

Влияние импульсного электрохимического полирования на качество поверхности легкоокисляемых металлов и сплавов на их основе

Нисс В.С., Алексеев Ю.Г., Королёв А.Ю., Будницкий А.С.

Белорусский национальный технический университет

Аннотация:

Выполнены исследования влияния амплитуды, частоты и длительности импульсов на качество поверхности титановых, циркониевых и магниевых сплавов в процессе импульсного электрохимического полирования

Текст доклада:

Применение импульсов микросекундной длительности (от 10 до 100 мкс) при электрохимическом полировании легкоокисляемых металлов и сплавов на их основе при оптимальных параметрах позволило существенно повысить качество обработки поверхностей по сравнению с результатами, полученными на постоянном токе с применением традиционных кислотных электролитов, в том числе токсичных, используемых обычно для труднообрабатываемых материалов. Микросекундные импульсы прямой и обратной полярности позволили создать активные участки растворения за счет релаксации свойств электролита в паузе между рабочими импульсами, а также за счет возможности поддержания на аноде значения положительной составляющей поляризующего тока, где сохраняется активированное состояние поверхности, при этом не успевают развиваться диффузионные ограничения [1, 2].

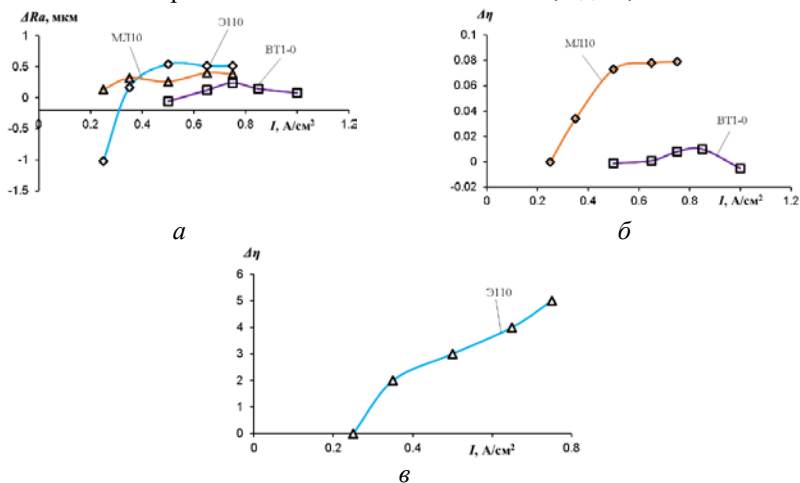
В работе приводятся результаты исследований влияния характеристик импульсов на качество поверхности в процессе импульсного электрохимического полирования легкоокисляемых металлов и сплавов на их основе.

Исследование влияния амплитуды, частоты и длительности импульсов, оказывающих основное влияние на скорость анодного растворения и пассивации поверхности в процессе импульсного электрохимического полирования проводилось при частичном погружении в электролит плоских образцов из титана ВТ1-0 с размерами 40x10x1 мм, из магниевого сплава МЛ10 с размерами 50x10x3 мм и цилиндрических образцов из циркониевого сплава Э110 с размерами $\varnothing 10 \times 10$. Площадь погружаемой части образцов составляла – 4 см².

Качество обработки оценивалось по изменению шероховатости поверхности и по изменению коэффициента отражения. Оценка производительности выполнялась по изменению массы образцов в результате обработки. Шероховатость поверхности образцов до и после

обработки измерялась профилометром MarSurf PS1. Массу образцов до и после обработки определяли с помощью аналитических весов Ohaus Pioneer PA214. Выполнение измерений коэффициента отражения на образцах выполнялось на специальном приспособлении, принцип работы которого заключается в сравнении обработанной поверхности с эталоном и получении количественной характеристики поверхности в процентах.

На рис. 1 представлены зависимости изменения шероховатости и коэффициента отражения поверхности образцов от амплитуды анодного импульса для трёх исследуемых материалов. По представленным зависимостям видно, что для титана BT1-0 существенное повышение качества поверхности достигается при плотности тока 1 А/см². Для магниевого сплава МЛ10 повышение плотности тока от 0,25 до 0,75 А/см² приводит к уменьшению изменения шероховатости поверхности более чем в два раза, однако при плотности тока 0,5 А/см² отмечается заметное повышение коэффициента отражения поверхности. Для циркониевого сплава Э110 при повышении плотности тока с 0,25 до 0,75 А/см² заметна положительная тенденция к повышению коэффициента отражения поверхности. При этом максимальное снижение шероховатости обеспечивается при значениях плотности тока от 0,5 до 0,75 А/см².



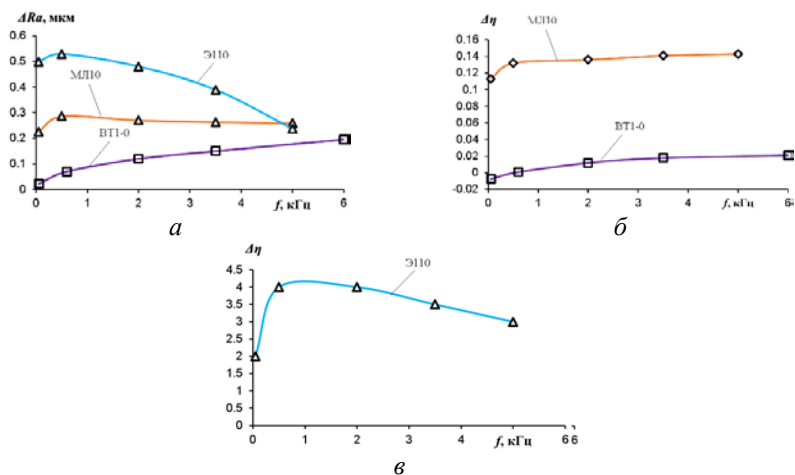
а – изменение шероховатости Ra для BT1-0 и МЛ10, б – изменение коэффициента отражения для BT1-0 и МЛ10, в – изменение коэффициента отражения для Э110

Рисунок 1 - Зависимости изменения шероховатости и коэффициента отражения от амплитуды анодного импульса (плотности тока)

С учетом полученных результатов для последующих этапов исследования приняты следующие значения плотности анодного тока:

- для титана ВТ1-0 – 0,75 А/см²;
- для сплавов МЛ10 и Э110 – 0,5 А/см².

На рис. 2 изображены зависимости изменения шероховатости и коэффициента отражения поверхности образцов от частоты следования импульсов тока для трёх исследуемых материалов. Из зависимостей видно, что увеличение частоты следования импульсов для титана ВТ1-0 приводит к повышению как изменения шероховатости, так и коэффициента отражения поверхности. Для магниевого сплава МЛ10 существенное повышение изменения шероховатости поверхности отмечается только при увеличении частоты следования импульсов в диапазоне от 0,05 до 0,5 кГц. При этом также улучшается коэффициент отражения поверхности. Для сплава Э110 также отмечается повышение качества поверхности при увеличении частоты следования импульсов до 0,5 кГц, однако при дальнейшем увеличении частоты изменение шероховатости поверхности уменьшается почти на 50%, а коэффициент отражения поверхности более чем на 70%.



а – изменение шероховатости для ВТ1-0 и МЛ10, б – изменение коэффициента отражения для ВТ1-0 и МЛ10, в – изменение коэффициента отражения для Э110

Рисунок 2 - Зависимости изменения шероховатости и коэффициента отражения от частоты следования импульсов

Таким образом по результатам исследований получены рекомендуемые амплитудно-временные характеристики для импульсного электрохимического полирования исследуемых материалов. Для образцов из титана ВТ1-0 высокое качество поверхности достигается при плотности тока 1 А/см^2 , частоте следования импульсов 6 кГц и длительности катодного и анодного импульсов 60 мкс . При этом шероховатость и коэффициент отражения поверхности после $1,5 \text{ мин}$ обработки достигает значений – $0,46 \text{ мкм}$ и $0,16$ соответственно при исходных значениях шероховатости и коэффициента отражения – $0,621 \text{ мкм}$ и $0,01$.

Электрохимическое полирование образцов из сплава магния МЛ10 целесообразно выполнять при плотности тока $0,5 \text{ А/см}^2$, высоких частотах следования импульсов (5 кГц и более) и низких длительностях импульсов (30 мкс и менее). Установленные амплитудно-временные параметры позволяют повысить изменение шероховатости и одновременно существенно повысить коэффициент отражения поверхности.

По результатам обработки образцов из сплава циркония Э110 обнаружено, что при плотности тока $0,5 \text{ А/см}^2$, изменение шероховатости поверхности принимает максимальные значения. Рекомендуемая частота следования импульсов и длительность импульсов для циркониевых сплавов – $0,5 \text{ кГц}$ и 600 мкс соответственно. При этом обеспечивается наилучшее качество поверхности.

Литература

1. Применение биполярных микросекундных импульсов для электрохимического полирования легкоокисляемых металлов и сплавов / А.Э. Паршутто, А.Ю. Королёв, А.С. Будницкий // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Международной научно-технической конференции, Могилев, 25-26 апреля 2019 г. / редкол.: М.Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2019. – С. 59–60.

2. Технология электрохимического полирования легкоокисляемых металлов и сплавов на их основе с применением биполярных микросекундных импульсов / А.Э. Паршутто и др. // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы, сварка: сборник докладов 11-го международного симпозиума, Минск, 10-12 апреля 2019 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] редкол.: А. Ф. Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. - Минск: Беларуская навука, 2019. – С. 67–69.