

дение относительной разности емкостей, создающих поля вдоль осей анизотропии, составляет 0,5 % при уменьшении толщины электродов от 35 мкм до 5 мкм. При увеличении размера $h \rightarrow \infty$ относительные разности $(C_y - C_x)/C_0$ стремятся к значениям относительных разностей емкостей многосекционных накладных измерительных конденсаторов. Они не зависят от размера h (толщины контролируемого материала). Таким образом, наиболее оптимальной толщиной подложки b электроемкостных преобразователей следует считать размер соизмеримый с толщиной контролируемого материала h .

Список литературы

1. Нетушил, А.В. Электромагнитные поля в анизотропных средах / А.В. Нетушил // Изв. вузов. Электромеханика. 1962. № 5. С. 475–489
2. Джежора, А. А. Принципы проектирования накладных измерительных конденсаторов в присутствии заземленной плоскости / А.А. Джежора [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2011. – № 2(3). – С. 106-112.
3. D. Styra, S.V. Augutis, A. Dumcius, S. Jacenas Non-destructive Methods For Composite Materials Anisotropy Evaluation/ Styra D., Augutis S.V., Dumcius A., Jacenas S.// Department of Electronics and Measurement Systems. Kaunas University of Technology, Kaunas (Lithuania).
4. Dzhezhora A.A. The Edge Effect on the Electrode Faces upon Testing of Orthotropic Media/ A.A. Dzhezhora A.M. Naumenko//Russian Journal of Nondestructive Testing, 2014, Vol.50, №3, pp. 50-56.

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГО-СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОЛОРЕКТАЛЬНОГО TiNi СТЕНТА ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Рубаник В.В.^{1,2}, Денисенко В.Л.³, Рубаник м.л. В.В.^{1,2}, Легкоступов С.А.^{1,2},
Бухтаревич С.П.³, Доройко В.Г.⁴

¹ Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

² ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси», г. Витебск, Беларусь

³ УЗ «Витебский областной клинический специализированный центр»,
г. Витебск, Беларусь

⁴ Медицинское предприятие «Симург», г. Витебск, Беларусь

Наука и медицина тесно связаны между собой и обуславливают развитие друг друга. Свидетельством этого является большое количество весьма успешных совместных разработок. Одной из таких является стентирование различных органов. Стент — упругая металлическая конструкция в форме цилиндрического каркаса, которая помещается в просвет полых органов и обеспечивает расширение участка, суженного патологическим процессом.

Повсеместное использование саморасширяющихся стентов из сплава с эффектом памяти формы (ЭПФ) обусловлено их малотравматичностью, эффективностью ликвидации острой непроходимости полого органа.

В совместной лаборатории перспективных материалов и технологий ИТА НАН Беларуси и Витебского государственного технологического университета, со специалистами Витебского областного клинического специализированного центра разработан колоректальный стент на основе TiNi сплава для лечения злокачественных новообразований толстого кишечника и прямой кишки с целью восстановления проходимости стенозированной части органа [1].

В качестве материала для изготовления стентов использовали проволоку медицинского никелида титана Ti–55,77 вес.% Ni фирмы ЗАО «ПЦ МАТЭКС» (г. Москва) марки ТН1 диаметром 0,35 мм с температурой окончания обратного фазового перехода $A_k = 18^\circ\text{C}$. Стент представляет собой плетеную конструкцию в виде цилиндрического каркаса с расширяющимися чашеобразными окончаниями. Диаметр стента составляет 30 мм – рабочая часть и 36 мм – окончания стента, длина стента 135 мм, размер ячейки 4 мм. Устройство доставки имеет рабочую длину 700 мм (рис.1).

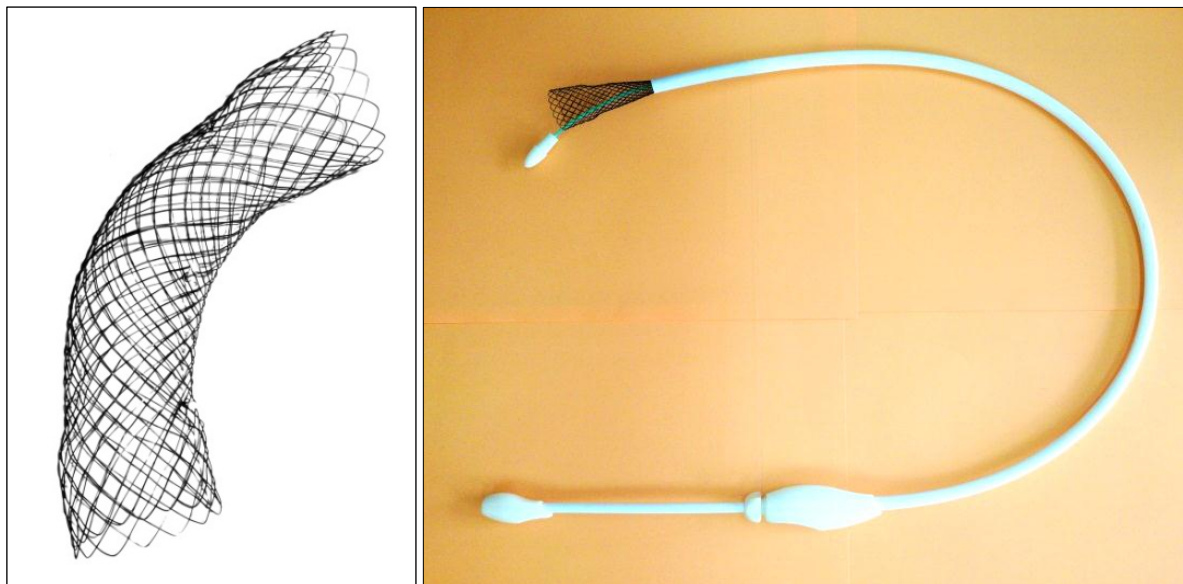


Рис. 1. Внешний вид колоректального TiNi стента и устройства доставки

Плетение осуществляли путем навивки проволоки на специальную оснастку с последующей термической обработкой в среде инертного газа и химической полировкой [2]. После этого осуществляли контроль качества поверхности стента и функциональных свойств.

Исследование упруго-силовых характеристик колоректального стента проводили на разрывной машине ИП 5158-5 при различных условиях деформации: поперечное и продольное сжатие, трехточечный изгиб при температурах 18°C и 25°C – интервал температур заправки стента в систему доставки; 36°C и 42°C – интервал температур, когда стент находится внутри человеческого тела.

Единых стандартов для испытаний стентов на сегодняшний день не существует и каждый производитель испытывает изготавливаемую продукцию по собственной методике [3]. В основе большинства методик испытаний стентов лежит измерение их упруго-силовых характеристик при различных схемах деформирования и разных температурах. В нашем случае при исследовании поперечного и продольного сжатия стент подвергался сжатию от исходного состояния на 50%. Результаты испытаний и диаграммы упруго-силовых характеристик колоректального стента при данных деформациях представлены на рисунках 2,3. Погрешность измерений составляла $\pm 0,1\text{H}$.

При испытании на трехточечный изгиб стент помещался между тремя опорными элементами, после чего центральный опорный элемент смещали на 30мм, как это показано на рисунке 4, и в таком положении измеряли усилие развиваемое стентом. Полученные значения представлены на диаграмме (рис. 4). Погрешность измерений составляла $\pm 0,1\text{H}$.

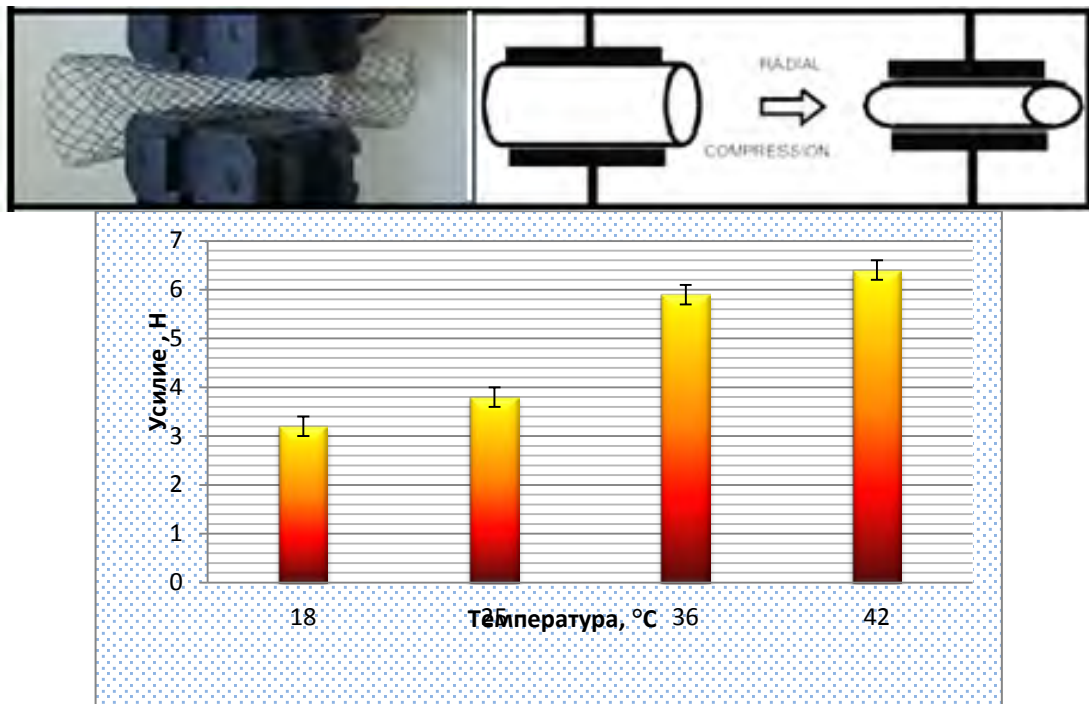


Рис. 2. Схема поперечного сжатия и диаграмма упруго-силовых характеристик стента

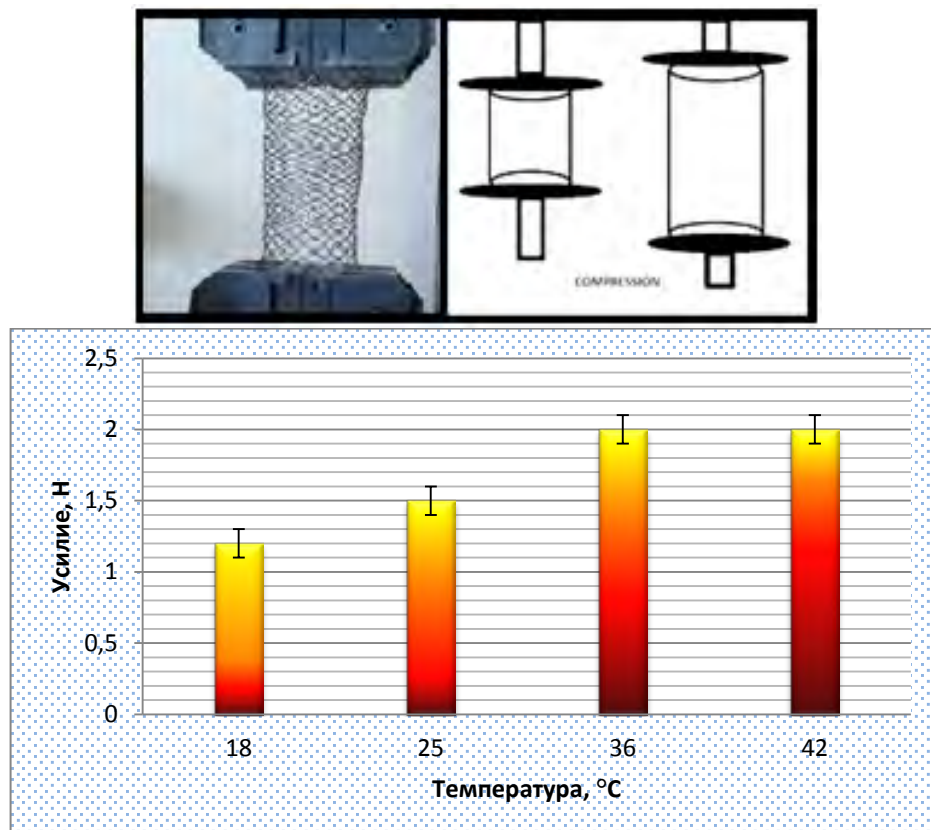


Рис. 3. Схема продольного сжатия и диаграмма упруго-силовых характеристик стента

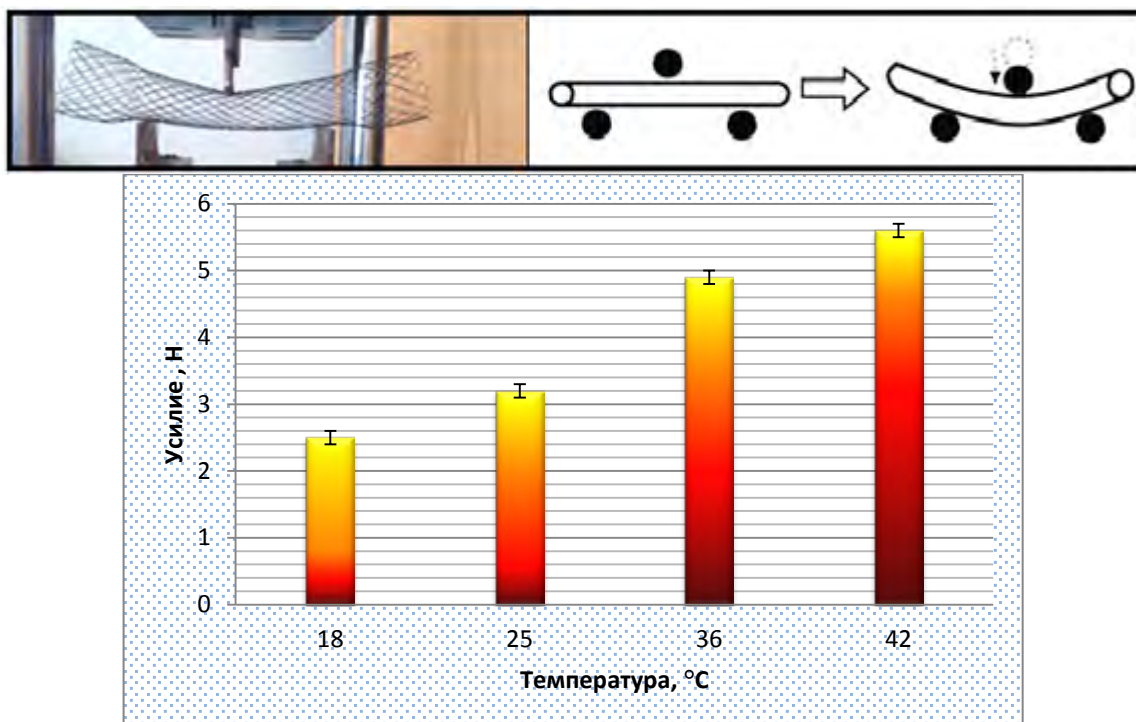


Рис. 4. Схема трехточечного изгиба и диаграмма упруго-силовых характеристик стента

В результате проведенных испытаний получены следующие максимальные значения усилий:

- при температурах заправки стента в систему доставки – 3,8Н,
- при температурах человеческого тела – 6,4Н.

Увеличение усилия с увеличением температуры связано с переходом материала в аустенитное состояние, в котором колоректальный стент за счет эффекта сверхупругости обеспечивает стабильность формы и восстанавливает участок, суженный патологическим процессом.

Работа выполнена благодаря финансовой поддержке в рамках подпрограммы «Материалы в технике», задание № 4.1.08.

Список литературы

1. Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Легкоступов С.А., Денисенко В.Л., Бухторевич С.П., Шкуднов А.А., Скудский М.М., Непомнящая В.В. Колоректальный TiNi стент. 2014г. 143-145с.– Витебск; Международная конференция «Сплавы с эффектом памяти формы: свойства, технологии, перспективы». Выпущено издательским отделом ЦИТ ВГТУ. Свидетельство о государственной регистрации №1/172 от 12.02.2014.
2. Стент: пат. 2089131 Росс. Федерация, А61F2/06, А61F2/01/ С.А.Пульнев, А.В. Карев, С.В. Щукин; № 93058166/14; заявл. 28.12.93; опубл. 10.09.1997.
3. Mechanical properties of nitinol stents and stent-grafts. Gore & Associates, Inc. [Электронный ресурс]. Режим доступа:<http://www.goremedical.com/resources/dam/assets>. Дата доступа: 02.04.2015.