

ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКАЯ ЭДС В НИКЕЛИДЕ ТИТАНА ПРИ ОБРАТНОМ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ

Рубаник В.В.^{1,2}, Рубаник В.В. мл.¹, Петрова-Буркина О.А.¹

¹Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь, ita@vitebsk.by

²Витебский государственный технологический университет, Беларусь

Ранее установлено [1,2], что перемещение локальной зоны нагрева с температурой равной или превышающей температуру окончания обратного фазового перехода A_k вдоль проволочных образцов никелида титана Ti-50ат.%Ni вызывает возникновение в них постоянной по величине и знаку термокинетической ЭДС порядка 0,22 мВ. Это обусловлено протеканием термоупругих фазовых превращений в зоне нагрева и возникновением контактной разности потенциалов между участками TiNi материала, находящимися в разных фазовых состояниях.

Исследовано влияние температуры отжига на величину наводимой термокинетической ЭДС на проволочных образцах из никелида титана Ti-50ат.%Ni длиной 0,4м и диаметром 0,6мм (рис. 1). Скорость перемещения зоны нагрева составляла 0,4 см/с, максимальная температура проволоки в зоне нагрева - 100°C, что выше температуры окончания обратного фазового перехода в материале ($A_k=74^\circ\text{C}$). Образцы отжигали при температурах 400, 450, 500 550, 600, 700 и 800°C в течение получаса на воздухе. Как видно величина термокинетической ЭДС не сильно зависит от способа обработки материала. Незначительный рост ЭДС до 0,25мВ наблюдается при температуре 500 и 800 °C.

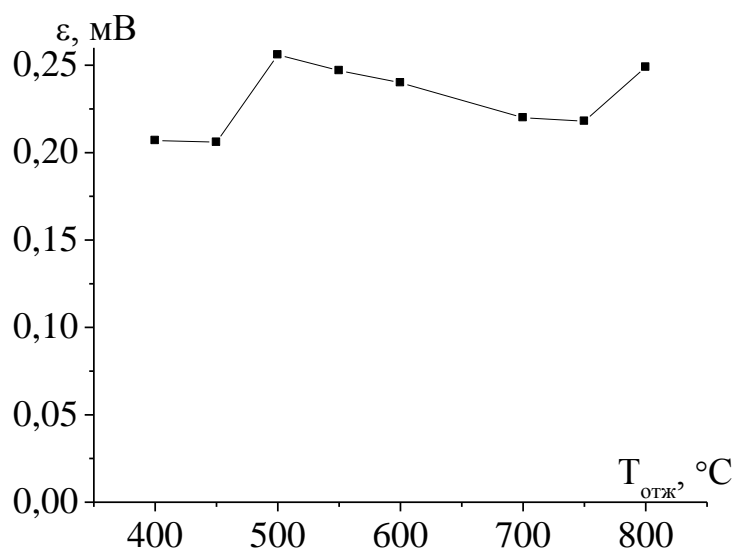


Рисунок 1 – Зависимость термокинетической ЭДС от температуры отжига

Это связано с тем, что в равноатомном никелиде титана характеристические температуры не сильно зависят от температуры отжига. Действительно, калориметрические исследования показали (рис. 2), что обработка сплава Ti-50ат.%Ni не сильно влияет на температуры фазовых переходов. Во всех случаях, при комнатной температуре материал находился в низкотемпературном мартенситном состоянии.

Ранее [2] было установлено, что термоциклирование образца в режиме нестационарного нагрева приводит к снижению значения величины термокинетической ЭДС. Так после 70 термоциклов как таковой термокинетической ЭДС не наблюдается. Таким образом, изменяя количество термоциклов можно целенаправленно задавать определенные значения термокинетической ЭДС на разных участках образца. Например (рис. 3), задавать ступенчатое изменение величины термокинетической ЭДС. Для этого в образце Ti-50ат.%Ni, предварительно отожженном при температуре 700°C в течение получаса, участок БВ был подвергнут термоциклированию 50 раз. При последующем (51-ом термоцикле) перемещении зоны нагрева вдоль всего образца на участке БВ величина термокинетической ЭДС уменьшилась до 0,1мВ. Таким образом,

термоциклируя только отдельный участок образца, можно задать область, где не будет наводиться термокинетическая ЭДС, или ее величина будет иметь заданное значение.

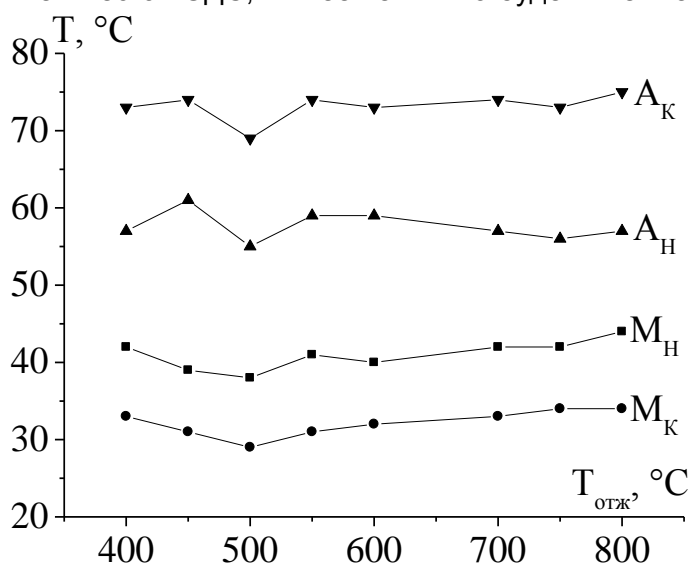


Рисунок 2 – Характеристические температуры для образцов Ti-50ат.%Ni при различных режимах отжига

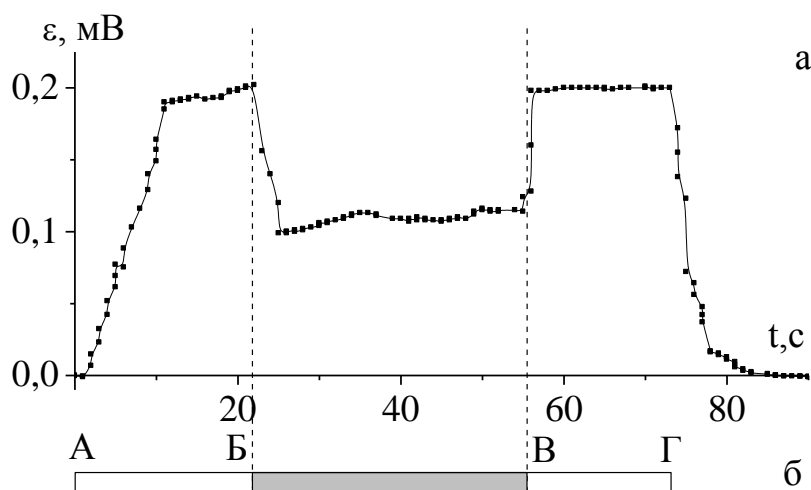


Рисунок 3 - Распределение термокинетической ЭДС для образца Ti-50ат.%Ni в 51-ом термоцикле (а); образец АГ (б)

Падение термокинетической ЭДС при термоциклировании связано с увеличением плотности дефектов в образце, что приводит к снижению характеристических температур и образованием мартенситной R-фазы [3]. Повышение температуры при термоциклировании оказывает влияние на дефектную структуру в никелида титана Ti-50ат.%Ni и на параметры мартенситных переходов, и при высоких температурах дефектная структура должна изменяться необратимо, как это наблюдается в обычных сплавах [4]. Поэтому было предположено, что после термоциклирования можно восстановить значение термокинетической ЭДС до максимального, за счет увеличения температуры в зоне нагрева образца.

Для установления возможности восстановления термокинетической ЭДС до максимального значения в 54 цикле максимальная температура проволоки в зоне нагрева была увеличена до 240°C. После чего измерена термокинетическая ЭДС при температуре проволоки в зоне нагрева - 100°C. Как видно (рис. 4, график 2) термокинетической ЭДС восстановила свое значение до максимального, а также исчезли пики в начале и конце процесса нагрева. С уменьшением температуры в зоне нагрева падает и значение, до которого восстанавливается термокинетическая ЭДС. Так, при температуре 160°C термокинетическая ЭДС восстанавливается до 0,14мВ,

при температуре 180°C – до 0,18мВ, при температуре 220°C – до 0,2мВ (рис. 1, графики 5, 4 и 3 соответственно). Т.е. перемещение локально нагретого до температуры выше 240°C участка образца позволяет восстановить значение термокинетической ЭДС до максимального, как и для случая отжига при температурах 400÷800°C (рис. 2).

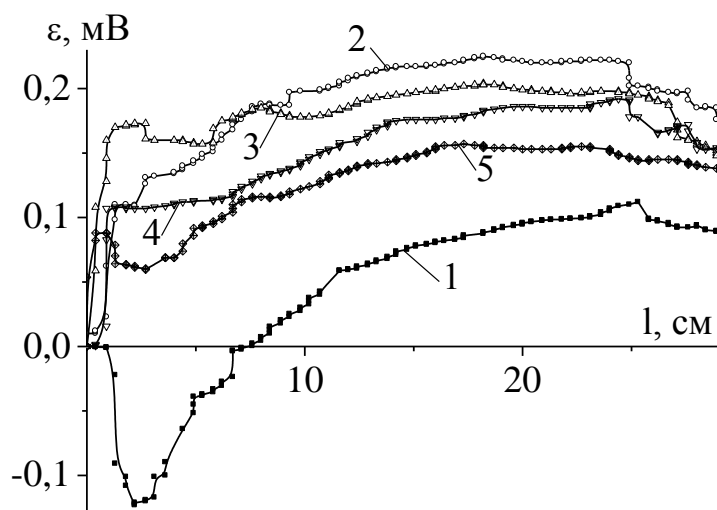


Рисунок 4 - Распределение термокинетической ЭДС по длине образца Ti-50ат.%Ni после 53-ёх термоциклов: 1- после 53 термоциклов; 2,3,4,5 – после 54-ого термоцикла при температуре в зоне нагрева 240°C, 220°C, 180°C и 160°C соответственно

Таким образом, подвергая различному количеству термоциклов определенные участки проволоочного образца Ti-50ат.%Ni, можно целенаправленно задавать значения термокинетической ЭДС вдоль протяженного изделия. Увеличение температуры в локальной зоне нагрева до 240°C приводит к восстановлению величины термокинетической ЭДС до максимального 0,2мВ. При этом температура отжига в интервале 400÷800°C не влияет на величину наводимой термокинетической ЭДС. Полученные результаты показывают возможность целенаправленного задания термокинетической ЭДС в протяженных TiNi образцах, что может найти практическое применение при проектировании датчиков различных исполнительных механизмов.

Литература

- [1] Рубаник, В.В. Термокинетическая ЭДС в никелиде титана / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл., О.А. Петрова-Буркина // *Материалы, технологии, инструменты*. – Гомель: ИММС НАН Беларуси, 2012. – Т.17, №1. – С. 25-27.
- [2] Rubanik, V.V. Peculiarities of thermoelectric force behaviour in nikelide titane upon non-stationary heating / V.V. Rubanik, V.V. Rubanik Jr., O.A. Petrova-Burkina // *Materials Science Forum*. – Switzerland: Trans Tech Publications, 2013. - V. 738-739. – P. 292-296.
- [3] Resnina, N. Multi-stage martensitic transformations induced by repeated thermal cycling of equiatomic TiNi alloy / N. Resnina, S.Belyaev // *Journal of Alloys and Compounds* / - 2009. - V.486. - P.304 – 308.
- [4] Инденбаум, Г.В. Возврат и рекристаллизация металлов / Г.В. Инденбаум, В.Ю. Новиков – Москва: Металлургия, 1966. - 326 с.