

## КОНСТРУКЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ-ВОЛНОВОДОВ ТРУБЧАТОГО ТИПА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ НЕПРОХОДИМОСТИ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ

Алексеев Ю.Г., Минченя В.Т., Королёв А.Ю., Дай Вэньци  
Белорусский национальный технический университет

**Abstract.** Fundamentally new design of ultrasonic waveguide-catheter system to eliminate the obstruction of blood vessels was developed. The effect thrombus/plaques destruction is carried out by using a cavitation jet of liquid formed by supplying through internal cavity of concentrator-waveguide at its distal part simultaneously with ultrasound action. This kind of effect, unlike mechanical cavitation is more effective and safer in terms of destruction of endovascular thrombi and atherosclerotic plaques, and has greatly improved elastic-mechanical properties of the vascular wall in atherosclerosis and diabetes.

В качестве альтернативы существующим дорогостоящим и травматическим процедурам устранения непроходимости магистральных артерий нижних конечностей у больных с сахарным диабетом предложен метод разрушения внутрисосудистых образований – ультразвуковая реканализация. Метод основан на применении ультразвукового оборудования, основным компонентом которого является ступенчатый концентратор-волновод трубчатого типа, обеспечивающий возможность подачи жидкости в зону обработки через внутреннюю полость.

Концентратор-волновод (рисунок 1) состоит из трубки ступенчатой формы 1, узла крепления, включающего винт 2 с шайбой 3 и разъёма 4 для подключения магистрали подачи жидкости. Длина рабочей части концентратора-волновода достигает 635 мм, диаметр ступеней – 1,5 мм, 1,3 мм и 1,0 мм. Диаметр внутренней полости – от 0,5 до 1,0 мм.

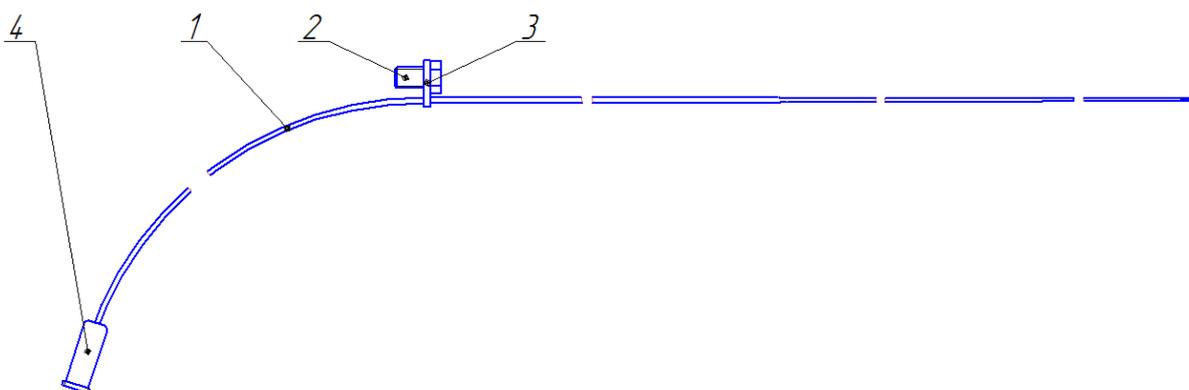


Рисунок 1 – Конструкция трубчатого концентратора-волновода

Для обеспечения максимального эффекта разрушения внутрисосудистых образований путем виброударного воздействия при ультразвуковых колебаниях на дистальном конце концентратора-волновода сформирован сферический наконечник, в котором имеются осевое и боковые отверстия, предназначенные для воздействия кавитационной струей как на внутрисосудистое образование, так и на пораженный участок сосудистой стенки (рисунок 2).

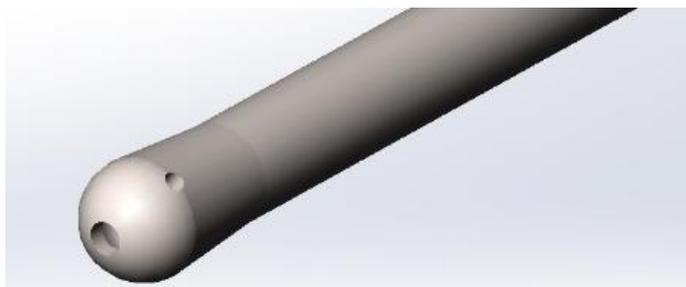


Рисунок 2 – Рабочий наконечник концентратора-волновода

Разработаны и исследованы методы формообразования поверхностей трубчатого элемента концентратора-волновода, представляющего собой цилиндрическую трубку ступенчатой формы с плавным переходом от проксимальной части большего диаметра к дистальной части меньшего диаметра, изготовленную из стали 12Х10Н10Т (рисунок 3).

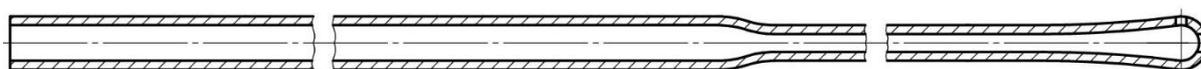


Рисунок 3 – Конструкция трубчатого элемента концентратора-волновода

Анализ конструкции трубчатого элемента показывает, что наиболее приемлемым методом формирования требуемого количества ступеней на заготовке в виде трубки малого диаметра с толщиной стенки 0,25 мм является многократное безоправочное волочение с неполным проходом и реверсированием, выполняемым с целью извлечения заготовки из фильеры. По результатам экспериментальных исследований процесса установлены маршруты, позволяющие выполнять безобрывное волочение с сохранением исходной толщины стенки и обеспечивающие высокие прочностные и акустические характеристики концентраторов-волноводов. Установлено, что выполнения таких условий вытяжка за проход не должна превышать 1,11, а обжатие должно быть не более 0,1. Для формирования ступени диаметром 1,3 мм из исходной заготовки диаметром 1,5 мм принят следующий маршрут волочения: 1,5–1,4–1,3. Для формирования дистальной ступени диаметром 1,0 мм: 1,3–1,2–1,12–1,06–1,0.

Получение сферического наконечника на ступенчатой заготовке выполняется в две операции: раздача трубки в форму конуса на угол и длину будущего сферического наконечника и вальцовка наконечника для придания ему сферической формы. Установлено, что для формирования сферического наконечника диаметром 1,35 мм из трубки диаметром 1,0 мм требуется предварительная раздача в форму конуса с диаметром 1,45 мм. Для выполнения этой операции необходимо использование конических пуансонов трёх типоразмеров. Для завальцовки конуса в выпуклую сферическую форму используется матрица с требуемым радиусом закругления (0,65 мм). При этом осевое перемещение матрицы выполняется с таким условием, чтобы в сферическом наконечнике оставалось центральное отверстие диаметром 0,5 мм.

Боковые отверстия в сферическом наконечнике формируются методом электрохимической прошивки. По результатам исследований установлены режимы обработки обеспечивающие получения боковых отверстий диаметром 0,3 мм с отклонением не более  $+0,05$  мм без плавления поверхностей с высокой производительностью: материал электрода – медь, напряжение – 17 В, скорость перемещения электрода – 20 мкм/с.