

$$F_{m1} = (m_1 + m_2) \frac{2x}{t_{де}^2} - \left[ \frac{1}{2} B_E^2 \frac{l_n^2}{[\rho + G(l_n / S_n)]^2} \frac{dG}{dx} \right] + m_1 g_h + m_2 g_h + kx,$$

где  $x$  – минимальное смещение центра толщины мембраны;

$t_{де}$  – время смещения центра толщины мембраны ( $t_{де} = t_{ср} - t_{тр}$ );

$t_{тр}$  – время трогания;

$t_{ср}$  – время срабатывания);

$F_1$  – сила тяжести участка мембраны;

$F_2$  – сила тяжести постоянного магнита;

$F_{упр}$  – сила упругости, с которой материал сопротивляется смещению.

Используя выше описанную формулу силы магнитного поля и формулу магнитной индукции соленоида  $B = I_0 W \mu_0 / l_c$ , силу  $F_{m1}$  запишем:

$$F_{m1} = F_{ср} = \frac{\Phi^2}{2\mu_0 S} = \frac{B^2 S}{2\mu_0} = \frac{(I_0^2 W^2 \mu_0^2 / l_c^2) S}{2\mu_0} = \frac{I_0^2 W^2 \mu_0^2 S}{2l_c^2},$$

где  $I_0$  – сила тока в соленоиде;

$l_{пр}$  – длина проводника;

$W$  – количество витков соленоида;

$l_c$  – длина соленоида.

Приравняв данные формулы получим уравнение:

$$\frac{I_0^2 W^2 \mu_0^2 S}{2l_c^2} = (m_1 + m_2) \cdot \frac{2x}{t_{де}^2} - \left[ \frac{1}{2} B_E^2 \frac{l_n^2}{[\rho + G(l_n / S_n)]^2} \frac{dG}{dx} \right] + m_1 g_h + m_2 g_h + kx.$$

При смещении магнита вниз относительно начального положения, значение силы уменьшается.

Таким образом, имея значения тех или иных параметры, в зависимости от требований и характеристик используемых материалов, осуществляется подбор недостающих данных.

#### Список использованных источников

1. Ермолаева Е.В., Зверев В.А., Филатов А.А. Адаптивная оптика. / Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО. – 2012. – 297 с.
2. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты. – М.: Энергия, 1972. – С. 154, 200.

УДК 621.77

### ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СТУПЕНЧАТЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОНЦЕНТРАТОРОВ-ВОЛНОВОДОВ ТРУБЧАТОГО ТИПА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ НЕПРОХОДИМОСТИ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛОЧЕНИЯ

Королёв А.Ю.<sup>1</sup>, Будницкий А.С.<sup>1</sup>, Гончаревич А.Л.<sup>2</sup>, Дай Вэньци<sup>1</sup>, Янович В.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

**Abstract.** As an alternative to costly and traumatic procedures for removing obstruction of lower limb arteries in patients with diabetes, a new method for the destruction of intravascular formations has

been proposed. The method is based on the use of ultrasonic equipment, the main component of which is a stepped concentrator-waveguide of the tubular type, which provides the possibility of supplying fluid to the treatment area through the internal cavity. The paper presents the results of the study of the process of forming the stepped surfaces of the concentrator-waveguide using drawing.

Диаметры ступеней концентратора-волновода для устранения непроходимости кровеносных сосудов составляют – 1,5 мм, 1,3 мм и 1,0 мм. В качестве исходной заготовки для формообразования ступенчатого трубчатого элемента концентратора-волновода (рисунок 1) целесообразно использовать трубку диаметром 1,5 мм с толщиной стенки 0,25 мм из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т. 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 волочение. В случае, когда требуется только уменьшение диаметра трубки без изменения толщины стенки применяется безоправочное волочение. При безоправочном волочении вытяжка за один проход составляет 1,1–1,5 и ограничивается устойчивостью профиля или прочностью выходящей трубы.

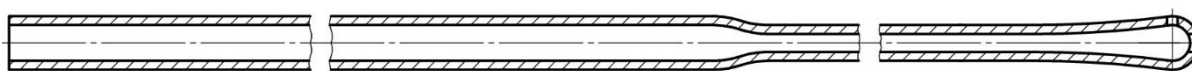


Рисунок 1 – Конструкция ступенчатого трубчатого элемента концентратора-волновода

Для обеспечения максимального эффекта разрушения внутрисосудистых образований путем виброударного воздействия при ультразвуковых колебаниях на дистальном конце концентратора-волновода сформирован сферический наконечник (рисунок 2). В сферическом наконечнике имеются осевое и боковые отверстия, предназначенные для воздействия кавитационной струёй как на внутрисосудистое образование, так и на пораженный участок сосудистой стенки, что позволяет восстанавливать проходимость сосуда с одновременным ремоделированием сосудистой стенки.

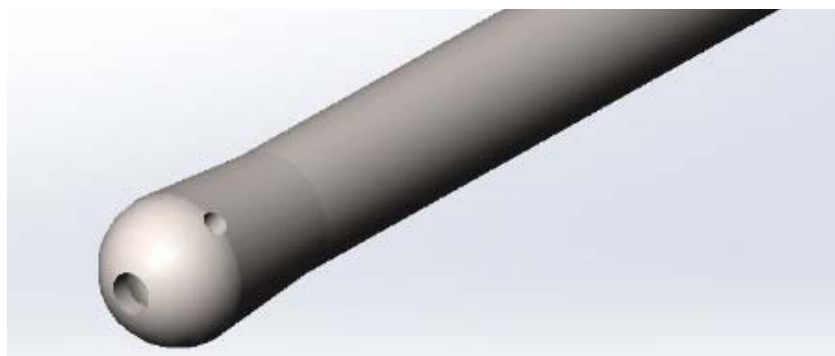


Рисунок 2 – Рабочий наконечник концентратора-волновода

Целью данной работы являлось исследование процесса формообразования ступенчатых поверхностей концентраторов-волноводов методом волочения.

В результате исследования режимов формообразования ступенчатых поверхностей трубчатого концентратора-волновода устанавливались зависимости режимов волочения образцов на изменение рабочего усилия и микротвердость материала. В соответствии с разработанным маршрутом выполнялось волочение пяти экспериментальных образцов. Кроме того, дополнительно выполнялось волочение образцов с единичными обжатиями, значительно превышающими рекомендованные значения: 1,4–1,2 мм, 1,3–1,1 мм, 1,2–1,0 мм. Каждый образец предварительно отжигался.

Зависимости, характеризующие влияние расчетных и экспериментальных значений усилия волочения от характеристик деформации, представлены на рисунке 3. С повыше-

нием степени деформации и коэффициента обжатия происходит постепенное повышение усилия волочения. При увеличении степени обжатия с 0,08 до 0,21 усилие волочения увеличивается в 1,5 раза. Полученные экспериментальные значения усилия волочения хорошо согласуются с расчетными.

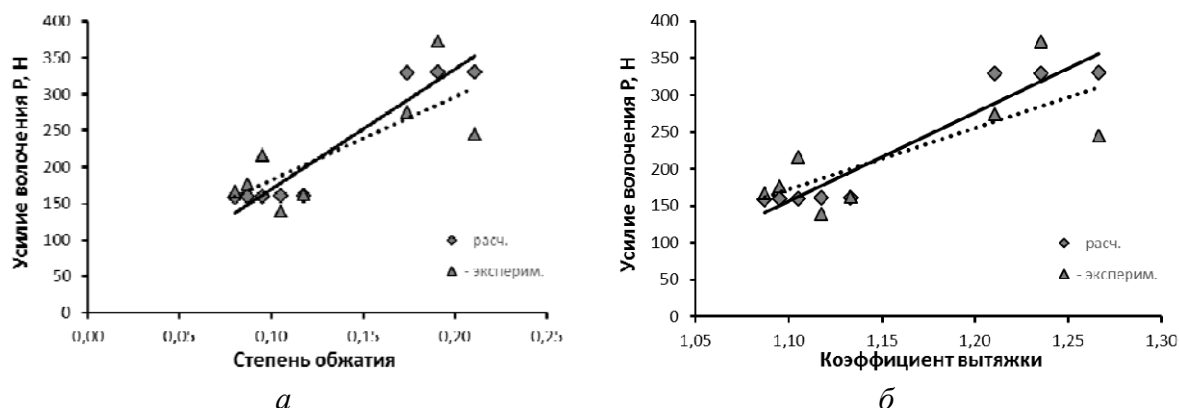


Рисунок 3 – Влияние усилия волочения от степени обжатия и коэффициента вытяжки: *а* – от степени обжатия; *б* – от коэффициента вытяжки

Повышение степени обжатия приводит к существенному повышению микротвердости и, соответственно, прочности материала (рисунок 4). При степени деформации 0,08 микротвердость исследуемого материала повышается на 25 % относительно исходного отожженного состояния, а при степени деформации 0,21 – на 44 %. Таким образом, для достижения высоких прочностных характеристик материала целесообразно выполнять обработку с высокой степенью деформации, однако при этом необходимо учитывать, что прикладываемое для волочения усилие не должно вызывать появление напряжений, превышающих предел текучести.

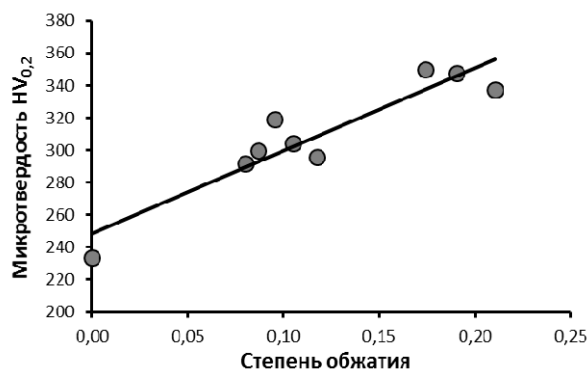


Рисунок 4 – Влияние степени обжатия на микротвердость образцов полученных волочением

УДК 621.74:539

## КОМПЬЮТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ПЫЛЕВЫХ ВЫБРОСОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*Матюшинец Т.В., Яцкевич Ю.В., Чичко А.Н.*

*Белорусский национальный технический университет*

**Аннотация.** На основе метода математического моделирования выполнены численные расчеты процесса формирования пылевых выбросов в цеху, содержащем оборудование. Показаны возможности получения расчетной информации о распределении скоростей, температур и пылевых выбросов в 3d пространственной структуре. Рассчитана трехмерная динамика движения воздуха и пыли в условиях цеха, что можно использовать для разработки мероприятия по улучшению экологии цеха.

**Ключевые слова:** компьютерный анализ, пыль, экология цеха.