

ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ И ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Артемьев И.В.¹, Вьюненко Ю.Н.², Хлопков Е.А.³¹ООО «Оптимикст Лтд», Санкт-Петербург, Россия²Санкт-Петербургский государственный университет³Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

vjunenko@math.spbu.ru

Наличие разности потенциалов на границе двух металлических материалов, одним из которых является сплав TiNi [1,2], дает возможность исследовать развитие обратного фазового превращения в протяженных образцах при нагреве их краевых участков. Организация неравномерного нагрева приводит к постепенному переводу материала в высокотемпературное состояние и движению зоны гетерофазного состояния вдоль образца от нагреваемого края к противоположному. Контролировать это движение гетерофазной зоны оказалось возможным с использованием температурной зависимости разности потенциалов на границе сплава TiNi и металла кондуктора. На рисунке 1 приведена принципиальная схема устройства для определения времени прохождения гетерофазной зоной контрольной точки В. Использовали проволоочный образец (1) диаметром 2 мм сплава TiNi 50,4%. К исследуемому образцу в опорной точке А и контрольной точке В подведены кондукторы. Милливольтметром фиксировали разность потенциалов, возникающих в указанных точках в результате контакта с медными проводниками.

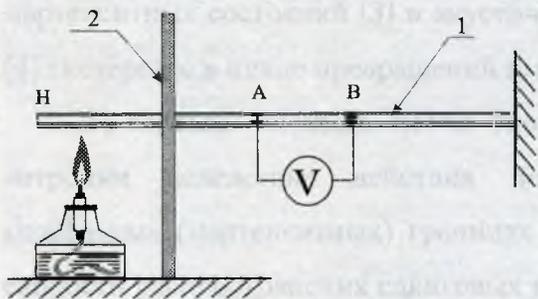


Рисунок 1. Схема установки

С началом нагрева краевой зоны образца (точка Н) в результате теплопроводности, в первую очередь, в опорной точке А начинается рост температуры. Это приводит к быстрому росту ΔU (кривая 1 на рис.2). Для исключения нагрева кондукторов за счет теплового излучения в устройстве присутствует экран 2 (рис. 1). Нагрев проволоки осуществляли в пламени спиртовки. В зависимости от расстояния между точками А, В и Н, на зависимости ΔU от времени можно наблюдать присутствие максимума (кривая 1 на рис.2), либо значения ΔU выходили на насыщение (например, кривые 2 и 3 на рис. 2). Т.е. в первом случае разность значений температуры в точках А и В в течение 2-3 минут растёт, а затем начинает снижаться. В других случаях процесс возрастания ΔU

зависит от времени (кривые 2–5). Чем больше удаление точек А и В от Н, тем дольше длится выход на предельное значение Δu , и тем меньше его величина.

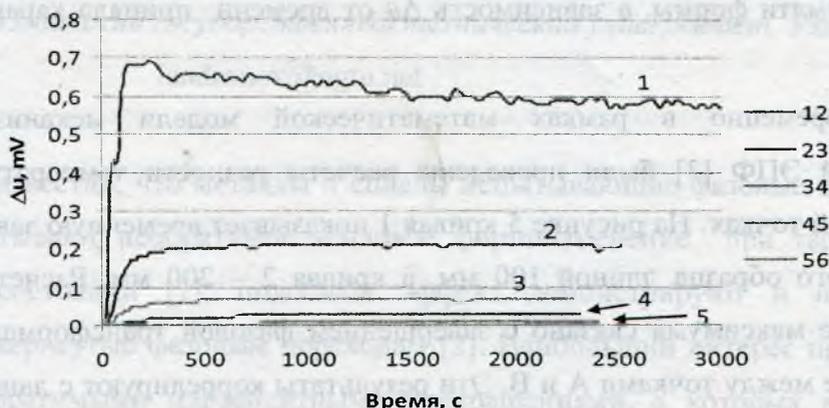


Рисунок 2. Зависимость от времени разности потенциалов

Для выяснения причин такого поведения Δu был проведен следующий эксперимент. Образец был изогнут таким образом, что точки А и В оказались по разные стороны изгиба. Расстояние между точками А и В вдоль образца равнялось 35 мм, а промежуток от А до Н – 45 мм. После начала нагрева краевой зоны через 1,5 минуты стала изменяться величина Δu (кривая 1, рис.3), а затем начались деформационные процессы ЭПФ (кривая 2). Однако на 5-й минуте стабилизировалось значение Δu , а затем остановился и деформационный процесс.

На 15-й минуте расстояние между точками А и Н уменьшили до 40 мм, после чего значение Δu и ЭПФ продолжились. В течение 5–6 мин разность потенциалов в точках А и В достигла максимального значения и стала снижаться. Скорость деформационных процессов также стала уменьшаться. Повторение эксперимента с начальными величинами АН = 40 мм и АВ = 35 мм дали результаты, приведенные на рис. 4.

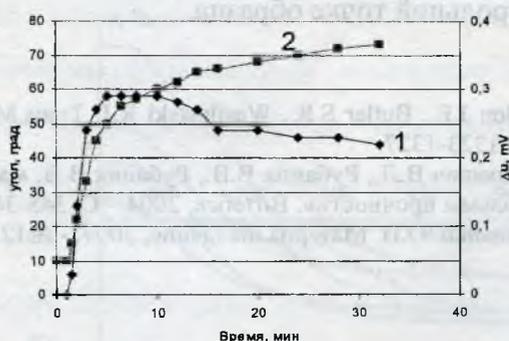
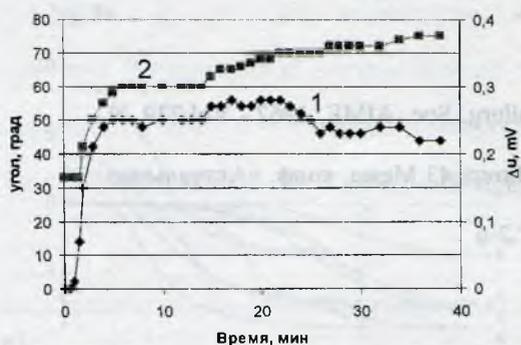


Рисунок 3. Разность потенциалов (1) и ЭПФ (2) при изменении АН

Рисунок 4. Разность потенциалов (1) и ЭПФ (2) при АН = 40 мм

Удаление положения изгиба от зоны нагрева на 60 мм не позволило сработать эффекту памяти формы, а зависимость Δt от времени приняла характер кривой 2 на рис.2.

Одновременно в рамках математической модели механизма остаточных напряжений ЭПФ [3] были проведены расчеты разности температур в опорной и контрольной точках. На рисунке 5 кривая 1 показывает временную зависимость dT для проволоочного образца длиной 100 мм, а кривая 2 – 200 мм. Расчеты показали, что образование максимума связано с завершением фазовой трансформации материала в промежутке между точками А и В. Эти результаты коррелируют с данными на рис. 3 и рис. 4. Однако различие между кривыми 1 и 2 указывает на влияние завершенности превращения по всему объему образца на разность температур в контрольных точках.



Рисунок 5. Зависимость от времени разности температур между опорной и контрольной точками для проволоочного образца длиной 100 (1) и 200 мм (2)

Таким образом, можно полагать, что наличие максимума на временной зависимости величины Δt является индикатором завершенности фазового превращения в контрольной точке образца.

1. Hanlon J.E., Butler S.R., Wasilewski R.J. Trans.Metallurg. Soc. AIME, 1967.- Vol.239, N 9.- P.1323-1327
2. Шушкевич В.Л., Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл. Матер. 43 Межд. конф. «Актуальные проблемы прочности», Витебск, 2004.– С. 345-346
3. Выюненок Ю.Н. Материаловедение, 2009. - №12.- С.2-6