

ДЕМПФИРУЮЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛОИСТЫХ КОМПОЗИЦИЙ TiNi - ВПС – TiNi

Кожушко В.В.¹, Хлопков Е.А.^{2,4}, Сятковский А.И.³, Вьюненко Ю.Н.⁴

¹Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого,
Гомель, Беларусь

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
Санкт-Петербург, Россия

³ОАО «Пластполимер», Санкт-Петербург, Россия

⁴ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД», Санкт-Петербург, Россия, 6840817@mail.ru

Высокое внутреннее трение в металлических материалах с эффектом памяти формы (ЭПФ) является неотъемлемым атрибутом гетерофазного состояния. В справочном издании [1] приведены экспериментальные результаты многих исследователей диссипативных свойств. Основными факторами, влияющими на величину демпфирующих свойств материалов этого класса являются температура, амплитуда деформации, частота колебаний, скорость изменения температуры и химический состав сплавов. Для сплавов TiNi, CuAlNi и некоторых композиций CuZnAl и CuMn характерно, что низкотемпературное состояние обладает более высокими характеристиками внутреннего трения в сравнении с высокотемпературным. В сплавах CuZnSn, CuMnAl, FePt, AuCd, InTi уровень диссипации в мартенситном и аустенитном состоянии приблизительно одинаков. Поэтому неоднократно делались попытки использовать первую группу сплавов в технике в качестве демпферов, за исключением хрупкого CuZnAl. Однако добиться значительных успехов не удалось. Высокие диссипативные свойства конструкций из материалов данной группы обеспечивались гетерофазным состоянием сплавов в условиях быстрого изменения температуры во время вибрирования на малых частотах.

Исследованы данные по температурной зависимости внутреннего трения при разных скоростях нагрева. Измерения проводили на приборе динамического механического анализа *DMA Q800* по схеме – двухплечевой изгиб (рис.1). В качестве характеристики внутреннего трения определялся $tg \delta$, где δ – сдвиг по фазе в изменении

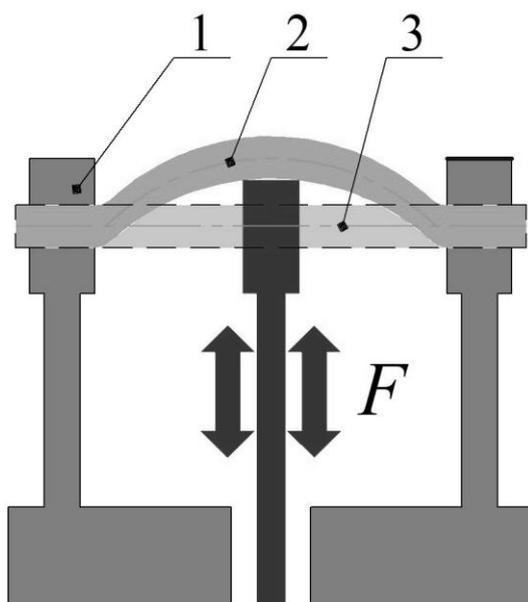


Рисунок 1 - Двухплечевой изгиб: 1 – установка, 2 – деформированный образец, 3 – образец в исходном состоянии

прикладываемой нагрузки $F = F_0 \cdot \sin \omega t$ и измеряемой деформации нагруженного слоя $\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \sin(\omega t + \delta)$, где F_0 – максимальная нагрузка, ω – частота колебаний, t – момент времени, ε_0 – деформация, соответствующая максимальному напряжению. Измеряли характеристики внутреннего трения пластины из сплава TiNi49,7ат.% размером 35x10x0,5 мм (рис.2).

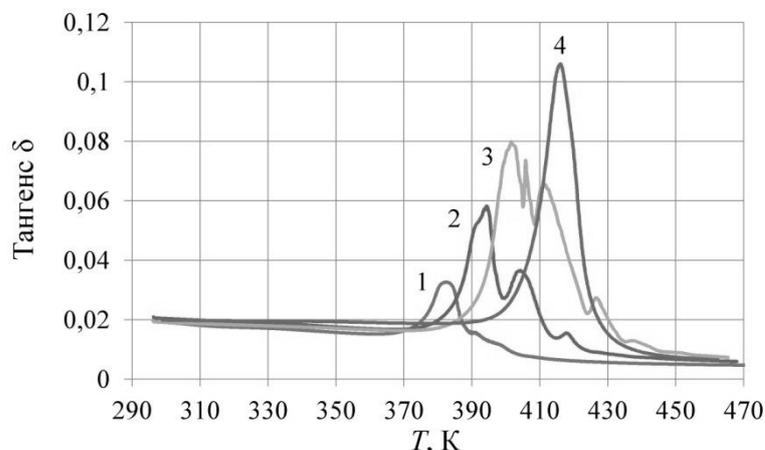


Рисунок 2 - Температурная зависимость внутреннего трения $tg \delta$ сплава TiNi49,7ат.% при частоте 1 Гц, амплитуде колебаний 500 мкм и скоростях нагрева: 1 – 2°К/мин, 2 – 5°К/мин, 3 – 7,5°К/мин, 4 – 10°К/мин

Приведенные результаты показывают значительный рост величины $tg \delta$ с повышением скорости нагрева для частоты вибраций в 1 Гц. Смещение пика внутреннего трения с увеличением скорости изменения температуры обусловлено запаздыванием прогрева материала относительно измерительных возможностей термометра.

Для оценки возможности повышения демпфирующей способности конструкций из никелида титана была использована специальная вибропоглощающая пленка ВПС 2,5У. Был изготовлен сэндвич (рис.3). Две пластинки из никелида титана с содержанием Ni - 49,7ат.% были соединены слоем пленки. Измерение $tg \delta$ при нагреве со скоростью 1 К/мин показало, что диссипативные возможности многослойного образца оказались заметно выше свойств одинарных пластин (рис.4). При частоте колебаний пластины в 1 Гц при температурах 290 -370 К внутреннее трение остается на уровне характеристик одинарных пластин. Затем диссипация энергии резко возрастает и достигает значения $tg \delta = 0,05$, а далее 0,07 при 395 К. Дальнейшее повышение температуры до 415 К сохраняло высокий уровень внутреннего трения несмотря на то, что скорость изменения температуры была 1 К/мин, а амплитуда вибраций пластины 50 мкм. Рост демпфирующих свойств трехслойной конструкции начинался при температуре A_s (температура начала обратного мартенситного превращения). Надо полагать, что в интервале превращения свойства пленки ВПС - 2,5У меняются таким образом, что она обеспечивает стабильно высокий уровень демпфирующих свойств. А на частоте 100 Гц наличие ВПС - 2,5У в трехслойной композиции обеспечивает повышенный уровень $tg \delta$ уже при комнатной температуре (кривая 2, рис.4). Нагрев исследуемого образца выше 370 К приводит к изменению $tg \delta$ аналогичному тому, что наблюдали на частоте 1 Гц. На вопрос о стабильности высоких диссипативных свойств исследованного образца представленные результаты ответ не дают. Требуются дополнительные исследования. Однако полученные сведения показывают принципиальную возможность повышения демпфирующих свойств

конструкций из никелида титана в сочетании сплава с вибропоглощающей пленкой ВПС - 2,5У.

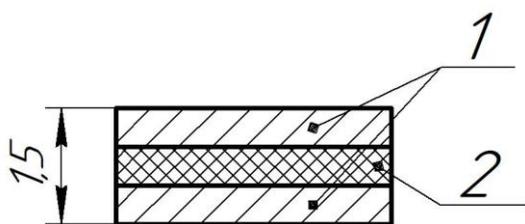


Рисунок 3 - Сэндвич TiNi - ВПС - TiNi:
1 - Ti - Ni49,7ат.%, 2 - ВПС 2,5У

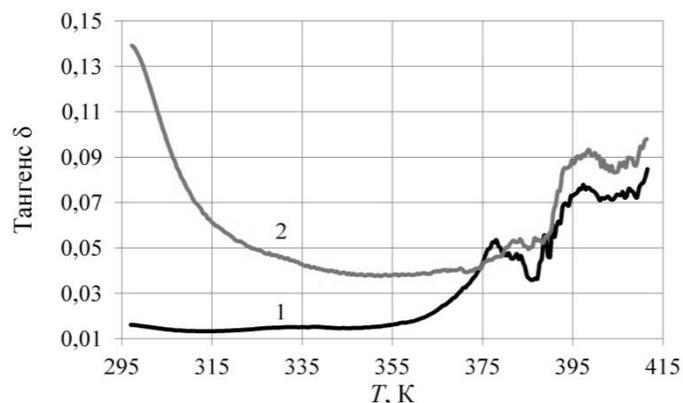


Рисунок 4 - Температурная зависимость внутреннего трения $\text{tg } \delta$ слоистой системы TiNi - ВПС - TiNi при скорости нагрева 1 °К/мин, амплитуде колебаний 50 мкм и частотах:
1 - 1 Гц, 2 - 100 Гц

Список литературы:

1. Беляев С.П., Волков А.Е., Ермолаев В.А., Каменцева З.П., Кузьмин С.Л., Лихачев В.А., Мозгунов В.Ф., Разов А.И., Хайров Р.Ю. Материалы с эффектом памяти формы. Т.1. / под ред. В.А. Лихачева. – Санкт-Петербург: НИИХ СПбГУ, 1997. – 424с.