

# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЛНОВОДА МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ

*Ван Чень*

*Машиностроительный факультет, Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

**Abstract.** The problem how to manufacture a long slender flexible ultrasound catheter with good acoustic characteristics and flexible characteristics currently still was not solved. The use of electrolyte-plasma processing method is proposed in this paper. The processing technology of metal forming and surface polishing of ultrasonic catheter can effectively solve this problem.

Несмотря на большие достижения в лечении сердечно-сосудистых заболеваний, данная патология продолжает оставаться главной причиной заболеваемости и смертности в Беларуси и в мире. Около 75 % всех сердечно-сосудистых заболеваний прямо или косвенно связаны с атеросклерозом. Для восстановления кровоснабжения обычно используется медикаментозная коррекция, которая в случае далеко зашедшего атеросклеротического процесса не дает клинически ощутимого эффекта, а также интервенционные и хирургические методы, характеризующиеся большим операционным травматизмом, значительным количеством ранних послеоперационных осложнений и высокой стоимостью лечения.

В качестве альтернативы для лечения атеросклеротических заболеваний предложен метод и оборудование для ультразвуковой ангиопластики, разработанные совместно с кардиологами РНПЦ «Кардиология» и БелМАПО. В основе метода лежит разрушение атеросклеротических образований низкочастотным высокоинтенсивным ультразвуком. Оборудование для ультразвуковой ангиопластики включает ультразвуковой генератор, ультразвуковой пьезоэлектрический преобразователь и сменный волновод. Разрушение атеросклеротических образований достигается за счет механического и кавитационного внутрисосудистого воздействия с помощью гибкого волновода диаметром 0,5–1,8 мм и длиной до 1200 мм, который излучает комбинированные колебания с частотой 22–28 кГц. Проведенные исследования [1, 2, 3] показали, что ультразвуковая ангиопластика является одним из наиболее перспективных направлений в области интервенционной кардиологии. В результате исследований разработанного метода установлена высокая эффективность разрушения тромбов и атеросклеротических бляшек с использованием ультразвука. По оценкам кардиологов потребность в операциях по ультразвуковому разрушению тромбов только в Беларуси составляет около 300 в год.

Работы по исследованию метода ультразвуковой ангиопластики и созданию ультразвуковых волноводных систем в настоящее время проводятся также в Германии, США и Ирландии [4, 5, 6, 7]. Однако до настоящего времени не решена проблема создания технологии получения гибких длинномерных волноводов малого диаметра, обладающих высокими акустическими и прочностными характеристиками. Существующие процессы получения длинномерных изделий малого диаметра, основанные на пластических методах, механической обработке и физико-технических методах, имеют ряд недостатков, не позволяющих изготавливать волноводы с требуемыми характеристиками.

В этой связи актуальными как в научном, так и в практическом плане являются работы, направленные на разработку и исследование технологии, обеспечивающей получение длинномерных медицинских волноводов малого диаметра для ультразвукового разрушения тромбов с высокими прочностными и акустическими характеристиками.

Для этого, предлагается разработанная технология для формообразования и порирования волновода методом электролитно-плазменной обработки (ЭПО).

Так как волновод служит медицинским инструментом для хирургических операций, он должен иметь высокую прочность, повышенные акустические характеристики, биосовместимость с организмом человека, повышенную коррозионную стойкость, повышенную гибкость.

Волновод является трехступенчатым с последовательно уменьшающимся диаметром в направлении к дистальному окончанию. Профиль перехода имеет плавную криволинейную форму по типу концентратора Фурье. В дистальном конце имеет сферическую головку. Конструкция волновода представлена на рисунке 1.

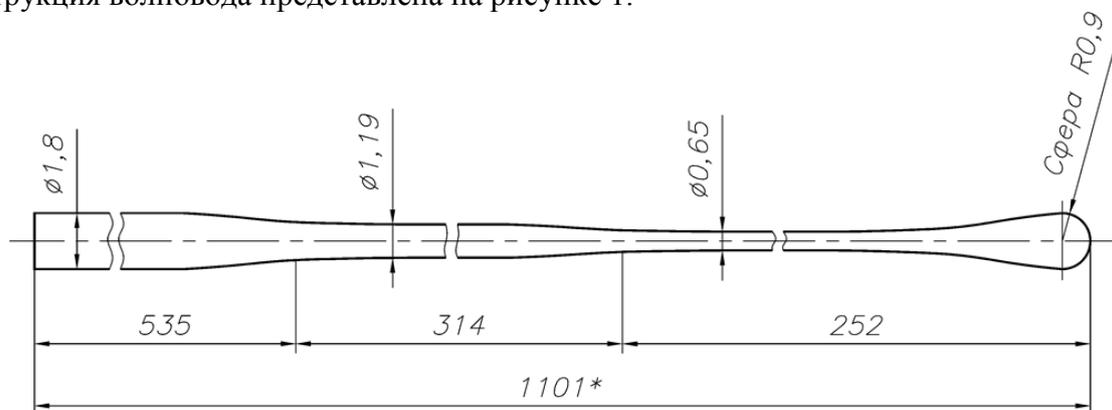
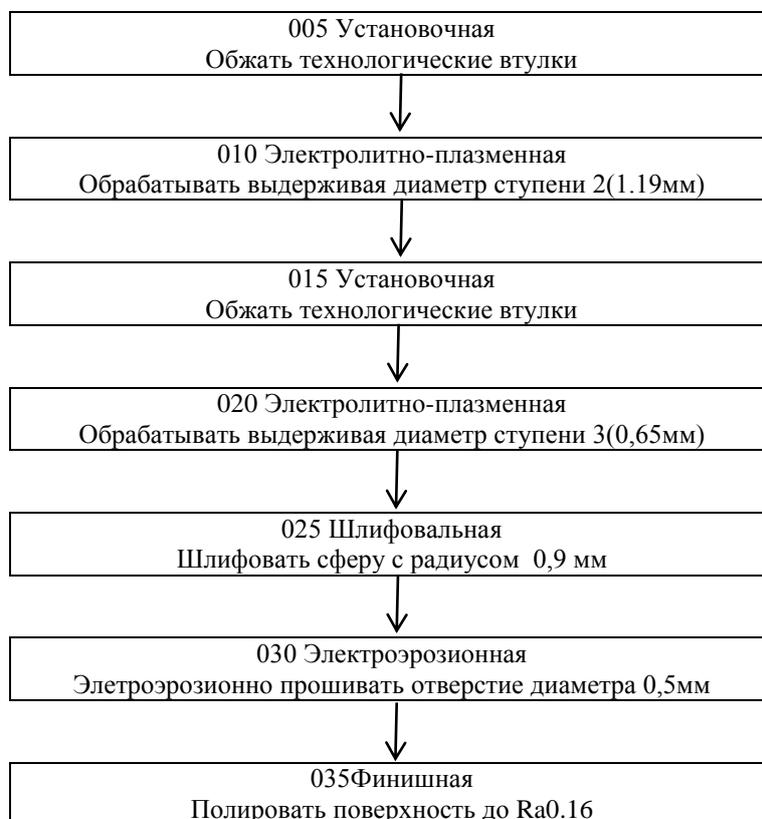


Рис. 1 - Пример трехступенчатого волновода

Для обеспечения его конструкционных и технических характеристик, разработана технология для изготовления низкочастотного УЗ волновода медицинского назначения методом ЭПО. Технологический процесс представлен в виде схемы.

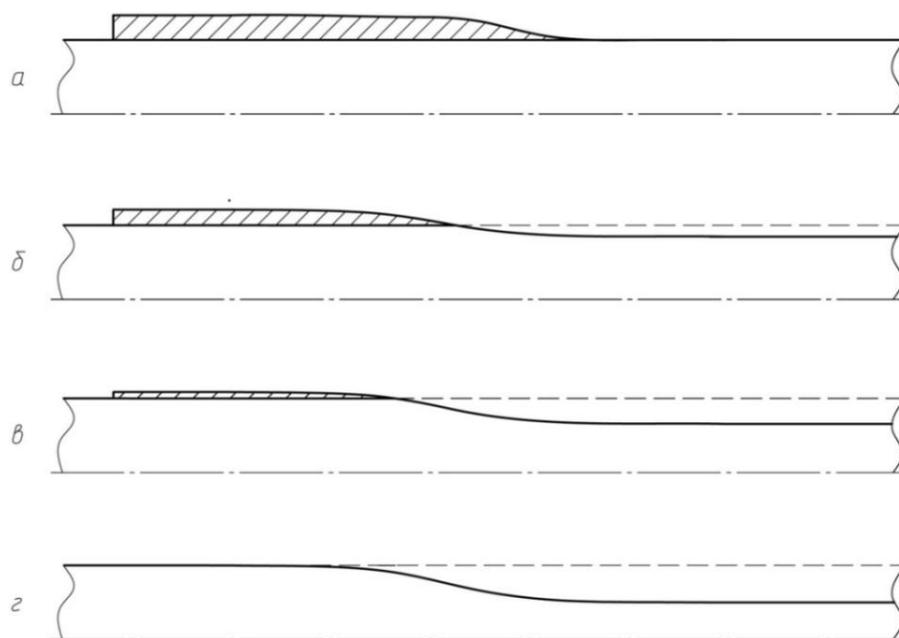


Преимуществами волноводов, полученных размерной ЭПО, являются: однородность характеристик материала по всей длине, соответствующих характеристикам исходной

заготовки, поскольку ЭПО не оказывает силового и значимого температурного воздействия на материал; высокое качество поверхности; надежность рабочего наконечника за счет его формирования из цельной заготовки без дополнительной сварки или пайки.

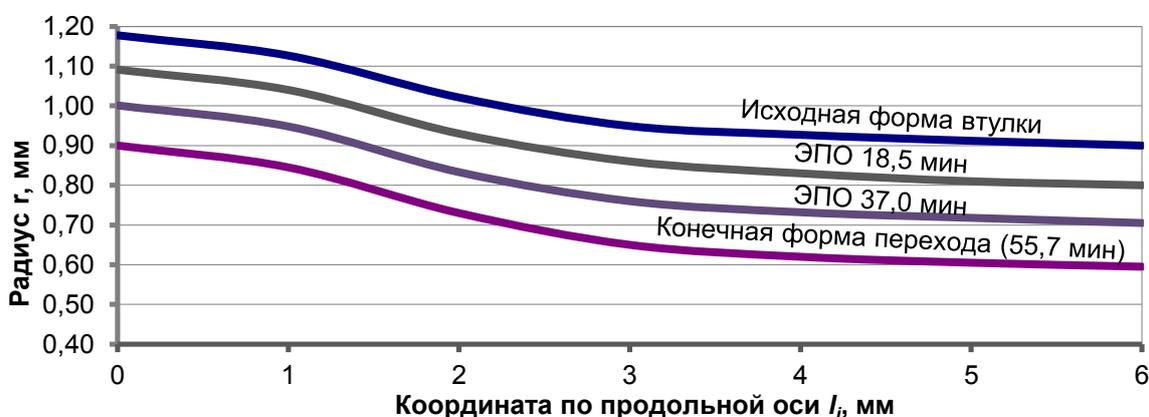
Кроме того, так как в качестве электролита применяются безопасные концентрации безвредных веществ, в процессе изготовления с данной технологией не вызывает загрязнение окружающей среды.

Для обеспечения плавного перехода заданной формы разработана технологическая втулка, имеющая специальный профиль. Технологическая втулка нанизывается на заготовку и напрессовывается в зоне планируемого перехода волновода. Заготовка в сборе с втулкой обрабатывается до достижения требуемого диаметра следующей ступени. В процессе обработки происходит одновременное удаление металла с поверхности втулки и цилиндрической заготовки.



*а – исходное состояние; б, в – промежуточные стадии формирования перехода; г – сформированный переход*

*Рис. 2 – Схема формирования плавного перехода с использованием втулки*



*Рис. 3 – Изменение профиля плавного перехода в процессе обработки*

1. Адзериho, И.Э. Ультразвуковой тромболитис в лечении артериального тромбоза: дис. ...д-ра мед. наук 14.00.06 / И.Э.Адзериho. – Минск, 2004. – 322 с.

2. Рачок, С.М. Ультразвуковое разрушение тромбов в присутствии стрептокиназы: эффективность и влияние на гемокоагуляционный и сосудисто-тромбоцитарный гемостаз (экспериментальное исследование) : автореф. дис. канд. мед. наук : 14.00.06 / С.М.Рачок; БелМАПО. – Минск, 2005. – 19 с.
3. Тун, Цзяи. Эффективность восстановления проходимости пораженных атеросклерозом артерий ультразвуковыми волноводами различных модификаций in vitro : автореф. дис. канд. мед. наук: 14.00.06 / Цзяи Тун; БелМАПО. Минск, 2006. 21 с.
4. Platelet activation in increased in peripheral arterial disease / K.Cassar [et al] // J. Vasc. Surg. – 2003. – Vol.11, №5. – P.53–59.
5. Activation, aggregation and adhesion of platelets exposed to high-intensity focused ultrasound / S.L. Poliachik [et al] // Ultrasound Med. Biol. – 2001. – Vol.27, №11. – P. 1567–1576.
6. Goyen, M. Intravascular ultrasound angioplasty in peripheral arterial occlusion – Preliminary experience / M. Goyen [et al] // Act Radiol. – 2001. – Vol. 41, №2. – P. 122–124.
7. Lee, J.T. Applications of intravascular ultrasound in the treatment of peripheral occlusive disease / Lee J.T. [et al] // Semin. Vasc. Surg. – 2006. – Vol. 19, №3. – P. 139–144.