

Влияние характеристик импульсов на производительность электролитно-плазменной обработки в управляемых импульсных режимах

Королёв А.Ю.¹, Нисс В.С.², Паршутто А.Э.¹

¹Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»

²Белорусский 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 (ИЭПО), совмещающий преимущества как электрохимического, так и электролитно-плазменного процесса [1, 2]. В работе исследовалось влияние соотношения амплитуд и длительностей электрохимической и электролитно-плазменной стадий на производительность ИЭПО.

Амплитуда импульса высокого напряжения составляла 300 В, а амплитуда напряжения ЭХС принималась в диапазоне 0–100 В. Временные параметры импульсов: длительность импульса электролитно-плазменной стадии – 0,05–5,00 мс, длительность импульса ЭХС – 0,05–1,90 мс, период импульса – 2,00–5,05 мс. Обработка образцов выполнялась в водном растворе сульфата аммония концентрацией 5 % при температуре 80 ± 2 °С. Продолжительность обработки образцов составляла 5 мин. Полученные результаты измерений и зависимости изменения массы образцов после ИЭПО при различных значениях амплитуды и длительности импульса напряжения ЭХС процесса, а также тока электролитно-плазменной и электрохимической стадий (ЭХС) представлены на рис. 1–3. Анализ зависимостей на рис. 1 показывает, что увеличение напряжения при длительности импульса ЭХС 0,05 мс приводит к снижению съема с 4 % при 0 В до 1,8 % при 80 В. При длительности импульса ЭХС 0,25 мс съем уменьшается с 5 % при 0–60 В до 1,8 % при 80 В. При длительности импульса ЭХС 0,5 мс наблюдается увеличение съема с 5% при 0 В до 6,3 % при 60 В. Увеличение напряжения ЭХС до 100 В приводит к снижению съема до 3 %. Снижение съема при напряжении более 60 В для всех длительностей импульса ЭХС объясняется, тем, что при таком его значении на ток существенно начинает влиять интенсивное образование пара и газа возле поверхности образца. При таких условиях увеличивается сопротивление приэлектродной зоны и, соответственно, снижается ток.

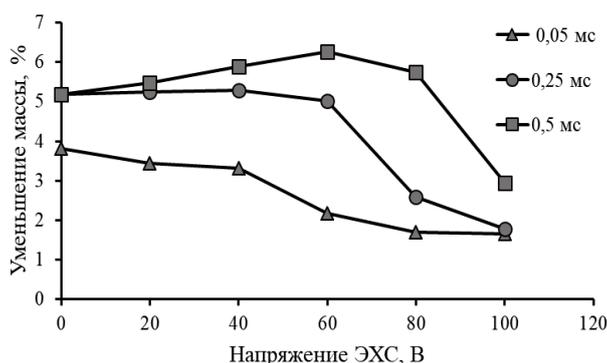


Рисунок 1 - Влияние амплитуды ЭХС на изменение массы образца при различных значениях длительности импульса

Особенности влияния амплитуды импульса напряжения ЭХС процесса ИЭПО на изменение массы образца можно объяснить тем, что при длительности импульса 0,05 мс парогазовая оболочка не исчезает полностью и снижает протекающий ток, а, следовательно, и съем металла. При длительности 0,25 мс, а, тем более, при 0,5 мс схлопывание парогазовой оболочки более вероятно, ток ЭХС больше и, соответственно, больше съем. Это подтверждается

графиком зависимости влияния амплитуды импульса напряжения ЭХС на изменение тока ЭХС (рис. 2) при длительности импульсов 0–0,5 мс. Ток электролитно-плазменной стадии достигает максимального значения 4,5 А при длительности импульса 0,5 мс и напряжении ЭХС 0 В, а при длительности импульса 0,05 мс и напряжении 0 В ток равен 1,7 А (рис. 3). Снижение тока при малой длительности импульса также объясняется влиянием парогазовой оболочки.

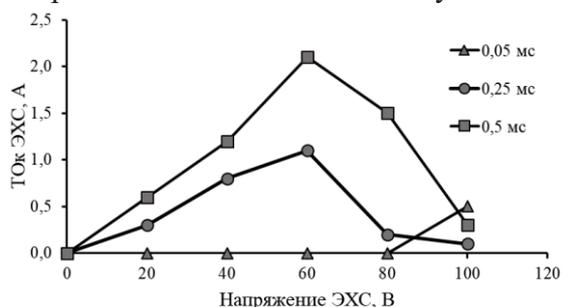


Рисунок 2 - Влияние амплитуды ЭХС на изменение ее тока при различных значениях длительности импульса

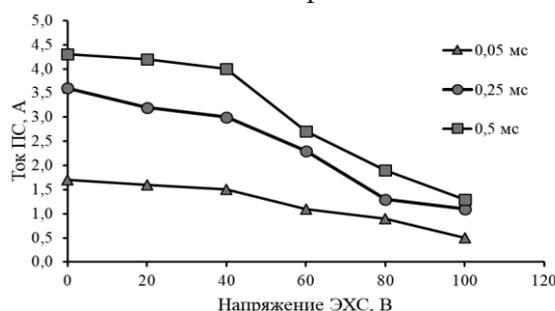


Рисунок 3 - Влияние амплитуды ЭХС на изменение тока электролитно-плазменной стадии при различных значениях длительности импульса

Результаты исследования влияния соотношения амплитуд и длительностей ЭХС и электролитно-плазменной стадий на изменение массы образцов после ИЭПО, тока стадий при различных значениях коэффициента заполнения стадий процесса, а также при обработке с постоянным напряжением 300 В представлены на рис. 4–5. Из зависимостей на рис. 4 видно, что при значении коэффициента заполнения 2,5 % (длительность ЭХС – 0,05 мс) уменьшение массы минимально и составляет 2,8–3,0 % для всех значений напряжения (0–40 В). При увеличении коэффициента заполнения до 10 % уменьшение массы достигает 5,0–5,5 % также для всех значений напряжения (0–40 В). При дальнейшем увеличении коэффициента заполнения (увеличении длительности ЭХС) съём увеличивается до 8,5 % при напряжении 40 В и коэффициенте заполнения 95 %. Соответственно начало роста съема наблюдается при коэффициенте заполнения ЭХС более 20 % (длительность – более 0,4 мс). Эти результаты показывают, что на рост съема также в значительной степени влияет значение напряжения ЭХС. При более длительном импульсе ЭХС и большем напряжении ток существенно больше и при коэффициенте заполнения 95 % и напряжении 40 В его значение достигает 5,8 А по сравнению с 0,0–0,2 А при коэффициенте заполнения 2,5 % и напряжении 0 В. Для сравнительной оценки дополнительно выполнялась традиционная обработка на постоянном токе при напряжении 300 В. Съём при обработке на постоянном токе составил 1,77%, что в 1,4–4,7 раза меньше, чем при исследованных режимах ИЭПО.

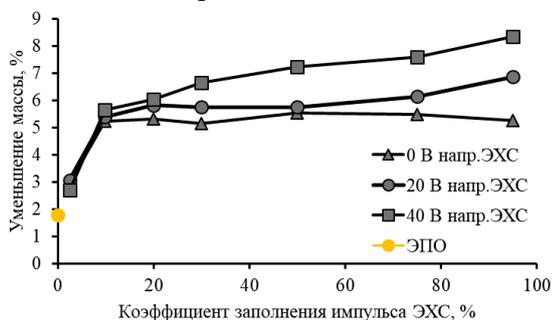


Рисунок 4 - Влияние коэффициента заполнения импульса стадий и амплитуды импульса напряжения ЭХС на изменение массы образца

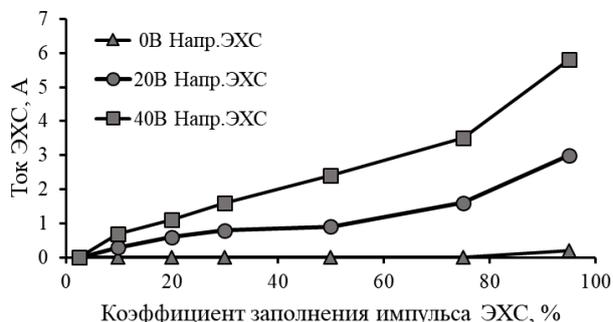


Рисунок 5 - Влияние коэффициента заполнения импульса стадий и амплитуды импульса напряжения ЭХС на изменение ее тока

Результаты исследования влияния длительности электролитно-плазменной стадии при длительности ЭХС 0,05 мс на изменение массы образцов после ИЭПО, а также токов ста-

дий при различных значениях напряжения ЭХС, представлены на рис. 6–7. Анализ зависимостей на рис. 6 показывает, что относительно большой сьем наблюдается при длительности электролитно-плазменной стадии, сравнимой с длительностью ЭХС – 0,05–0,30 мс. При большей длительности наблюдается снижение сьема до 2,0–2,2 %, а при длительности более 3 мс сьем стабилизируется на 2% и далее не меняется. Это объясняется тем, что коэффициент заполнения ЭХС при малой длительности электролитно-плазменной стадии близок к 50% и длительность электролитно-плазменной стадии и ЭХС приблизительно одинакова. Большая длительность электролитно-плазменной стадии приводит к относительному снижению коэффициента заполнения ЭХС и снижению сьема. Влияние амплитуды напряжения заключается в том, что при более высоком напряжении ЭХС (40 В) и малой ее длительности создаются условия для более быстрого повторного возникновения парогазовой оболочки после короткого периода снижения напряжения с 300 до 40 В и тем самым снижения тока и сьема. Аналогичное влияние оказывает длительность электролитно-плазменной стадии на изменение ее тока при постоянной длительности ЭХС (рис. 7).

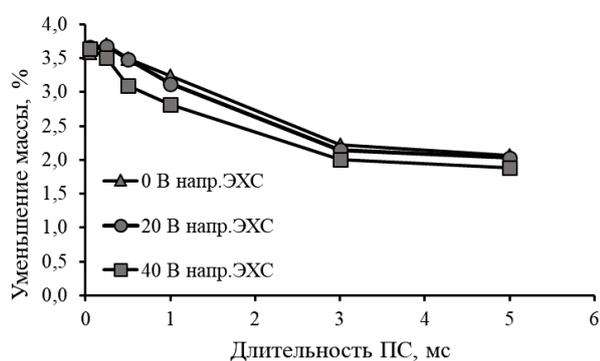


Рисунок 6 - Влияние длительности электролитно-плазменной стадии (ПС) при постоянной длительности ЭХС (0,05 мс) на изменение массы образцов

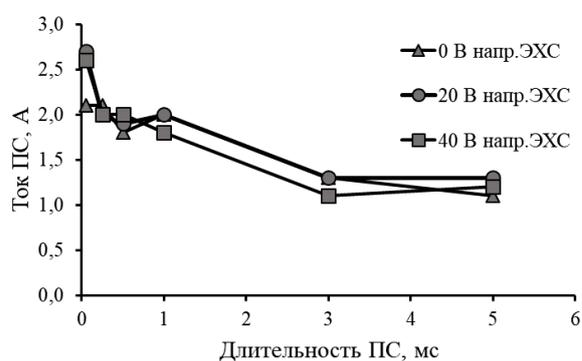


Рисунок 7 - Влияние длительности электролитно-плазменной стадии (ПС) на изменение ее тока при постоянной длительности ЭХС (0,05 мс)

Список использованных источников

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.