Задание изделию требуемых функциональных свойств осуществляли с помощью термической обработки, для чего предварительно исследовали влияние различных режимов термообработки на характеристические температуры и псевдоупругость. Образцы отжигали при 250÷550 °С в воздушной среде в течение 30 минут и подвергали закалке. Характеристические температуры определяли методом дифференциальной сканирующей калориметрии (DSC 822e). Скорость нагрева и охлаждения образцов составляла 10 °С/мин. Псевдоупругие характеристики материала определяли методом трёхточечного изгиба (нагружение – разгружение) образцов в рабочем диапазоне температур 34–36 °С. Для разработки контрацептива была использована проволока из никелида титана состава Ti–50,8ат.%Ni диаметром 0,54 мм в которой прямой и обратный фазовые переходы осуществляются по схеме B2→R→B19'.

Установлено, что характер изменения характеристических температур в зависимости от термообработки носит нелинейный характер. Увеличение температуры отжига от 250 до 400°С незначительно увеличивает температуры $A_к$. Термообработка при 500 °С вызывает значительное подавление псевдоупругости в материале и приводит к увеличению $A_н$ до 35÷36 °С, что связано с образованием стабильной мартенситной фазы деформации. Напротив, после термической обработки при 550 °С температура $A_к$ составляет 27÷28 °С, а остаточная пластическая деформация – 0,2 % при деформировании образцов до 6 %. Следует отметить, что в аустенитном состоянии, где псевдоупругость составляет 5÷6 % , разгружение, даже при небольших начальных деформациях (<1%), происходит с заметным гистерезисом и приводит к появлению остаточной деформации.

Экспериментально установлено, что максимальное закрепление конечной формы контрацептива обеспечивается при температурах отжига 500÷550 °С. Для окончательной термической обработки материала был выбран режим отжига при 550 °С в течение 30 минут с последующей закалкой в воде как оптимальный для задания формы и псевдоупругих характеристик в рабочем диапазоне температур.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА TiNi СПЛАВА ПОСЛЕ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Рубаник В. В.[1)], Клубович В. В.[1)], Реснина Н. Н.[2)], Рубаник О. Е.[1)], Андреев В. А.[3)], Милюкина С. Н.[4)], Рубаник В. В. мл.[4)]

[1)] *Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск, Беларусь*
[2)] *Санкт Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*
[3)] *ЗАО «Промышленный центр МАТЭКС», Москва, Россия*
[4)] *Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь*
ita@vitebsk.by

В работе [1] для получения биметаллических конструкций, одним из элементов которых является сплав TiNi, предложено использовать сварку взрывом. Такая технология позволяет получать композитные материалы, сочетающие функции исполнительного механизма с эффектом памяти формы и контртела.

Исследования кинетики термоупругих превращений методами дифференциальной сканирующей калориметрии показали, что сварка взрывом приводит к сильному увеличению температурных интервалов как прямого, так и обратного превращений и уменьшению скрытой теплоты фазового перехода, что связано с сильной пластической деформацией материала при сварке.

Для восстановления термоупругих свойств образцы подвергали отжигу при температуре 500 °С, что приводило к восстановлению температурных интервалов мартенситных превращений. В зависимости от продолжительности отжига прямое превращение проходило в одну, две или три стадии по схеме B2–B19'. Обратный переход во всех случаях реализуется в две стадии. При этом скрытая теплота превращения увеличивалась с 0,3 до 9,5 Дж/г.

Таким образом, установлено, что за счет подбора режимов термообработки можно полностью восстановить термоупругие свойства TiNi сплава, подвергнутого высокоскоростной деформации сваркой взрывом.

1. Получение соединений металл-сплав с ЭПФ с помощью высокоскоростного деформирования / В.В.Клубович, В.В.Рубаник, В.В.Рубаник мл., И.В.Петров // XVI Петербургские чтения по проблемам прочности: Сб. тез.- СПб., 2006.- С. 277.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЯ НА СООТНОШЕНИЕ ДЕФОРМАЦИИ И ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ БЫСТРОЗАКАЛЕННОГО СПЛАВА $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$

Кареев С. И., Глезер А. М., Шеляков А. В.*

ЦНИИЧермет им.И.П.Бардина, Москва; glezer@imphmsk.ru
**Московский инженерно-физический институт (Государственный университет)*

Эффективность применения сплавов с эффектом памяти формы (ЭПФ) в качестве функциональных элементов термоприводов (актюаторов) в значительной степени увеличивается, если существует приемлемое соотношение электросопротивления R элемента с ЭПФ и степени его деформации ξ. Ранее проведенные исследования взаимосвязи R и ξ в быстрозакаленных лентах из сплава $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ при термоциклировании под постоянной нагрузкой показали, что может быть получена практически линейная зависимость $R(\xi)$. При этом был обнаружен очень узкий гистерезис этой зависимости при нагрузках 50–75 МПа.

В данной работе проведено исследование R и ξ быстрозакаленных лент из двух сплавов $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$, несколько отличающихся условиями получения. ЭПФ инициировался за счет пропускания электрического тока. На каждом образце было выполнено до 5000 термоциклов в интервале мартенситного превращения при нагрузке 50 МПа и установлено, что линейная зависимость $R(\xi)$ сохраняется с увеличением количества циклов. В то же время обнаружена незначительная пластическая деформация порядка 0,05%, появляющаяся на первых 1000 циклах и возрастающая с номером цикла.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что быстрозакаленные ленты из сплава $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ являются многообещающим материалом для создания актюаторов на основе ЭПФ.