

УДК 616.77, 621.78

## ВЛИЯНИЕ НАТЯЖЕНИЯ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ НА ЖЕСТКОСТЬ ОБРАЗЦОВ ИЗ НИТИНОЛА

Богдан П.С., Савченко А.Л., Минченя В.Т.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Тема исследования связана с совершенствованием изделий медицинского назначения. Задачей исследования является анализ влияния натяжения нитиноловой проволоки при термообработке на ее механические характеристики. Показано, что при увеличении силы натяжения изгибная жесткость образцов снижается.

**Ключевые слова:** нитинол, проволока, термообработка, натяжение, изгибная жесткость.

## EFFECT OF TENSION DURING HEAT TREATMENT ON THE RIGIDITY OF NITINOL SPECIMENS

Bogdan P., Savchenko A., Minchenya V.

Belarusian National Technical University  
Minsk, Republik of Belarus

**Abstract.** The research topic is related to the improvement of medical devices. The task of the study is to analyze the influence of the tension of the nitinol wire during heat treatment on its mechanical characteristics. It is shown that with an increase in the tension force, the bending rigidity of the samples decreases.

**Key words:** nitinol, wire, heat treatment, tension, flexural rigidity.

Адрес для переписки: Савченко А.Л., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: alsavchenko@bntu.by

Объектом исследования является сплав никелида титана (нитинол) и технологические процессы формообразования изделий из проволоки на его основе.

Для формообразования пространственных структур из нитиноловой проволоки требуется термообработка с фиксацией требуемой формы. Режим термической обработки определяет температуру, при которой нитинол находится в состоянии сверхупругости, то есть воссоздает форму, запомненную при термообработке.

Научно-технологический парк БНТУ «Политехник» выпускает ряд изделий для кардиохирургии из нитиноловой проволоки. В частности, налажен серийный выпуск стентграфтов, в конструкции которых имеются зигзагообразные элементы их нитинола (рис. 1).



Рисунок 1 – Зигзагообразный элемент стентграфта из нитинола

Для термообработки такие элементы размещают на многоместных приспособлениях в виде труб со штифтами для придания проволоке зигзагообразной формы. Экспериментальный вариант такого приспособления показан на рис. 2 [1].

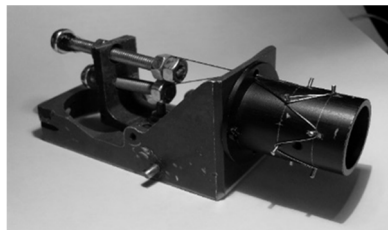


Рисунок 2 – Экспериментальный вариант приспособления для придания проволоки зигзагообразной формы

После навивки на штифты проволока натягивается и в таком состоянии вместе с приспособлением помещается в печь.

При разработке технологического процесса термообработки исследовались такие параметры, влияющие на механические свойства образцов, как температура термообработки, геометрия готовых изделий и ее изменение в процессе термообработки, режимы охлаждения и другие [2]. Тем не менее, выяснилось, что часть образцов имеют при рабочей температуре недостаточную жесткость, то есть при выходе из системы доставки стентграфт может иметь значительную остаточную деформацию. В ходе анализа технологического процесса возникло подозрение, что при навивке проволоки на приспособление различные участки могут иметь различное натяжение, что может привести к отличиям в механических характеристик этих участков после термообработки. Поэтому были выполнены экспериментальные исследования влияния натяжения при термообработке на жесткость образцов из нитинола.

Для исследования были взяты образцы проволоки Ti-44,48; Ni-49,16; Cu-6,02 фирмы «Фукарава» (Япония) диаметром 0,45 мм, используемой для изготовления каркасов стент-графтов.

Было разработано приспособление (рис. 3), в котором проволока навивалась на штифты и фиксировалась после задания натяжения динамометром. В результате получались  $\Lambda$ -образные элементы одинакового размера.



Рисунок 3 – Экспериментальный вариант приспособления для придания проволоки зигзагообразной формы

Одновременно на оправку устанавливалось несколько образцов с разным натяжением, которые вместе с приспособлением подвергались термической обработке. После этого образцы снимались и подвергались измерению жесткости в приспособлении, которое позволяло измерять усилие деформации образцов на заданный угол, в данном случае  $30^\circ$  (рис. 4).

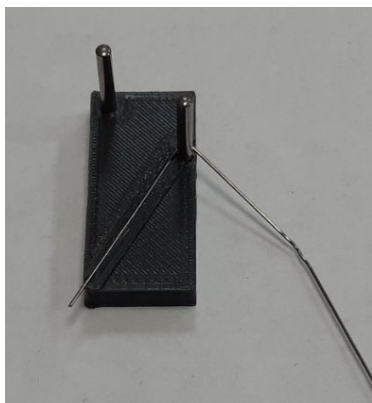


Рисунок 4 – Приспособление для измерения жесткости

Результаты измерения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты измерений

Усилие натяжения, Н	Усилие деформации, Н
0	1,7
5	1,5
10	1,4
30	1,2
50	0,95
70	0,7
90	0,45

Видно, что при увеличении натяжения жесткость образцов снижается. Для наглядности это показано на графике (рис. 5).

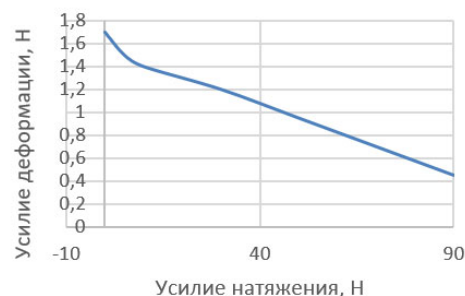


Рисунок 5 – График зависимости усилия деформации от натяжения

Технологические особенности процесса термической обработки не позволяют выполнять ее с нулевым натяжением проволоки, так как при этом сложно обеспечить требуемую форму. Но при навивке следует обеспечивать одинаковое натяжение всех ветвей зигзага, чтобы в результате обеспечить одинаковую жесткость элементов. Для этого предлагаются некоторые изменения в конструкцию приспособлений. В частности, предлагается использовать меньшее количество слоев навивки и изменить механику натяжения. Эти меры должны привести к снижению трения между проволокой и элементами приспособления и, следовательно, увеличить равномерность натяжения.

Работа выполнена в интересах и при поддержке Научно-технологического парка БНТУ «Политехник».

#### Литература

1. Разработать оригинальную конструкцию системы аортального стентграфта и внедрить технологию применения системы аортального стентграфта для хирургического лечения аневризм грудной аорты при операциях с искусственным кровообращением [Электронный ресурс] : отчет о НИР (заключительный) : ГБ 03.08-1/2011 / кол. авт. Белорусский национальный технический университет, рук. Минченя В.Т., ис-полн. Минченя Н.Т., исполн. Савченко А.Л., исполн. Степаненко Д.А. – Электрон. дан. – Минск : [б. и.], 2013. . – № ГР 20113925.

2. Разработка и исследование конструктивных и технологических параметров формообразования изделий медицинского назначения из никелида титана» в рамках задания 4.1.08 «Разработка и исследование технологии задания формы материалам на основе никелида титана для получения изделий медицинского назначения [электронный ресурс]: отчет о НИР (заключ.) / БНТУ; рук. В.Т. Минченя; исполн.: А.Л. Савченко [и др.]. – Минск, 2015. – 120 с. – Библиогр.: с. 117–120. – № ГР 20141055.