

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭДС В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА, ВЫЗВАННОЙ НЕСТАЦИОНАРНЫМ НАГРЕВОМ

Рубаник В. В.<sup>1,2</sup>, Рубаник В. В. мл.<sup>1,2</sup>, Буркина О. А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь*

<sup>2</sup>*Витебский государственный технологический университет, Беларусь*  
[ita@vitebsk.by](mailto:ita@vitebsk.by)

Термоэлектрические явления, происходящие на границе раздела между разнородными металлами, такие как эффекты Пельтье, Зеебека, Томпсона, достаточно хорошо изучены и находят широкое практическое применение. Наряду с классическими возможны и термоэлектрические явления, наблюдаемые в однородных металлических образцах. К таким, например, относится возникновение устойчивой во времени электродвижущей силы при локальном нагреве неоднородно деформированного металла [1], возникновение ЭДС при нестационарном нагревании однородного металлического участка разомкнутой электрической цепи, вызванной движением границы раздела фаз в материале, названной термокинетической [2].

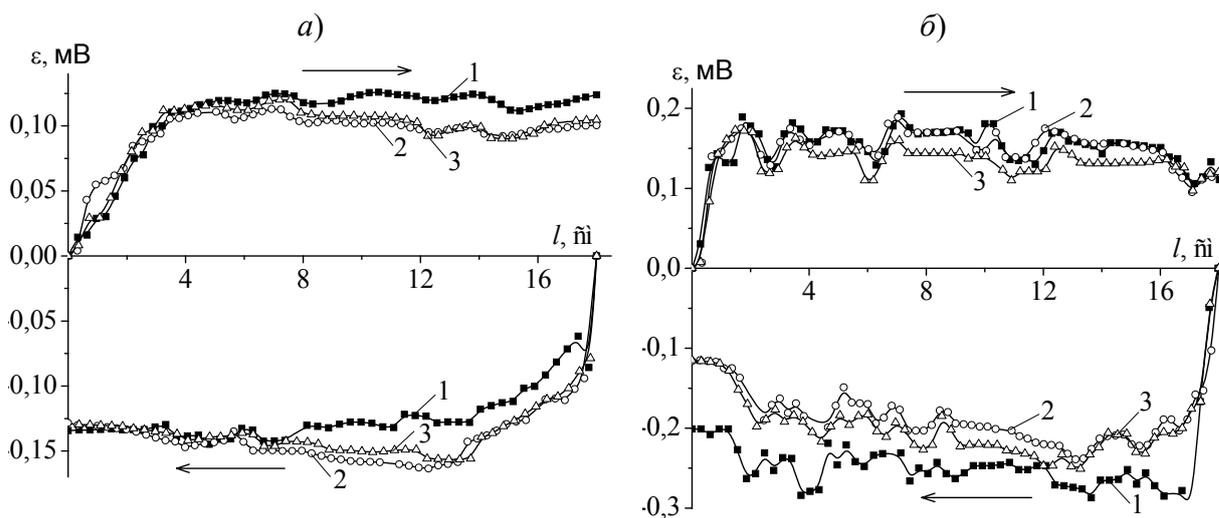
В качестве объекта исследования выбран сплав титана и никеля с составом близким к эквиатому, который обладает эффектом памяти формы. Для изучения термокинетической ЭДС использовали прямой способ измерения с помощью цифрового милливольтметра. Испытания проводили на разработанном измерительном комплексе, конструкция которого позволяет бесконтактно локально нагревать узкую зону образца и перемещать ее с заданной скоростью.

Исследования проводили на проволочных образцах никелида титана длиной 18 см, диаметром 0,22 мм и 0,48 мм. Предварительно образцы подвергались отжигу при температуре 500°C в течение получаса на воздухе с последующей закалкой в воде. Характеристические температуры окончания обратного фазового перехода, измеренные методом дифференциальной сканирующей калориметрии, составили:  $A_k = 74^\circ\text{C}$  для проволоки диаметром 0,48 мм и  $A_k = 68^\circ\text{C}$  для проволоки диаметром 0,22 мм. При комнатной температуре материал находился в мартенситном состоянии. После отжига проводили химическое травление поверхностного окисного слоя раствором  $\text{HF} + 3\text{HNO}_3 + 6\text{H}_2\text{O}$ . Температурный профиль зоны нагрева контролировали тепловизором.

В процессе измерения зона нагрева смещалась вдоль образца сначала в одну сторону, а затем в другую, потом цикл измерений повторяли. Направление перемещения зоны нагрева на рисунках указано стрелкой. Полученные зависимости распределения термокинетической ЭДС по длине для исследуемых образцов никелида титана при скорости перемещения 0,3 см/с и максимальной температуре в зоне нагрева 115°C, т.е. выше температуры фазового перехода, представлены на рисунке 1.

Можно отметить, что для обоих образцов существует зона роста термокинетической ЭДС от 0 до некоторого установившегося значения: для проволоки диаметром 0,48 мм оно составляет 0,12 мВ, а для проволоки диаметром 0,22 мм - 0,2 мВ, что связывается с инерционностью процесса нагрева. При изменении направления перемещения на противоположное полярность ЭДС изменяется.

Для образца диаметром 0,48 мм величина термокинетической ЭДС постоянна по абсолютному значению и направлению, при этом присутствуют небольшие флуктуации ее величины по длине проволоки. Для образца диаметром 0,22 мм флуктуации величины термокинетической ЭДС более выражены. При этом в каждом полуцикле, как в первом, так и во втором случаях они носят повторяющийся характер. По-видимому, это обусловлено неоднородностью химического состава проволоки по ее длине, наличием дефектов кристаллической решетки или внутренних напряжений.



**Рис. 1.** Зависимость распределения термокинетической ЭДС по длине образца для проволоки диаметром 0,48 мм (а) и 0,22 мм (б) (1, 2, 3 – первый, второй и третий циклы испытаний)

Таким образом, впервые установлено, что движение границы раздела фаз в образцах никелида титана вызывает возникновение постоянной по величине и направлению электродвижущей силы. Причиной возникновения этого явления, возможно, является наличие контактной разности потенциалов между участками TiNi находящимися в разных фазовых состояниях (аустенит или мартенсит) нагретого и ненагретых участков проволоки.

#### Список литературы

1. В.Л. Шушкевич, В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл. Термоэлектронные явления в TiNi // Сборник материалов XLIII международной конференции «Актуальные проблемы прочности», Витебск, 27 сент. - 1 окт. 2004 г.: в 2 ч. Витебск, 2004. Ч.1. С. 345-346.
2. Е.Ф. Фурмаков Электрический ток, вызванный движением поверхности раздела фаз в металле // Фундаментальные проблемы естествознания. Санкт-Петербург, 1999. Вып. 21. С. 377-378.

### ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ НА ЗАДАНИЕ ПАМЯТИ ФОРМЫ В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА

Рубаник В. В., Рубаник В. В. мл., \*Дорудейко В. Г., Милюкина С. Н.

*Институт технической акустики НАН Беларуси, ВГТУ, Витебск, Беларусь,*

*\*Медицинское предприятие «Симург»*

*s.niko@tut.by*

Использование сплавов с эффектом памяти формы (ЭПФ) для изготовления различных изделий предполагает необходимый этап обработки материала с целью задания ему способности к восстановлению формы. Обычно такая обработка представляет собой длительные отжиги в заневоленном состоянии при высоких температурах (400÷550°C). В работе [1] показано, что использование низкотемпературной обработки (150÷250°C) перспективно для задания формы и способствует стабильному запоминанию