

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ TiNi СПЛАВА НА ВЕЛИЧИНУ ТЕРМОКИНЕТИЧЕСКОЙ ЭДС

^{1,2}Рубаник В.В., ¹Лесота А.В., ^{1,2}Рубаник В.В. мл.

¹ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси»,
г. Витебск, Беларусь, E-mail: ita@vitebsk.by

²УО «Витебский государственный технологический университет»,
г. Витебск, Беларусь

Термоэлектрические явления возможны как в разнородных материалах (эффекты Пельтье, Зеебека, Томсона), так и в однородных (эффект Бенедикса) [1,2]. Примером возникновения ЭДС в однородных материалах служит наведение термокинетической ЭДС, при перемещении локальной зоны нагрева вдоль проволочного железного образца или вольфрамовой пленки [3], при этом обязательным условием возникновения такого рода ЭДС является реализация фазового превращения в локальной зоне нагрева. Например, в результате инициирования аллотропных фазовых превращений в железе при температуре 700-800 °С. В ряде материалов фазовые превращения могут протекать при значительно более низких температурах, например, в сплавах, обладающих эффектом памяти формы. При реализации термоупругих фазовых превращений инициирование ЭДС возможно как при перемещении участка нагрева по проводнику [4], так и при перемещении локального участка охлаждения [5]. При этом нагрев в локальной зоне проводника инициирует обратный фазовый переход ($T \geq A_k$), а охлаждение – прямой ($T \leq M_k$). Известно также, что термокинетическая ЭДС изменяется при прохождении через деформированный участок [5], изучению этого явления и посвящена данная работа.

Исследования по влиянию пластической деформации на величину термокинетической ЭДС проводили на проволочных образцах Ti-50,8ат.%Ni, диаметром 0,36 мм, предварительно отожженных при температуре 700 °С в течении двадцати минут и закаленных в воде. Характеристические температуры мартенситных переходов составили: $M_n = -27^\circ\text{C}$, $M_k = -37^\circ\text{C}$, $A_n = -15^\circ\text{C}$ и $A_k = -4^\circ\text{C}$. Проволочный TiNi образец закрепляли на специальной установке, позволяющей перемещать зону охлаждения вдоль образца с заданной скоростью. Охлаждение осуществляли жидким азотом, в результате чего в локальной зоне охлаждения гарантированно инициировали прямой фазовый переход из аустенита в мартенсит ($A \rightarrow M$). Перемещение зоны охлаждения осуществляли последовательно в противоположных направлениях. Места контакта образца с подводными проводами термоизолировали, сигнал с милливольтметра выводили на персональный компьютер. Перед проведением исследования образец TiNi был локально деформирован изгибом.

В результате исследования установлено, что в месте деформации образца значение термокинетической ЭДС резко возрастает (рис.1). При этом увеличение количества деформированных участков не меняет кинетику процесса.

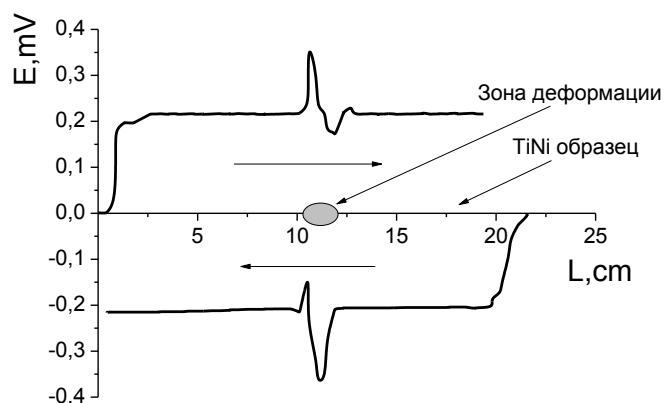


Рисунок 1 – Зависимость величины термокинетической ЭДС от местоположения зоны охлаждения в протяженном TiNi образце содержащем зону деформации. Стрелками указано направление перемещения зоны охлаждения

Для изучения влияния величины деформации на изменения термокинетической ЭДС образцы никелида титана локально деформировали изгибом через различные оправки, таким образом, в месте изгиба, задавая разную по величине деформацию (рис.2).

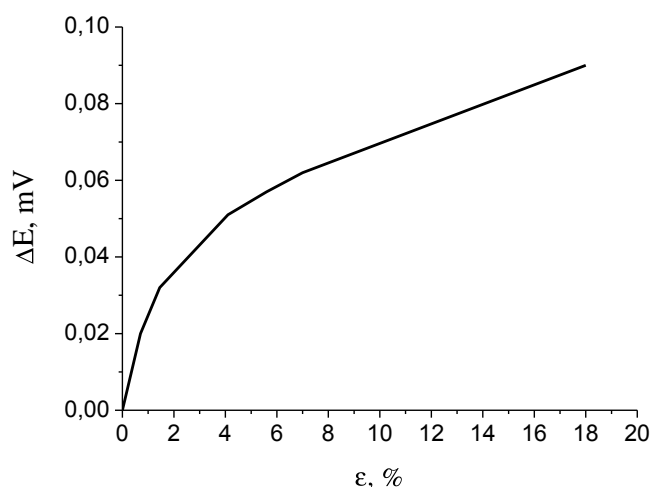


Рисунок 2 – Зависимость величины изменения термокинетической ЭДС от величины пластической деформации изгибом

Можно констатировать, что при увеличении величины пластической деформации проволоочного образца TiNi увеличивается и величина изменения термокинетической ЭДС. Было выдвинуто предположение, что величина термокинетической ЭДС при увеличении заданной деформации будет увеличиваться до определенного значения, после чего она должна стабилизироваться. Для подтверждения данного предположения был проведен эксперимент, в котором проволоочный образец никелида титана локально деформировали изгибом через оправку и разгибали, механическое циклирование повторяли до 20 раз на оправках различного диаметра (рис.3).

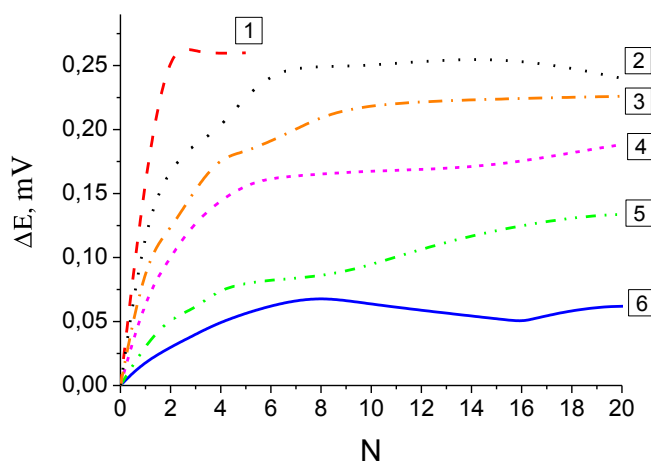


Рисунок 3 – Зависимость изменения величины термокинетической ЭДС от количества циклов при механическом циклировании через оправки диаметром: 1) 1,1 мм (31%); 2) 2,61 мм (13,4%); 3) 3,5 мм (10%); 4) 4,9 мм (7,1%); 5) 6,8 мм (5,1%); 6) 12 мм (2,9%)

Например, для механического циклирования через оправку 12 мм (единичная деформация 2,9%) с увеличением количества циклов значение термокинетической ЭДС увеличивается на 0,05 мВ, после чего изменений значения ЭДС не происходит. При дальнейшем циклировании значение термокинетической ЭДС стабилизируется и остается постоянным. Данная зависимость наблюдается при механическом циклировании проволоочных образцов через оправки различного диаметра, т.е. при различных единичных деформациях. Большие единичные деформации при механоциклировании могут приводить к разрушению металла (кривая 1, рис.3).

Таким образом, при деформации изгибом TiNi образца в аустенитном состоянии величина термокинетической ЭДС при прохождении через деформированный участок зоны охлаждения (A→M) резко возрастает и зависит от величины деформации. При механическом циклировании проволоочных TiNi образцов величина изменения термокинетической ЭДС растет до определенного значения, после чего остается постоянной.

Результаты исследований могут найти практическое применение при создании способов и методов контроля однородности протяженных TiNi изделий.

Список литературы:

1. Benedicks, C. Tetziger Stand grundlegenden Keuntrisse der Thermoelektrizität / C. Benedicks // Erg. Exact. Naturwiss. - 1929. - Bd. 8. - P. 26-67.
2. L.I. Anatyчук, L.P. Bulat, Thermoelectric Phenomena under Large Temperature Gradients, Thermoelectrics Handbook: Macro to Nano-Structured Materials, CRC Press: New York, London, Tokyo, Chapter 3 (2005).
3. Фурмаков Е.Ф. Электрический ток, вызванный движением поверхности раздела фаз в металле // Фундаментальные проблемы естествознания. С.- Пб. 1999. Т.1, вып.21. С.377-378.
4. Rubanik V.V., Rubanik Jr V.V., Petrova-Burkina O.A. Peculiarities of thermoelectric forse behavior in nikelidetitane under usteady heating // 9th European Symposium on Martensitic Transformations ESOMAT 2012 .S.-Pb.,2012. С.40.
5. Рубаник, В.В. Контроль деформационного состояния протяженных TiNi изделий с помощью термокинетической ЭДС / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл., А.В. Лесота // Физическое материаловедение: VII Межд. школа элементами научн. школы для молодежи: сб. конкурсных докладов / отв. ред. А.Ю. Виноградов, Д.Л. Мерсон. – Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – с. 273-242.