

Полирование металлических материалов в управляемых импульсных режимах электролитно-плазменной обработки

Нисс В.С., Алексеев Ю. Г., Королёв А.Ю., Паршутто А.Э., Будницкий А.С.
Белорусский национальный технический университет

Для снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса электролитно-плазменной обработки (ЭПО) с целью, модификации и полирования поверхности изделий из металлических материалов, их размерной обработки при сохранении высокой интенсивности, качества и экологической безопасности разработан новый импульсный метод (импульсная ЭПО), совмещающий преимущества как электрохимического, так и электролитно-плазменного процесса. Разработанный метод импульсной ЭПО основан на применении униполярного импульсного режима с длительностью импульсов 0,5–10 мс и амплитудой более 200 В, при котором в пределах каждого импульса последовательно чередуются электрохимическая стадия, переходная стадия и устойчивая стадия ЭПО. Повышение эффективности разработанного процесса импульсной ЭПО достигается за счет основного интенсивного съема металла при реализации электрохимической стадии с низкими энергетическими затратами и оптимизации продолжительности электролитно-плазменной стадии, при которой обеспечивается высокое качество поверхности [1, 2].

В работе исследовалось влияние состава и температуры электролита на съем металла и качество обрабатываемой поверхности. Обрабатываемый образец с размерами 20x5x1 мм (площадь обработки 2,45 см²) изготавливался из нержавеющей стали 304. Шероховатость поверхности исходного образца составляла Ra 0,390–0,430 мкм. Обработку выполняли в электролитах двух составов: водный раствор сульфата аммония с концентрацией 3, 4 и 5 %; водный раствор сульфата аммония с концентрацией 4 % с добавлением лимонной кислоты 0,5, 1,0 и 1,5%. Температура электролитов составляла 60 и 80 °С. Амплитуда напряжения источника питания составляла 250 В. Временные параметры импульса: длительность импульса – 0,7 мс, длительность паузы – 0,3 мс. Время обработки образцов – 3 мин.

Установлено, что наименьшие значения шероховатости (Ra 0,045 и 0,050 мкм) при обработке в растворе сульфата аммония достигаются при его концентрации 5 % при температуре электролита 80 и 60 °С соответственно (рис. 1, а). При этом съем в процессе обработки при температуре 60 °С значительно выше (рис. 1, б). Это связано с влиянием плотности тока при обработке на шероховатость формируемой поверхности. При высокой плотности тока (соответствует низкой концентрации и низкой температуре электролита) происходит не только больший съем металла с обрабатываемой поверхности, а также более интенсивное растравливание по сравнению с меньшей плотностью тока в электролите с высокой температурой и высокой концентрацией.

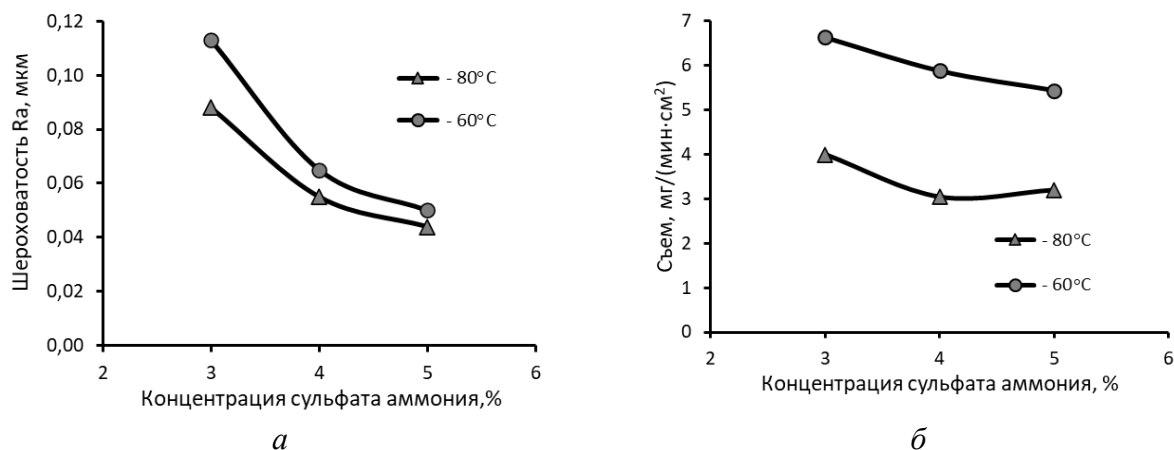


Рисунок 1 - Влияние концентрации сульфата аммония на качество формируемой поверхности (а) и съем в процессе обработки (б)

В двухкомпонентном электролите (с добавлением лимонной кислоты) наименьшие значения шероховатости Ra 0,046 и 0,051 мкм достигаются при концентрации лимонной кислоты 0,5 % при температуре 60 и 80 °С соответственно (рис. 2). Снижение массы образца достигает максимального значения 6,6 мг·мин/см² в электролите состава 3 % сульфата аммония при температуре 60 °С, минимальное значение 2,4 мг·мин/см² – в электролите на основе 4% сульфата аммония с добавлением 1,5 % лимонной кислоты при температуре 80 °С.

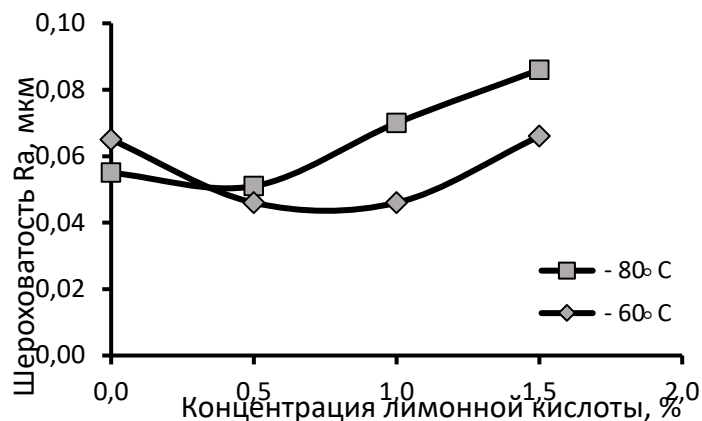


Рисунок 2 - Зависимость шероховатости Ra от концентрации лимонной кислоты и температуры электролита

Для сопоставления результатов, полученных в импульсном режиме, с результатами, достигаемыми при традиционной ЭПО, выполнялась обработка образцов при постоянном напряжении 250 В в электролитах такого же состава (4 % сульфат аммония и 4 % сульфат аммония + 1 % лимонная кислота). Продолжительность обработки образцов составляла 3 мин. Измерялась шероховатость и масса образцов до и после обработки, затем по съему определялась производительность. Результаты измерений и расчетов приведены в табл. 1 и на рис. 3.

Таблица 1. Результаты обработки образцов на постоянном токе

№	Электролит	Темп., °С	Ra кон., мкм	Масса исх., г	Масса кон., г	Изм. массы, г	Съем, мг/(мин·см ²)
1	Сульфат 4%	60	0,120	0,9300	0,9080	0,0220	2,99
2	Сульфат 4%	80	0,163	0,9322	0,9175	0,0147	2,00
3	Сульфат 4% + лим. к-та 1 %	60	0,144	0,9341	0,9145	0,0196	2,67
4	Сульфат 4% + лим. к-та 1 %	80	0,168	0,9334	0,9180	0,0154	2,10

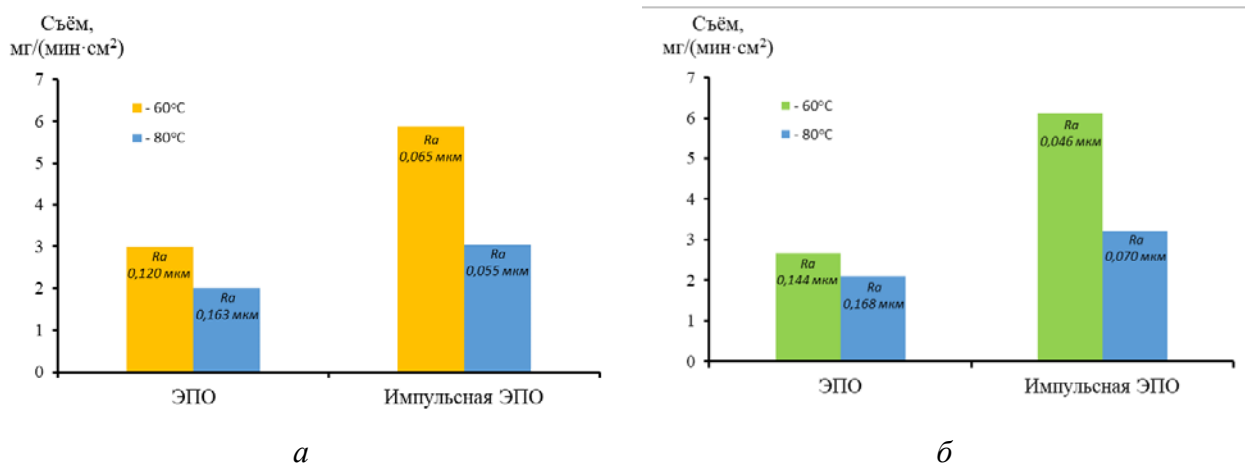


Рисунок 3 - Результаты сравнения производительности и качества поверхности при обработке в импульсном режиме и на постоянном токе: *а* – сульфат аммония; *б* – сульфат аммония с лимонной кислотой

По сравнению с обработкой на постоянном токе импульсный режим обеспечивает значительно большую производительность (выше в 1,5–2,3 раза), за счет чего происходит более качественное сглаживание поверхности. При обработке в электролите с добавлением лимонной кислоты в импульсном режиме в зависимости от температуры обеспечивается шероховатость Ra 0,046–0,070 мкм, а при обработке на постоянном токе Ra 0,144–0,168 мкм.

Литература

1. Электролитно-плазменная обработка в управляемых импульсных режимах [Электронный ресурс] / А. Ю. Королёв [и др.] // Наука и техника. – 2021. – Т. 20, № 4. – С. 279–286. – Режим доступа: <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-3-279-286>. – Дата доступа: 21.01.2022.
2. Королёв, А. Ю. Импульсная электролитно-плазменная технология размерной и финишной обработки металлических материалов / А. Ю. Королёв [и др.] // Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы, сварка: сб. докл. 12-го междунар. симп., Минск, 7–9 апреля 2021 г. / Нац. акад. наук Беларуси [и др.] редкол.: А. Ф. Ильющенко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2021. – Т.2 – С. 87–93.