

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛНОВОДОВ

ДАЙ ВЭНЬЦИ, А.Ю. КОРОЛЁВ, Ю.Г. АЛЕКСЕЕВ

*Республиканское инновационное унитарное предприятие
«Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», г. Минск, Беларусь*

Аннотация. К рабочим поверхностям имплантатов и инструментов медицинского назначения, контактирующим с системой кровообращения человека, предъявляются жесткие требования. В работе приводятся результаты исследования влияния температурных и временных параметров финишных методов обработки на качество внутренних и внешних поверхностей ультразвукового ступенчатого концентратора-волновода трубчатого типа (шероховатость, блеск и коррозионную стойкость). Оптимизированы технологические режимы химической и электролитно-плазменной обработки.

Для внутреннего воздействия на кровеносные сосуды с целью разрушения тромбов и улучшения эласто-механических свойств сосудистой стенки предложены ультразвуковые ступенчатые концентраторы-волноводы трубчатого типа (УСКВТТ) (рисунок 1) [1]. Лечебный эффект связан с внутренним воздействием на кровеносный сосуд кавитационной струи жидкости, которая формируется путем её подачи через внутреннюю полость на дистальную часть УСКВТТ одновременно с ультразвуковым воздействием.

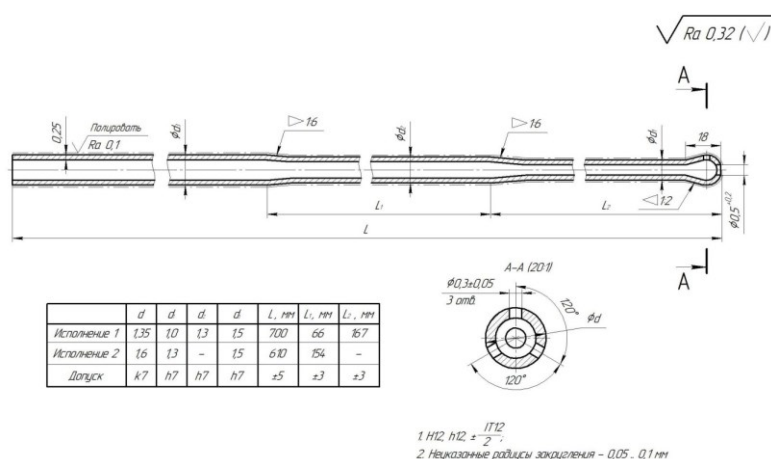


Рисунок 1. – Рабочий чертёж УСКВТТ (материал – 12Х18Н9)

В соответствии с техническими условиями на УСКВТТ к его рабочим внутренним и наружным поверхностям предъявляются следующие требования: не должно быть трещин, раковин, забоин, царапин, выкрошенных мест, заусенцев, расслоений и других загрязнений (окалины, материалов шлифовки, полировки и следов смазки); параметр шероховатости Ra 0,1 мкм наружных поверхностей и Ra 0,32 мкм внутренних поверхностей; УСКВТТ должен

быть коррозионностойким в условиях эксплуатации, хранения и транспортирования.

До финишных операций по очистке и полировке заготовка-трубка для изготовления УСКВТТ подвергалась термической и деформационной обработке. Для очистки от окалины внутренней поверхности (диаметром от 0,5 до 1,0 мм) использовалась смесь кислот (H_3PO_4 – 78 %, HNO_3 – 11 %, HCl – 11 %). Обработка выполнялась при температуре раствора 25 и 50 °С, скорость движения смеси кислот на проток составляла 0,40 и 1,00 мл/мин, продолжительность обработки 5 и 10 мин.

Установлено, что наиболее качественное удаление окалины без формирования очагов питтинговой и межкристаллитной коррозии, загрязнения зоны обработки продуктами растворения и закупоривания внутреннего канала обеспечивается при обработке с применением кислотной смеси без добавления воды с температурой 25 °С при скорости подачи раствора 0,4 мл/мин и продолжительности обработки 10 мин (рисунок 2).

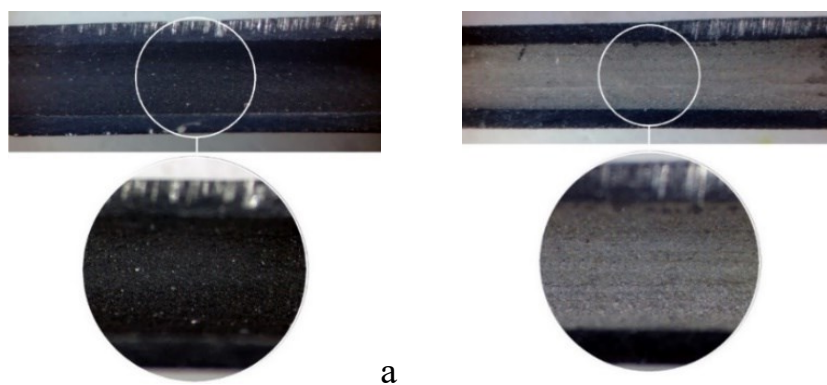


Рисунок 2. – Поверхность исходного образца (а) и после обработки (б)

Электролитно-плазменная обработка (ЭПО) выполнялась в 4–5% растворе $(NH_4)_2SO_4$, при напряжении 300 В, плотности тока 0,10–0,15 А/см² и температуре электролита 90 °С (таблица 1) и обеспечила качественное полирование и глянцевание наружной поверхности, удаление заусенцев, скругление острых кромок при Ra 0,1 мкм.

Таблица 1. – Результаты ЭПО поверхности образцов

№ режима	Время ЭПО, с	Съем материала, мм	Ra, мкм
Исходный	-	-	0,288
1	30	>0 <0,005	0,288
2	90	>0 <0,005	0,196
3	120	>0 <0,005	0,179
4	180	0,005	0,140
5	210	>0,005 <0,01	0,168
6	240	>0,005 <0,01	0,125
7	270	0,01	0,101

Также ЭПО придает требуемый эстетичный вид поверхности изделия. Данный параметр оценивался измерением блеска поверхности – коэффициентом отражения в сравнении с эталоном (зеркало, $\rho = 100\%$) и количественно-

но определялся в процентах. Как видно, после ЭПО блеск поверхности возрастает с 2,4 до 62,0%.



Исходный $Ra = 0,32 \pm 0,05$ мкм; $\rho = 2,4$ % ЭПО 240 с $Ra = 0,10 \pm 0,03$ мкм; $\rho = 62,0$ %

Рисунок 3. – Структура поверхности образцов: исходного и после ЭПО

Проведены исследования, направленные на установление влияния процессов финишной обработки (химической очистки и ЭПО) на коррозионную стойкость его поверхностей. Исследования коррозионной стойкости образцов выполнялись путем снятия поляризационных кривых в потенциодинамическом режиме (таблица 2).

Таблица 2. – Потенциал коррозии $E_{корр}$, плотность тока коррозии $i_{корр}$, потенциал питтингообразования $E_{питт}$ исследованных образцов

Образец	$E_{корр}$, мВ	$i_{корр}$, А/см ²	$E_{питт}$, мВ
№1 (Шлифование)	-176	$0,65 \cdot 10^{-8}$	+38
№ 2 (Хим. очистка 5 мин)	-253	$5,64 \cdot 10^{-8}$	+180
№ 3 (Хим. очистка 10 мин)	-449	$2,17 \cdot 10^{-8}$	+402
№ 4 (ЭПО)	-188	$0,22 \cdot 10^{-8}$	+392

Полученные результаты сравнительных испытаний свидетельствуют о достаточно высокой коррозионной стойкости поверхности, сформированной в результате химической очистки продолжительностью 10 мин и ЭПО 240 с. Несмотря на относительно высокую плотность тока коррозии образец № 3 обладает высоким потенциалом питтингообразования. Таким образом, сформированная внутренняя и наружная поверхности УСКВТТ способны надежно противостоять коррозии в условиях хранения, дезинфекции, стерилизации и эксплуатации УСКВТТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для устранения непроходимости кровеносных сосудов: пат. ЕА 031620 / Б.М. Хрусталёв, Ю.Г. Алексеев, И.Э. Адзерихо, В.Т. Минченя, А.Ю. Королёв, С.Н. Чур. – Опубл. 31.01.2019. Бюл. № 01.