

## СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ПРОВОЛОКЕ ИЗ НИКЕЛИДА ТИТАНА

Минченя В.Т., Савченко А.Л., Минченя Н.Т.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь имеется и все возрастает потребность в расходных материалах для сосудистой хирургии. Это связано с ростом сердечно-сосудистых патологий и появлением новых методик их лечения. Такие методики связаны с использованием специальных эндопротезов и других изделий, выполненных из нитинола – стентов, стентграфтов, клапан-содержащих стентов, фильтров-ловушек и др. Все эти изделия представляют достаточно сложные по форме пространственные структуры, получаемые гибкой из нитиноловой проволоки с использованием дополнительных операций сварки, соединения пластическим деформированием с помощью трубок. На настоящий момент такие изделия в Республике Беларусь практически не производятся, а иностранные образцы имеют крайне высокую стоимость, что делает операции с их использованием недоступным широком массам пациентов. Разработка технологий формообразования нитиноловых структур позволит внедрить их в производстве импортозаменяющих аналогов медицинских изделий.

Никелид титана (нитинол) – интерметаллид из никеля (45%) и титана (55%). Обладает высокой коррозионной и эрозионной стойкостью, высокой пластичностью. Механические характеристики: предел прочности  $\sigma_b = 770 \dots 1100$  МПа; предел текучести  $\sigma_t = 300 \dots 500$  МПа. Поверхность нитиноловых элементов, как и у элементов из многих титановых сплавов, покрыта диоксидом титана, что обеспечивает их высочайшую коррозионную стойкость к воздействию агрессивных сред, в том числе биологических жидкостей.

Наиболее интересным свойством нитинола, благодаря которому его используют в кардиохирургии является эффект памяти формы [1]

Однократным эффектом памяти формы называется явление однократного восстановления первоначальной формы сдеформированного сплава, обусловленное изменением его фазового состояния вследствие увеличения температуры.

Многократным эффектом памяти формы называется явление многократного восстановления первоначальной формы сдеформированного сплава, обусловленное изменением его фазового состояния вследствие изменения температуры при нагреве или охлаждении.

Из нитиноловой проволоки выполняют множество разнообразных изделий, используемых в кардиохирургии. К основным разновидностям нитиноловых эндопротезов относят стенты,

стент-графты, фильтры-ловушки, окклюдеры, скобы, клипсы и т. д. Многие из них в рабочем состоянии представляют собой сложные пространственные структуры. Пример окклюдера из нитиноловой проволоки приведен на рис. 1



Рисунок 1

Изделия в сложенном состоянии доставляются в кровеносные сосуды по месту установки, где под действием температуры тела приобретают ранее запомненную форму. При этом воспроизведение заданной формы может затрудняться из-за наличия дефектов кристаллической решетки и материала (поры, раковины и т. п.). В местах расположения дефектов проволока изгибается в совершенно ненужных местах, поэтому имеется необходимость использовать для изготовления эндопротезов отрезки проволоки свободные от дефектов. Это актуально даже для изделий относительно простой формы, которые, тем не менее, должны приобретать требуемую конфигурацию.

В ходе ранее проводимых исследований [2] было отмечено, что под действием ультразвуковых колебаний стержневые элементы из нитинола деформируются в местах расположения дефектов материала. Так как в готовых изделиях наличие дефектов может привести к появлению искажений ранее запомненной формы, рекомендуется проводить отбраковку сортамента с целью исключения дефектных участков. Отбраковка может производиться возбуждением в нитиноле ультразвуковых колебаний и визуальным или инструментальным наблюдением деформаций.

В ходе исследований предполагается возбуждать ультразвуковые колебания в отрезках проволоки, для чего проволока крепится к концентратору ультразвукового преобразователя, питаемого от генератора. В зависимости от длины проволоки и расположения дефектов

такая акустическая система будет иметь несколько резонансных частот. Изменяя частоту возбуждения ультразвукового генератора, можно настраивать систему в резонанс, соответствующий каждому отдельному дефекту. При этом в местах расположения дефектов можно наблюдать возникающие за счет эффекта памяти формы деформации или регистрировать изменения механических напряжений в материале. Может быть использована как визуальная, так и инструментальная оценка наблюдаемых эффектов.

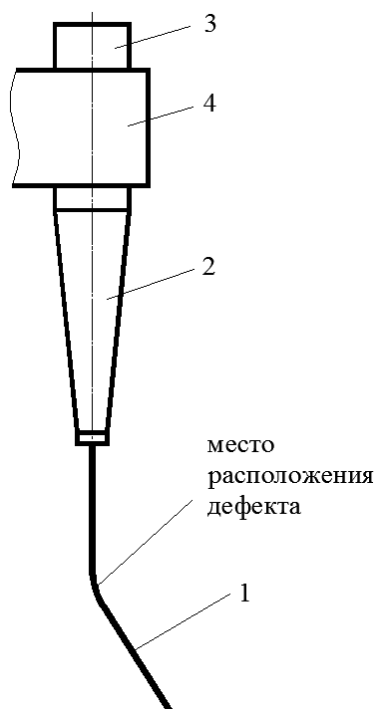


Рисунок 2 – Схема исследования

Испытываемая проволока 1 закрепляется на концентраторе 2 ультразвукового преобразователя 3, который установлен в кронштейне 4. Деформации в местах расположения дефектов наблюдаются визуально в виде изгибов.

Для инструментальной оценки качества проволоки было предложено использовать вихретоковый датчик в виде плоской катушки с центральным отверстием (рисунок 3).

При измерении исследуемая проволока проходит через центральное отверстие катушки. Катушка перемещается вдоль проволоки, в которой возбуждаются ультразвуковые колебания (рис. 4). Выходной сигнал датчика изменяется в местах максимумов и минимумов механических напряжений, а также в местах дефектов.

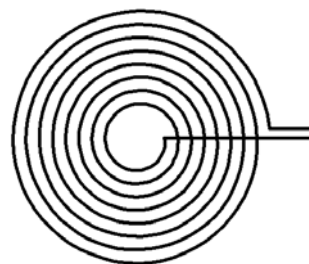


Рисунок 3

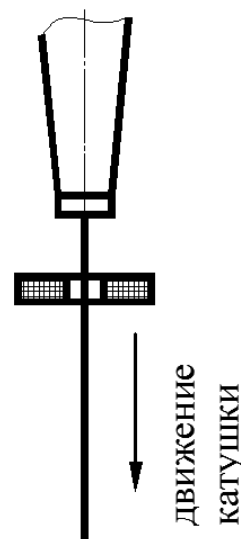


Рисунок 4

Работа выполнена благодаря финансовой поддержке в рамках подпрограммы «Материалы в технике», задание № 3.2.08

1. Никелид титана. Медицинский материал нового поколения / В.Э. Гюнтер и др. – Томск: Изд. МИЦ, 2006. – 296 с.

2. Разработать физические модели безшарнирных механизмов с пьезоэлектрическим приводом, в том числе с использованием материалов с эффектом памяти формы, и принципы управления ими в изменяющихся и неопределенных условиях внешней среды : отчет о НИР (заключительный) : 09-46 / Белорусский национальный технический университет; рук. Минченя В. Т., исполн. Минченя Н.Т. [и др.]. – Минск, 2010. – 106 с.