

УДК 621.77
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И МЕТОДОВ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ
УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ-ВОЛНОВОДОВ
ТРУБЧАТОГО ТИПА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ НЕПРОХОДИМОСТИ
КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ

Ю. Г. АЛЕКСЕЕВ, В. Т. МИНЧЕНЯ, А. Ю. КОРОЛЕВ
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Минск, Беларусь

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 (рис. 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; 1,3 и 1,0 мм. Диаметр внутренней полости – от 0,5 до 1,0 мм.

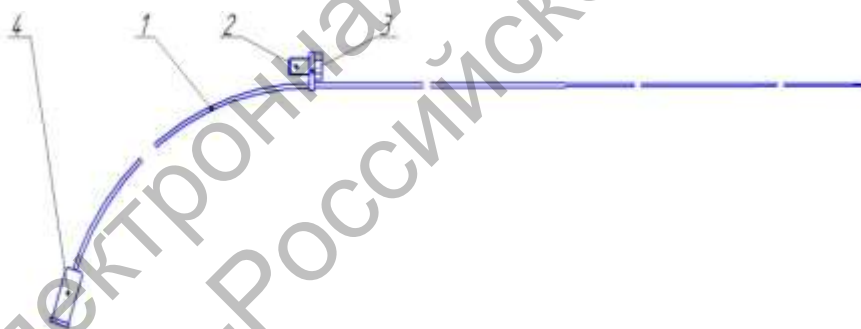


Рис. 1. Конструкция трубчатого концентратора-волновода

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 (рис. 2).



Рис. 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 (рис. 3).



Рис. 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.