

**НАУЧНАЯ СЕКЦИЯ
«МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ. МАШИНОСТРОЕНИЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ»**

УДК 621.77

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ПРОШИВКА МИКРООТВЕРСТИЙ
В СФЕРИЧЕСКОМ НАКОНЕЧНИКЕ ТРУБЧАТОГО СТУПЕНЧАТОГО
КОНЦЕНТРАТОРА-ВОЛНОВОДА МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

*Алексеев Ю.Г., Королёв А.Ю., Будницкий А.С., Дай Вэньци
Белорусский национальный технический университет*

***Аннотация.** Разработаны и исследованы режимы электрохимической прошивки, обеспечивающие формирование микроотверстий требуемой точности в тонкостенных деталях малой жёсткости и размеров из коррозионностойкой стали, применяемых в медицинской технике. В статье представлены результаты исследований влияния напряжения, концентрации и расхода электролита в процессе электрохимической прошивки на точность размеров и формы формируемых микроотверстий в сферическом наконечнике трубчатого ступенчатого концентратора-волновода медицинского назначения.*

В качестве альтернативы существующим дорогостоящим и травматическим процедурам устранения непроходимости магистральных артерий нижних конечностей разработан метод разрушения внутрисосудистых образований – ультразвуковая реканализация. Метод основан на применении ультразвукового оборудования, основным компонентом которого является ступенчатый концентратор-волновод.

Для обеспечения возможности подачи жидкости в зону дислокации внутрисосудистого образования с целью кавитационного воздействия разработан ступенчатый концентратор-волновод трубчатого типа с полым сферическим наконечником, наличие которого позволяет максимально эффективно разрушать внутрисосудистые образования за счет виброударного воздействия. Кроме того, в сферическом наконечнике имеются осевое ($0,5 \pm 0,05$ мм) и боковые ($0,3 \pm 0,05$ мм) микроотверстия, предназначенные для воздействия образующейся кавитационной струёй как на внутрисосудистое образование, так и на пораженный участок сосудистой стенки, что позволяет восстанавливать проходимость сосуда с одновременным повышением эластичности сосудистой стенки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Рабочий наконечник концентратора-волновода

Результаты экспериментальных исследований [1] и анализа методов формирования микроотверстий в тонкостенных деталях малой жесткости и размеров с помощью механического, лазерного, гидроабразивного и электрохимического сверления показали, что с учетом требований, предъявляемым к точности размеров, формы, позиционирования и качества поверхности микроотверстий сферических наконечников в ди-

стальной части концентраторов-волноводов медицинского назначения наиболее приемлемым методом формирования является электрохимическая прошивка, позволяющая получать микроотверстия высокой точности размеров и формы, обеспечивая высокое качество поверхности.

В процессе прошивки отверстий с применением электролита концентрацией 20% наблюдалось частое приваривание и обрыв электрода-инструмента. Однако при этом обеспечивалось наиболее точная геометрия прошиваемого отверстия (± 20 мкм) без образования кратера (рисунок 2а). В случае чрезмерно высокой концентрации (30%) снижалась точность прошиваемого отверстия (± 150 мкм), а на входе в отверстие формировался кратер (рисунок 2в) достаточно большого размера (диаметром до 0,5 мм и глубиной до 0,25 мм).

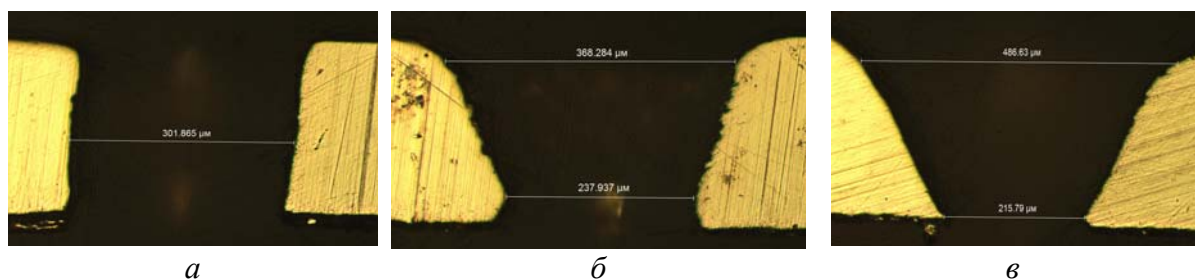


Рисунок 2 – Фотографии шлифов прошитых отверстий:
 а – 20%, 15В, 60 мл/мин; б – 25%, 15 В, 60 мл/мин; в – 30%; 18 В; 60 мл/мин

Наиболее приемлемые результаты были достигнуты на режимах прошивки с применением электролита концентрацией 25% (рисунок 3б), при которых обеспечивалась стабильность электрохимического процесса, достижение требуемой точности и качества поверхности формируемых микроотверстий, а также минимальные размеры кратера на входе в отверстие.

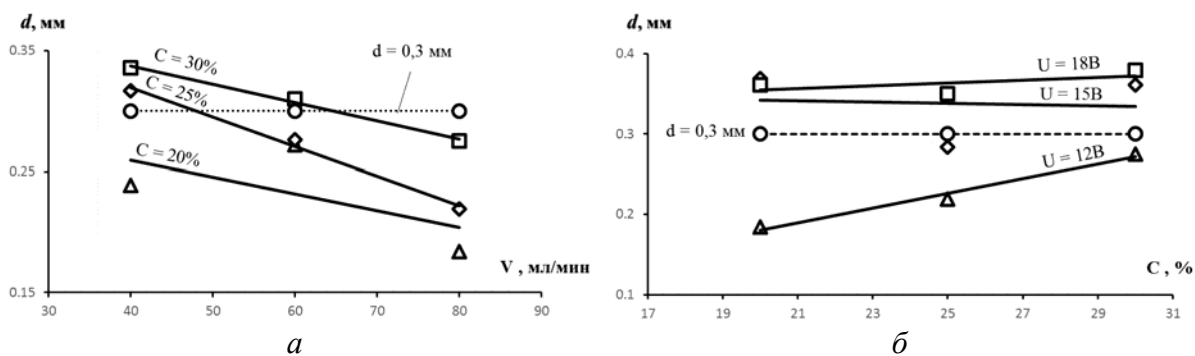


Рисунок 3 – Зависимость диаметра прошеного отверстия от напряжения, концентрации и расхода электролита: а – от степени обжатия; б – от коэффициента вытяжки

По результатам зависимостей влияния напряжения, концентрации и расхода электролита (рисунок 3) в процессе электрохимической прошивки на точность размеров и формы формируемых микроотверстий установлено, что для достижения высоких показателей точности микроотверстий, качества их поверхности и стабильности процесса необходимо выполнять обработку со следующими параметрами: напряжение – 15 В, расход электролита – 60 мл/мин, концентрация электролита – 25%). При значении напряжения 15 В обеспечивается достаточно высокая точность формируемых микроотверстий; концентрация электролита 25% обеспечивает стабильность электрохимиче-

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/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 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