказывает парогазовая оболочка, регулируя параметры которой можно управлять точностью обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваграмян А.Т., Ильина-Какуева Т.Б. Распределение тока на поверхности электродов при электроосаждении металлов. – М.: Metallurgizdat, 1956. – 66 с.
2. Кудрявцев Н.Т. Электролитические покрытия металлами. – М.: Химия, 1979. – 352 с.
3. Грилихес С.Я. Электрохимическое и химическое полирование: Теория и практика. Влияние на свойства металлов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1987. – 232 с.

УДК 621.79

Андрушевич А.А., Кривошеев Ю.К., Чурик М.Н.

ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ

Научно-исследовательский институт импульсных процессов

Минск, Беларусь

В настоящее время возможности повышения физико-механических свойств литейных сплавов в стабильном состоянии, которое достигается при традиционных видах обработки с малыми скоростями переохлаждения, практически исчерпаны. Одним из эффективных методов является формирование в литом материале метастабильного состояния в процессе импульсных взрывных нагрузений. При этом в сплаве происходят полиморфные и фазовые превращения, сопровождающиеся возникновением новых структурных образований и, соответственно, изменением их свойств. Проведенные ранее исследования на примере ряда литейных сплавов на основе алюминия, меди, цинка позволили выявить основные параметры динамической обработки, влияющие на форми-