

Вывод. Таким образом, исследование процесса волочения TiNi проволоки после отжига и с осажденным TiN покрытием показало, что без смазки на всех переходах усиления волочения меньше у образцов без покрытия. Присутствие смазки существенно снижает усилие волочения для образцов с покрытием, достигая наибольшего эффекта при максимальном обжатии – 25%.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ryhanen J. // *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*. – 2000. – Vol. 9. – P. 99-107.
2. Гюнтер, В.Э. // *Российский вестник дентальной имплантологии* / В.Э. Гюнтер, М.З. Миргазизов. – 2004. – № 1. – С. 52-56.
3. Лотков, А.И. // *ФММ* / А.И. Лотков, Л.Л. Мейснер, В.Н. Гришков. – 2005. – Т. 99, № 5. – С. 66-78.
4. Yongqing Fu, Hejun Du, Sam Zhang // *Surface and Coatings Technology*. – 2003. – Vol. 167. – P. 129-136.
5. Клубович, В.В. // *Материалы, технологии, инструменты* / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл., Д.А. Багрец, С.Н. Милюкина, В.Г. Дородейко. – 2013. – Т. 18, № 2. – С. 47-51.

УДК620.179.1.05

КОНТРОЛЬ ПРОТЯЖЕННЫХ TiNi ИЗДЕЛИЙ ИЗ СПЛАВА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Лесота А.В.

Институт технической акустики НАН Беларуси,

Витебск, Республика Беларусь;

Витебский государственный технологический университет,

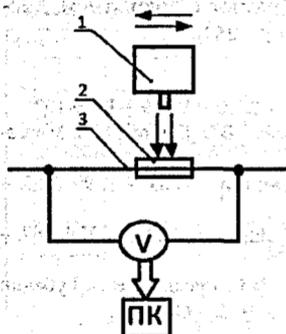
Витебск, Беларусь

В настоящее время широкое практическое применение в различных отраслях науки и техники находят сплавы с термоупругими фазовыми превращениями, в том числе на основе титана и никеля. В связи с этим представляется актуальным разработка методов и устройств контроля однородности физико-механических свойств протяженных, например проволочных, TiNi изделий.

В основу разработанного метода контроля положены результаты экспериментальных исследований по наведению термокинетической ЭДС в сплавах TiNi при обратном фазовом превращении [1,2]. Одной из причин возникновения термокинетической ЭДС является протекание фазовых превращений, которые в сплавах с эффектом памяти формы, например никелиде титана, могут осуществляться при невысоких температурах [2].

Исследования проводили на проволочных образцах Ti-49,77at.% Ni, диаметром 0,25 мм, предварительно отожженных при температуре 700°C в течение двадцати минут и закаленных в воде. Характеристические температуры мартенситных переходов, определенные по температурным зависимостям теплового потока методом дифференциальной сканирующей калориметрии на DSC822° (METTLER TOLEDO), составили: $M_n = -21^\circ\text{C}$, $M_k = -30^\circ\text{C}$, $A_n = -9^\circ\text{C}$, $A_k = -1^\circ\text{C}$.

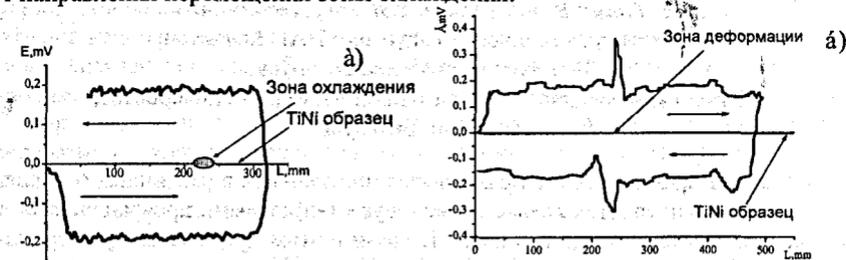
TiNi образцы длиной 420 мм закрепляли на специальной установке (рис.1), позволяющей перемещать их со скоростью 2,5 мм/с. В процессе перемещения образца проводили охлаждение фиксированной зоны жидким азотом до температуры, заведомо меньшей M_k . В результате, в этой зоне охлаждения происходил прямой фазовый переход $A \rightarrow M$. Места контакта образца с подводящими проводами термоизолировали, сигнал с милливольтметра выводили на персональный компьютер.



- 1) устройство для охлаждения 2) область охлаждения
3) проволоочный образец

Рисунок 1 – Структурная схема измерительной установки

В результате исследования установлено, что в низкотемпературных сплавах TiNi при прямом фазовом превращении в процессе перемещения зоны охлаждения с температурой ниже M_k вдоль проволоочного образца с постоянной скоростью возникает устойчивая термокинетическая ЭДС (рис.2). Величина наведенной термокинетической ЭДС находится в интервале от 0,17 до 0,21 мВ (рис.2 а). Знак наведенной термокинетической ЭДС зависит от направления перемещения зоны охлаждения.



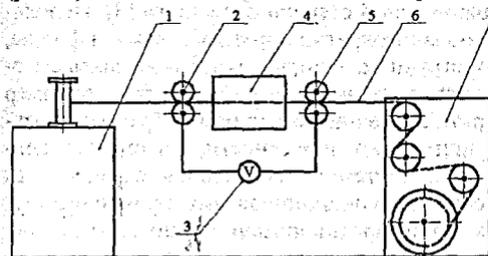
Стрелками указано направление перемещения зоны охлаждения: а) без предварительной деформации образца; б) образец локально деформирован изгибом

Рисунок 2 – Зависимость величины термокинетической ЭДС от местоположения зоны охлаждения в протяженном TiNi образце

В исследовании также рассматривалось влияние деформированных участков проволоки на значение наведенной термокинетической ЭДС. Образец никелида титана как и в первом случае, перемещали с постоянной скоростью 2,5 мм/с, последовательно в двух направлениях при этом в фиксированной зоне охлаждения протекал прямой фазовый переход. Образец TiNi предварительно локально деформировали изгибом. В результате исследований было установлено, что в месте деформации значение термокинетической ЭДС резко возрастает до 0,37 мВ (рис.2 б). Если в образце создать несколько деформированных участков, то при перемещении зоны охлаждения вдоль каждого из них наблюдается увеличение значения термокинетической ЭДС.

На основании данных исследований разработан метод и устройство определения неоднородных участков протяженных изделий TiNi, находящихся в высокотемпературном аустенитном состоянии. Метод определения неоднородных деформационных участков заключается в протягивании протяженного TiNi изделия с постоянной скоростью через устройство, в котором оно локально подвергается охлаждению ниже температуры перехода материала в мартенситное состояние, с непрерывным измерением термокинетической ЭДС, возникающей в проволоке. В случае существования неоднородных участков в проволочном образце наблюдается резкий скачок значения термокинетической ЭДС. Таким образом, по изменению термокинетической ЭДС определяются участки изделия, в которых фазовый или химический состав отличается от заданного, а значит, эти участки отличаются и физическими свойствами и подлежат выбраковке.

На основе полученных экспериментальных данных разработано устройство (рис. 3), состоящее из подающего и принимающего блоков 1 и 7, термостатной



камеры 4 и вольтметра 3 с двумя роликовыми контактами к нему 2 и 5, подключающимися к изделию из никелида титана 6.

Рисунок 3 – Устройство для контроля качества протяженных TiNi изделий

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рубаник, В.В. // Сплавы с эффектом памяти формы: свойства, технологии, перспективы / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл., О.А. Легкоступов, А.В. Лесота. – Витебск, 2014. – С. 33-35.
2. Рубаник, В.В. // Письма о материалах / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл., О.А. Петрова-Буркина. – Уфа, 2012. – Т.2, №2. – С. 71-73.

УДК 621.646.2

ЗАПОРНЫЙ КЛАПАН С TiNi ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Непомнящая В.В.

Институт технической акустики НАН Беларуси,

Витебск, Республика Беларусь;

Витебский технологический университет,

Витебск, Республика Беларусь

В настоящее время широкое практическое применение в различных отраслях промышленности находят сплавы, проявляющие эффект памяти формы, в частности, изделия с TiNi элементами. Работа их основана на проявлении эффекта сверхупругости или эффекта памяти формы (ЭПФ). Эффект памяти формы — способность восстанавливать исходную форму при нагреве через интервал мартенситных превращений после предварительного деформирования в низкотемпературной мартенситной фазе [1].