

В результате проведенных экспериментальных исследований было установлено, что снижение силы трения при шлифовании с положением ультразвуковых колебаний приводит к увеличению продолжительности работы ленты в 2–3 раза по сравнению с обработкой без наложения ультразвука, время обработки пружины сократилось с 6 мин до 3 мин, параметры шероховатости поверхности возрастают на 2–3 класса (высота неровностей поверхности пружины уменьшилась с $Ra = 0,17–0,28$ до $Ra = 0,09$ мкм).

Для обработки сложнофасонных поверхностей изделий в ИТА НАН Беларуси разработано несколько типов станков для ленточного шлифования и полирования спиральных цилиндрических пружин с наложением ультразвуковых колебаний [3,4].

Список литературы

1. Врезуб В.Н. Шлифование абразивными лентами. М.: Машиностроение. 1972.
2. Артемьев В.В., Клубович В.В., Рубаник В.В. Ультразвук и обработка материалов. Минск, Экоперспектива, 2003.
3. Клубович В.В. и др. Станок для ленточного шлифования и полирования кольцевых Поверхностей. А.с. 1598373. СССР. 1988.
4. Клубович В.В. и др. Станок для ленточного шлифования и полирования спиральных пружин. Патент РФ № 2070505. 1996.

ТЕРМОЭДС В ТОНКИХ ЛЕНТАХ $Ti_{50}-Ni_{25}-Cu_{25}$ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ИЗ АМОРФНОГО В КРИСТАЛЛИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Рубаник В.В.^{1,2}, Рубаник В.В. мл.^{1,2}, Петрова-Буркина О.А.¹,
Реснина Н.Н.³, Шеляков А.В.⁴, Беляев С.П.

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

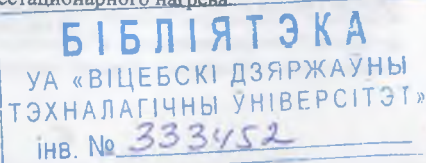
² *Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь*

³ *Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

⁴ *Московский инженерно-физический институт, Москва, Россия*

Наряду с классическими термоэлектрическими явлениями, такими как эффекты Пельтье, Зеебека, Томсона, возможны и другие термоэлектрические явления в исходно однородных металлических образцах. К таким, например, относится возникновение устойчивой во времени электродвижущей силы в вольфрамовой пленке или железной проволоке при нестационарном нагреве за счет последовательного перемещения локально разогретого участка этой пленки или проволоки [1], названной термокинетической. Величина термокинетической ЭДС зависит от скорости движения зоны нагрева, а ее знак определяется направлением движения. В случае нестационарного нагрева проволоки из никелида титана при движении зоны нагрева вдоль образца, также возникает постоянная по величине и направлению термоЭДС. Наведение такой ЭДС в никелиде титана, обладающем эффектом памяти формы, обусловлено протеканием термоупругих фазовых превращений в зоне нагрева [2].

В настоящей работе ставилась задача установления возможности генерации термоЭДС в изначально находящемся в аморфно-кристаллическом состоянии материале при его переходе в кристаллическое состояние за счет нестационарного нагрева.



Исследования проводили на тонкой аморфной ленте $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ толщиной 40 мкм и шириной 2 мм, полученной сверхбыстрым охлаждением из расплава. Предварительно проводили измерения электрического сопротивления быстрозакаленных лент при их нагреве и охлаждении в диапазоне от 20 до 100°C и рентгеноструктурные измерения при комнатной температуре. Анализ зависимости относительного электросопротивления от температуры (рис. 1) и полученные дифрактограммы указывают, что в исходных образцах присутствует и кристаллическая фаза, т.е. в интервале температур 60–90°C реализуется обратный фазовый переход по схеме В19→В2 (рис. 1). Однако, объемная доля кристаллической фазы, претерпевающей В19→В2 невелика, что согласуется с данными работы [3]. После нагрева и кристаллизации материал испытывает мартенситное превращение из кубической В2 фазы в орторомбическую В19 фазу, при этом температура окончания обратного фазового перехода составляет $A_f \approx 70^\circ C$.

Исследования термоЭДС проводили на экспериментальной установке, конструкция которой позволяла перемещать зону нагрева по образцу с заданной скоростью [2]. Измерение термоЭДС осуществляли прямым способом с помощью цифрового милливольтметра, данные с которого поступали на персональный компьютер. Места контакта с подвижными проводами термоизолировали. Температуру на поверхности образца контролировали тепловизором с точностью $\pm 2^\circ C$.

Зависимость величины термокинетической ЭДС от местоположения зоны нагрева на ленте $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ представлены на рис. 2,а.

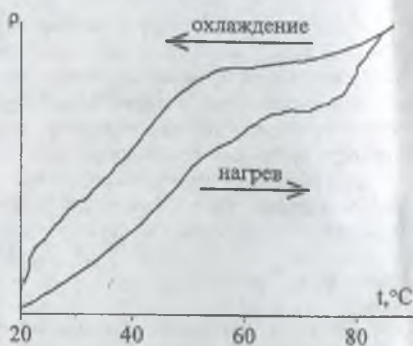


Рис. 1. Температурная зависимость относительного электросопротивления исходной аморфной ленты $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$

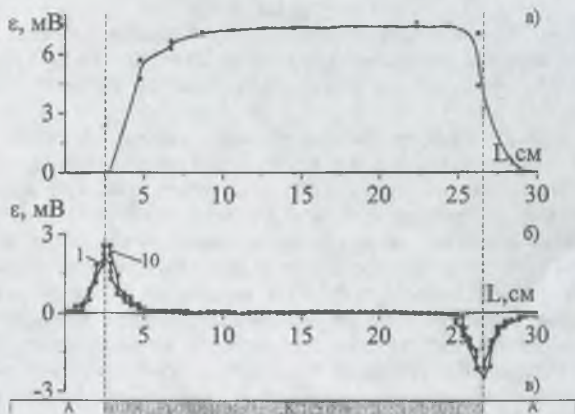


Рис. 2. Зависимости величины термокинетической ЭДС от местоположения зоны нагрева на ленточном образце $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$: а) во время кристаллизации (нагрев до 500°C), б) после кристаллизации (нагрев до 100°C); в) схематичное изображение образца, содержащего участок с кристаллической фазой (К)

Скорость перемещения зоны нагрева составляла 0,4см/с. Максимальная температура проволоки в зоне нагрева составляла 500°C, что выше температуры кристаллизации. Участок образца, подвергаемый нагреву и в котором происходила кристаллизация составлял 0,24м. Установлено, что в процессе нагрева существует зона роста термоЭДС до некоторого установившегося значения, что связывается с инерционностью процесса нагрева. При движении зоны нагрева вдоль образца величина термоЭДС достигает 6мВ и остается постоянной до прекращения нагрева.

Дальнейшие исследования термокинетической ЭДС проводили на ленте $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$, состоящей из участка в середине образца длиной 0,24м, находящегося в кристаллической фазе (К) и участков на концах образца, находящихся в аморфной фазе (А) (рис 2, б). Максимальная температура проволоки в зоне нагрева составляла 100°C, что выше температуры обратного фазового перехода на участке ленты $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ находящемся в кристаллической фазе, и ниже температуры кристаллизации. Длина образца, по которой перемещали локальную зону нагрева со скоростью 0,4см/с составляла 0,3м. В процессе измерения зона нагрева смещалась вдоль образца сначала в одну сторону, а затем в другую. Установлено, что нагрев ленты в области перехода от участка с кристаллической к участку с аморфной фазами приводит к возникновению термоЭДС величиной до 3мВ по абсолютному значению. При этом полярность термоЭДС не зависит от направления перемещения зоны нагрева. При дальнейшем периодическом тепловом воздействии по указанному режиму термоЭДС в области перехода от кристаллического к аморфному состоянию сохраняет свой знак и величину. На рисунке 2б представлены зависимости для 1 и 10 циклов нагрева.

Явление возникновения устойчивой во времени термоЭДС, порядка $\pm 1,8$ мВ, наблюдается и при локальном нагреве участка ленты $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ на границе раздела кристаллической и аморфной фаз (рис. 3). Максимальная температура проволоки в зоне нагрева составляла 100°C, что выше температуры обратного фазового перехода на участке ленты сплава $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ находящемся в кристаллической фазе и ниже температуры кристаллизации. Знак термоЭДС меняется в зависимости от места расположения нагреваемого участка (от направления перехода: из аморфного в кристаллическое или наоборот).

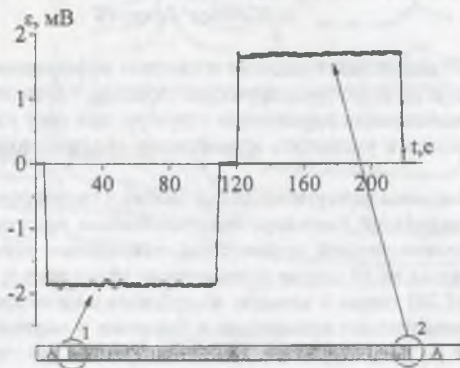


Рис. 3. Зависимость величины термоЭДС от времени при нагреве частично кристаллизованного образца $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ в областях 1 и 2

Таким образом, в тонкой аморфно-кристаллической ленте $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ при перемещении вдоль нее высокотемпературной локальной зоны нагрева наблюдается возникновение устойчивой во времени термоЭДС, порядка 6мВ, что связано с процессом кристаллизации материала, т.е. переходом из аморфного состояния в кристаллическое. Так же термоЭДС возникает при локальном нагреве на границе раздела аморфной и кристаллической фаз.

ской фаз. В этом случае проявление термоЭДС связывается с существованием областей с различными химическими потенциалами и подобно термоЭДС, возникающей в термопаре. Наблюдение явления возникновения термоЭДС несомненно позволяет более полно понять процессы, происходящие при тепловом воздействии на сплавы с памятью формы при переходе из аморфного в кристаллическое состояние, а так же может найти практическое применение в качестве источников электроэнергии.

Список литературы

1. Фурмаков, Е.Ф. Датчик термокинетической ЭДС / Е.Ф. Фурмаков // Сборник тезисов одинадцатой Международной конференции «Крым 2004». – Судак, 2004. – С. 11-12.
2. Рубаник, В.В. Электросопротивление никелида титана при нестационарном нагреве / В.В. Рубаник, В.В. Рубаник мл., О.А. Петрова-Буркина // Письма о материалах. – Уфа, 2012.- Т. 2, №2. - С. 71-73.
3. Перспективные технологии и методы контроля / авт.-сост.: С.П. Беляев [и др.]. – Витебск: изд-во УО «ВГТУ», 2009. – 521с.

МЕХАНОАКТИВАЦИЯ ПОРОШКА $Zn_2Al-V_2O_7$ С ПОМОЩЬЮ МОЩНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Рубаник В.В.^{1,2}, Шилин А.Д.^{1,2}, Салак А.Н.³, Рубаник В.В. мл.^{1,2}, Шилин М.В.⁴

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

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

³Университет Авейро, Португалия,

⁴УО «Витебский государственный университет им. П.М. Машерова»,
г. Витебск, Беларусь

Мощные ультразвуковые колебания позволяют эффективно влиять на структуру материалов, а значит и их физико-механические свойства. Ультразвуковые колебания также используют при измельчении порошковых структур, при этом удается избежать загрязнений исходного состава и уменьшить агломерацию образующихся мелкоразмерной фракции [1].

В последнее время структуры слоистых двойных гидроксидов (LDH) стали объектом интенсивных исследований благодаря многочисленным приложениям, в основном обусловленных их каталитической активностью, уникальным анионным обменом [2–4] и возможности создания на их основе экономически эффективных и нетоксичных композиций. Применение LDH только в качестве абсорбентов и анионитов является весьма широким. Эти материалы находят применение в биологии и медицине для контролируемого доставки лекарств [5] в строительстве, в качестве примеси для улучшения свойства бетона [6].

Объектами исследования в данной работе являлись LDH-соединения, структуру которых можно представить в виде совокупности параллельных положительно заряженных гидроксидных слоев $[Zn_2Al(OH)_6]^+$, между которыми (для компенсации заряда) расположены анионы например $V_2O_7^{4-}$, NO_3^- и др., и отдельные молекулы воды. LDH также рассматриваются как потенциальные наноконтейнеры ингибиторов коррозии в самовосстановлении антикоррозионных покрытий [7,8]. Порошки LDH, в частности, исследуемый цинк-алюминисвый пированадат – $Zn(2)Al-V_2O_7$, планируется добавлять в защитное по-