

УДК 621.9.047.7
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНОГО
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ В УПРАВЛЯЕМЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РЕЖИМАХ

А. Ю. КОРОЛЁВ, В. С. НИСС, А. Э. ПАРШУТО
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Электролитно-плазменная обработка (ЭПО) получила широкое распространение в промышленности в качестве альтернативы традиционным химическим, электрохимическим и механическим методам повышения качества поверхности изделий из металлических материалов [1, 2]. ЭПО имеет ряд существенных преимуществ перед традиционным методом электрохимического химического полирования: использование в качестве дешевых электролитов на основе водных растворов солей концентрацией 3...5 %, высокая интенсивность сглаживания микронеровностей.

Однако, основным недостатком ЭПО по сравнению с электрохимическим полированием является высокая энергоемкость. Так, ЭПО выполняется при напряжении около 300 В и плотности тока 0,12...0,15 А/см², а в процессе электрохимического полирования напряжение обычно не превышает 30 В при таких же значениях плотности тока. Таким образом, энергопотребление при ЭПО на порядок выше, чем при электрохимическом полировании.

Электрохимическое полирование и ЭПО являются разновидностями анодного процесса. Так, традиционно вольт-амперная характеристика анодного процесса в электролите имеет три стадии – электрохимическая, переходная (нестационарная), электролитно-плазменная:

- при сравнительно низких напряжениях (до 40...50 В) в электролите происходят классические электрохимические процессы;
- в переходной (нестационарной) стадии при напряжении 50...200 В вокруг анода образуется неустойчивая парогазовая оболочка, характеризующаяся низкочастотными колебаниями тока;
- устойчивая стадия процесса (200...350 В), соответствующая режиму ЭПО, которая сопровождается формированием сплошной парогазовой оболочки вокруг всей обрабатываемой поверхности; возникает многофазная система металл – плазма – газ – электролит, а явления, происходящие в приэлектродной области, не описываются в рамках классической электрохимии.

Анализ вольт-амперной характеристики анодного процесса в электролите показывает, что возможным методом снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса полирования металлических материалов при сохранении высокой интенсивности, качества обработки и экологической безопасности является совмещение в одном процессе двух стадий: электро-



химической и электролитно-плазменной. Это может быть достигнуто за счет использования униполярного импульсного режима с амплитудой более 200 В, при котором в пределах каждого импульса последовательно чередуются стадии электрохимического процесса, переходная стадия и устойчивая стадия ЭПО. Соответственно импульсы должны иметь положительную полярность, а их длительность должна быть достаточной для формирования устойчивой парогазовой оболочки, т. е. для достижения стадии ЭПО.

Эксперименты, проведенные нами на цилиндрических образцах диаметром 2 мм из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т при использовании в качестве электролита 4-процентного раствора сульфата аммония показали, что при приложении импульсного напряжения с амплитудой 250 В с длительностью импульсов 0,5...10 мс продолжительность отдельных стадий можно регулировать в следующих диапазонах:

- химическое травление (пауза между импульсами) – 2...10 мс;
- электрохимическая стадия – происходит в начальный период времени, необходимого для установления устойчивой парогазовой оболочки – 0,2...0,5 мс;
- электролитно-плазменная стадия возникает после образования устойчивой парогазовой оболочки и до окончания длительности действия импульса – 0,1...9,0 мс.

Таким образом, повышение эффективности процесса полирования достигается за счет основного интенсивного съема металла при реализации электрохимической стадии с низкими энергетическими затратами и оптимизации продолжительности электролитно-плазменной стадии, при которой достигается высокое качество поверхности. Повышение частоты следования импульсов при снижении их длительности позволяет увеличить электрохимическую составляющую процесса и обеспечить более интенсивный съем материала заготовки, удалить значительные неровности поверхности. Снижение частоты следования импульсов при одновременном увеличении их длительности позволяет увеличить электролитно-плазменную составляющую процесса и достигнуть низкой шероховатости при общем снижении энергоемкости процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электролитно-плазменное полирование титановых и ниобиевых сплавов = Electrolyte-Plasma Polishing of Titanium and Niobium Alloys / Ю. Г. Алексеев, А. Ю. Королёв, В. С. Нисс, А. Э. Паршутто, А. С. Будницкий // Наука и техника. – 2018. – № 3. – С. 211–219.
2. Электролитно-плазменная обработка при нестационарных режимах в условиях высокоградиентного электрического поля / Ю. Г. Алексеев [и др.] // Наука и техника. – 2017. – № 5. – С. 391–399.