

ского процесса при высоком качестве поверхности прошиваемых отверстий; при расходе электролита 60 мл/мин обеспечивается необходимая скорость удаления продуктов электрохимического растворения, что позволяет добиться высокого качества и точности формируемых микроотверстий.

#### Список использованных источников

1. Электрохимическая прошивка микроотверстий в трубчатом ступенчатом концентраторе-волноводе медицинского назначения / Ю.Г. Алексеев [и др.] // Наука и техника. – 2019. – № 5. – С. 386-394.

УДК 621.9.047.7

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

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

Белорусский национальный технический университет

**Abstract.** *The technology for surface polishing using integrated electrochemical and electrolyte-plasma exposure in controlled pulsed modes has been developed. Developed technology is highly effective compared to existing methods due to the main intensive metal removal during the implementation of the electrochemical stage with low energy costs and optimization of the duration of the electrolyte-plasma stage, in which high surface quality is achieved.*

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 энергоёмкость. Так, ЭПО выполняется при напряжении около 300 В и плотности тока 0,12–0,15 А/см<sup>2</sup>, 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 вольтамперная 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 вольтамперной характеристики анодного процесса в электролите показывает, что возможным методом снижения энергоёмкости и повышения эффективности

процесса полирования металлических материалов при сохранении высокой интенсивности, качества обработки и экологической безопасности является совмещение в одном процессе двух стадий: электрохимической 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 стадия 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, то есть для достижения стадии ЭПО.

Эксперименты, проведенные нами на цилиндрических образцах диаметром 2 мм из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т при использовании в качестве электролита 4%-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.

По результатам исследований технологии при температуре электролита 90°C, импульсах напряжения амплитудой 200 В, длительностью 2 мс с паузами между импульсами 2 мс, установлено, что съём металла (производительность) при комплексном электрохимическом и электролитно-плазменном воздействии при малой концентрации электролита (4%) в три раза больше, чем при традиционной ЭПО. При концентрации 40%, при которой обеспечивается режим полирования, съём больше в шесть раз по сравнению с режимом ЭПО.

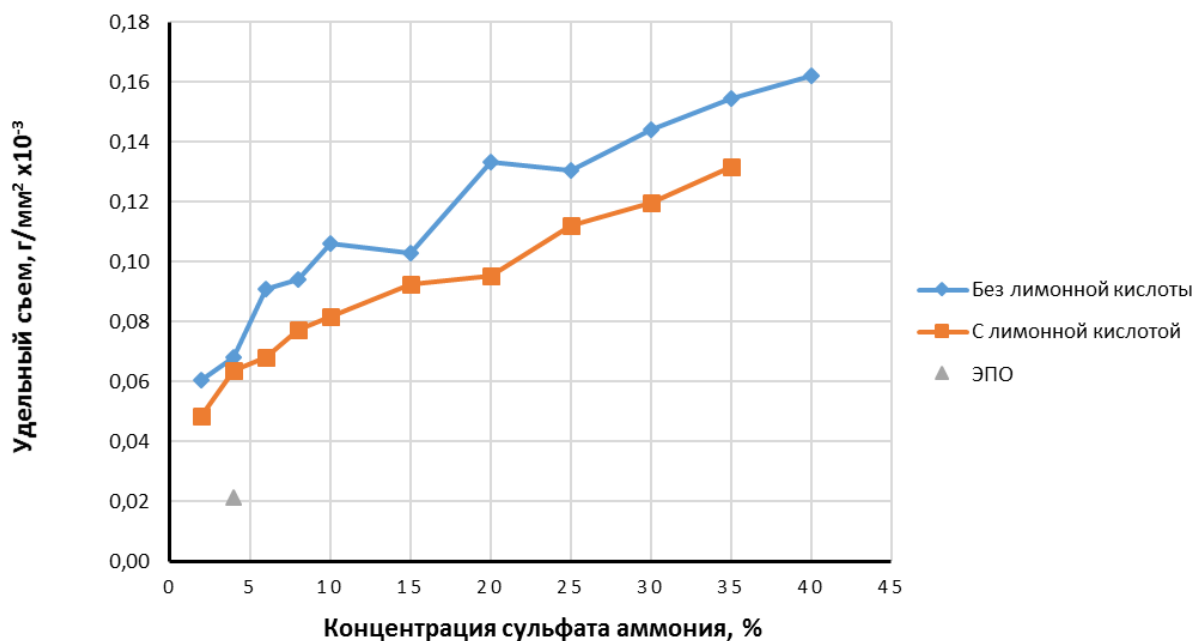


Рисунок 1 – Зависимости удельного съёма материала с поверхности образца из нержавеющей стали AISI 316 за 1 мин при комплексной электрохимической и электролитно-плазменной импульсной обработке от концентрации сульфата аммония без добавления и с добавлением 1% лимонной кислоты при амплитуде напряжения импульсов 200 В

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 использованных источников**

1. Электролитно-плазменное полирование титановых и ниобиевых сплавов / Алексеев Ю.Г., Королёв А.Ю., Нисс В.С., Паршутто А.Э., Будницкий А.С. // 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.

УДК 621.791

### **ИННОВАЦИОННЫЕ ВИДЫ СВАРКИ. СВАРКА ВЗРЫВОМ**

*Богородова М.Л., Никанович В.В.*

*Филиал БНТУ «Минский государственный политехнический колледж»*

Первый вид сварки появился в 18 веке, но теперь уже 21 век и за этот долгий промежуток времени появились инновационные виды сварки:

1. сварка взрывом;
2. электронно-лучевая сварка;
3. электрошлаковая сварка;
4. лазерная сварка.

Первое сообщение о сварке взрывом появились в конце 50-ых годов прошлого века. С его помощью стали получать высокопрочные соединения металлов, которые практически не соединяются другими способами (например, меди с молибденом, свинца со сталью и т.д.). Для проведения сварки взрывом не нужны дорогостоящие установки.

В этом процессе соединяют две металлические пластины. Одна из них называется подвижной и располагается сверху под небольшим углом, а вторая называется неподвижной и располагается снизу. Неподвижную деталь можно назвать основной, а подвижную – плакирующей.

На верхнюю подвижную деталь кладут взрывчатое вещество и детонатор. Взрывчатое вещество инициирует, и образуется взрыв, который приводит в движение подвижную часть. В результате получается, что подвижная часть набирает большую скорость и ударяется с неподвижной. Обе детали под действием силы удара деформируются и образуя неразъемное соединение.

С помощью сварки взрывом можно получить композитные изделия. При этом изделие будет устойчиво к коррозии и механическим нагрузкам. Эта технология применяется во многих сферах, начиная от нефтяной, заканчивая машиностроением. При этом у сварки взрывом есть множество подтипов, которое доказывает, что такая технология очень востребованная.

Также имеются свои преимущества и недостатки в этом инновационном виде сварки.

Преимущества:

- высокая скорость сварки;
- простота и дешевизна сварки взрывом;