

РЕАЛИЗАЦИЯ ЭФФЕКТА ПАМЯТИ ФОРМЫ В ПРОТЯЖЕННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ ОБРАЗЦАХ

Вьюненко Ю.Н.¹, Клубович В.В.², Рубаник О.Е.³

¹Санкт-Петербургский государственный университет, С.-Петербург, Россия

²Институт технической акустики, Витебск, Беларусь

³Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь

vjunenko@smel.math.spbu.ru

Использование материалов с эффектом памяти формы (ЭПФ) в технологических процессах и медицине, как правило, ограничивается выполнением одноразового срабатывания устройств. При этом выполняется перемещение с несложной траекторией и генерация усилий, требуемых в технологическом процессе. Механизмы, выполняющие возвратно-поступательные перемещения, требуют наличия упругого контртела в конструкции и нуждаются в чередовании процессов нагрева и охлаждения. Открытие реверсивной памяти [1] предоставило возможность реализации возвратно-поступательного движения на стадии одного лишь нагрева. Аналогичного результата можно добиться за счет разработки специальных протяженных конструкций. Еще значительней может быть эффект при ультразвуковом инициировании ЭПФ [2], т.е. поочередное развитие эффекта памяти формы на различных участках исполнительных устройств может послужить новым решением многих технических задач.

Наиболее простым способом достижения последовательного развития ЭПФ является создание градиента температур. Например, когда тепло от нагреваемого участка образца постепенно распространяется по материалу и по мере достижения температур мартенситного превращения ЭПФ срабатывает в каждом сечении проволоки в определенное время. Для изучения возможности такого развития событий был проведен следующий эксперимент.

По трубе, изготовленной из материала с низкой теплопроводностью, подавался воздушный поток при температуре 200°C. Конец проволочного образца длиной 15 мм был размещен в трубе перпендикулярно направлению движения воздуха. Вне трубы находилась основная часть проволочного образца длиной 230 мм. Контроль температуры на поверхности проволоки осуществляли с помощью тепловизора NEC 9100.

Через 5-6 минут после начала нагрева поле температур TiNi образца стабилизировалось (рисунок 1), при этом зона нагрева до аустенитного состояния на первом образце составила 40 мм, а на втором – 10-12 мм.

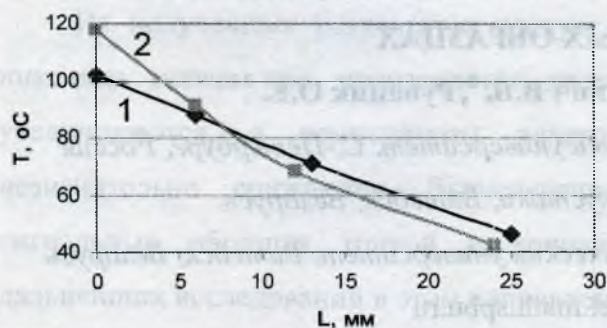


Рисунок 1. Установившееся распределение температуры по длине проволочного TiNi образца на участке, примыкающем к зоне нагрева. 1 - $A_k = 30^\circ\text{C}$, 2 - $A_k = 70^\circ\text{C}$

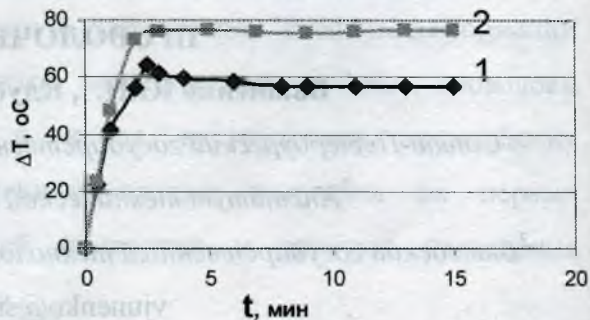


Рисунок 2. Зависимость перепада температур между начальной и конечными точками наблюдения в проволочных TiNi образцах. 1 - $A_k = 30^\circ\text{C}$, 2 - $A_k = 70^\circ\text{C}$

Т.е. реализуя на каждых 10 мм индивидуальный режим деформирования, можно получить соответствующее число этапов развития формостановления рабочего механизма. Отметим, что, обладая более высокой температурой в начальной точке, второй образец по мере удаления от зоны нагрева остывает быстрее первого. Можно предположить, что это результат наличия гетерофазного состояния проволоки второго образца в промежутке от 9 до 20 мм, где теплопередача в зоне обратного мартенситного превращения ухудшается. Видимо, этот же факт является причиной различия кривых зависимости разницы температур между начальной T_1 и конечной T_2 точками наблюдения от времени с момента начала нагрева до момента стабилизации температур (рис.2).

На кривой 1 присутствует явный максимум через 2,5 мин после начала нагрева. В это время температура материала проволоки на отметке 24 мм преодолевает уровень A_k , и весь наблюдаемый участок образца переходит в аустенитное состояние. После этого перепад температур в указанной зоне заметно снижается. На втором образце (кривая 2) перепад температур на контролируемом участке проволоки, достигнув максимума на четвертой минуте, далее не изменяется в течение всего времени наблюдения.

При ультразвуковом воздействии деформационные явления идут одновременно по всей длине образца, в значительной степени компенсируя друг друга. Обращает на себя внимание тот факт, что на 1 перегибе деформационный процесс длится дольше, чем на других участках. На рисунке 3а видно, что радиус кривизны проволоки вблизи концентратора меньше аналогичного параметра в трех других зонах деформации. Таким образом, величина деформации на первом перегибе максимальна. Поэтому в этом объеме материала превращение может начинаться при более высоких температурах [4], а, следовательно, позже, чем этот процесс стартует на других

участках. Кроме этого, из-за различия в степени деформирования коэффициент восстановления формы на разных участках образца может изменять свою величину [5].

На рисунке 4 приведены графики распределения температуры по длине проволочного образца, соответствующие рисунку 3д (кривая 1) и 3и (кривая 2). На них видно, что в области контакта с концентратором с определенного момента времени температура становится максимальной. При этом она не превышает 60°C . Эффект памяти формы сработал по всему образцу длиной 240 мм. Это в 6-12 раз больше длины, на которой подобный результат мог бы быть получен при нагреве проволоки за счет теплопроводности материала. Заметим, что формовосстановление реализовалось всего за 150 с.

Таким образом, ультразвуковое инициирование ЭПФ, с учетом вариаций амплитуды и частоты колебаний дает возможность управления процессом формовосстановления в протяженных образцах. При этом происходит разогрев материала лишь до температуры близкой к A_k . Можно предполагать, что размер рабочей конструкции может существенно превышать длину испытанного проволочного образца.

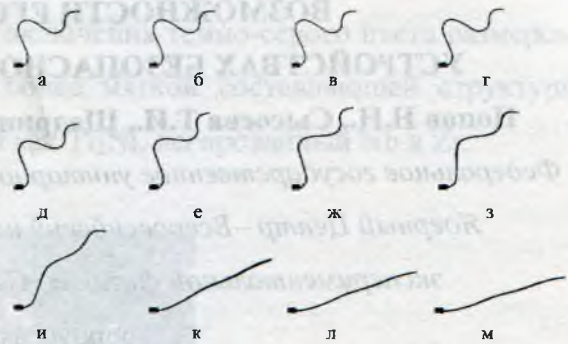


Рисунок 3. Кинетика формовосстановления в проволочном TiNi образце при ультразвуковом воздействии

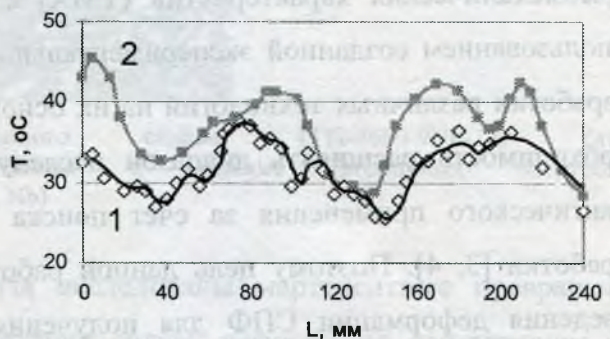


Рисунок 4. Распределение температуры по длине проволочного TiNi образца при ультразвуковом воздействии в течении 50 с (1) и 100 с (2). $A_k=70^{\circ}\text{C}$

1. Кузьмин Л.М., Лихачев В.А., Тошпулатов Ч.Х. ФММ, 1986. – Т.61, №1. – С.79-85.
2. Клубович В. и др. Сб. Современные вопросы физики и механики материалов. С.Пб, 1997.–С.235-238.
3. Рубаник В.В. мл., Рубаник В.В., Вьюненко Ю.Н. Современные проблемы прочности: Науч. тр. VI Междунар. симпоз., Старая Русса, 20-24 окт. 2003 г.: В 2 т.- Великий Новгород, 2003- Т. 2.- С. 23-26.
4. Вьюненко Ю.Н., Журбенко П.Н., Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл. Тез. докл. междунар. конф. MESOMECH'2006 (19-22 сент. 2006 г., Томск). - Томск, 2006. - С. 262-263
5. Ильин А.А., Скворцов С.В., Никитич А.С. Цвет. мет., 1986. – 12. – С.69-71