

УДК 621.9.047.7

## ИМПУЛЬСНАЯ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗМЕРНОЙ И ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

А. Ю. КОРОЛЁВ<sup>1</sup>, В. С. НИСС<sup>2</sup>, А. Э. ПАРШУТО<sup>1</sup><sup>1</sup>Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

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 принципиально 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 [1].

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. Повышение частоты следования импульсов при снижении их длительности позволяет увеличить электрохимическую составляющую процесса и обеспечить более интенсивный съем металла с поверхности, удалить значительные неровности поверхности и т. п. Снижение частоты следования импульсов при одновременном увеличении их длительности позволяет увеличить электролитно-плазменную составляющую процесса и достигнуть низкой шероховатости при общем снижении энергоемкости процесса.

Использование импульсного технологического напряжения сделало возможным независимо управлять каждой стадией процесса. Расчет энергетических затрат показал, что в процессе импульсной ЭПО съем металла в 6 раз больше, чем при традиционной ЭПО. При этом удельная мощность в импульсном процессе больше только в 2,9 раза. Таким образом, производительность импульсного процесса ЭПО, оцениваемая по съему металла, в 2 раза выше по сравнению с традиционным процессом на постоянном токе.

Проведенные исследования показали, что при импульсной ЭПО происходит более интенсивный съем материала с обрабатываемой поверхности, чем при тра-

диционных методах электрохимического и электролитно-плазменного полирования. При этом основной вклад в съём материала вносит электрохимическое воздействие токового импульса, возникающего в начальной стадии импульса, а электролитно-плазменная стадия обеспечивает полирование поверхности детали, но в то же время и обеспечивает в несколько раз меньший удельный съём. Удельный съём металла при электрохимической стадии может быть больше, чем при электролитно-плазменной стадии, в 6 раз (по результатам эксперимента съём для цилиндрического образца в 20-процентном электролите равен  $16,2 \cdot 10^{-5}$  г/(мм<sup>2</sup>·мин)). При этом величину съёма можно изменять в меньшую сторону путём уменьшения паузы между импульсами. Это приводит к уменьшению амплитуды токового импульса и его длительности.

Большой удельный съём позволяет быстрее удалять мелкие дефекты металлообработки, например заусенцы. С целью проверки параметров снятия заусенцев были подготовлены детали в виде цилиндров диаметром 2 мм со шлифовкой торцов и детали, вырезанные лазером из стали AISI 316. Для более быстрого удаления заусенцев подходит режим с большей амплитудой электрохимического импульса, когда длина импульса и паузы по 2 мс, амплитуда напряжения импульса 200 В. Электролит с большей концентрацией сульфата аммония способствует увеличению амплитуды электрохимического импульса и ускорению снятия заусенцев за счёт увеличения проводимости электролита.

В процессе экспериментов определено, что специальная предварительная очистка поверхности деталей перед обработкой не требуется. Обезжиривание поверхности, очистка от загрязнений и окалины осуществляется непосредственно в процессе обработки. Разработанный процесс не требует точного поддержания определенной температуры электролита. Наиболее стабильное протекание процесса, как и в случае с традиционным электролитно-плазменным полированием, наблюдается при достаточно высокой температуре электролита – около 90 °С. При этом в процессе обработки происходит мощный локальный разогрев электролита в прилегающей к поверхности анода области и даже при меньшей средней температуре электролита в этой области самопроизвольно устанавливается близкая к оптимальной температура. Далее в результате теплообмена температура остального объема электролита также повышается и поддерживается на необходимом уровне.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Королёв, А. Ю.** Технология полирования с применением комплексного электрохимического и электролитно-плазменного воздействия в управляемых импульсных режимах / А. Ю. Королёв, В. С. Нисс, А. Э. Паршутто // *Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Могилев, 25–26 апр. 2019 г.* – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2019. – С. 51–52.