

АНОМАЛЬНО ВЫСОКИЕ НЕОБРАТИМЫЕ ДЕФОРМАЦИИ В СПЛАВЕ ТН-1

Андронов И.Н., Богданов Н.П., Чурилина И.В.

ФГБОУ ВПО Ухтинский государственный технический университет, Ухта, Россия

iandronov@ugtu.net

Хорошо известно, что металлы и сплавы испытывающие фазовые превращения способны испытывают необратимое тепловое формоизменение при теплосменах в разгруженном состоянии [1], подобный эффект демонстрируют и нагруженные материалы, подвергнутые фазовым переходам [2]. Наибольший интерес представляют материалы с обратимыми мартенситными превращениями, в которых имеет место термоциклирование материала через интервалы мартенситных переходов. В работе [3] исследовали деформационное поведение сплава MnCu при теплосменах через интервалы мартенситных переходов в условиях кручения. Установлено одностороннее накопление необратимых деформаций, которое классифицировано как: “Термоциклическая ползучесть” (ТП). Позже эффект ТП изучали на тех же материалах, но при термоциклировании в условиях одновременного растяжения и сдвига. Оказалось, что при термоциклировании в условиях плоского напряженного состояния эффект ТП как правило усиливается [4]. Аналогичные эффекты наблюдали и при термоциклировании никелида титана в условиях кручения [5,6].

Ниже приведены результаты исследования необратимого деформирования сплава ТН-1 в условиях теплосмен в режиме кручения под действующими напряжениями, существенно превосходящими фазовый предел текучести, который для сплавов ТН-1 согласно [7] составлял при кручении приблизительно $\tau \approx 50$ МПа.

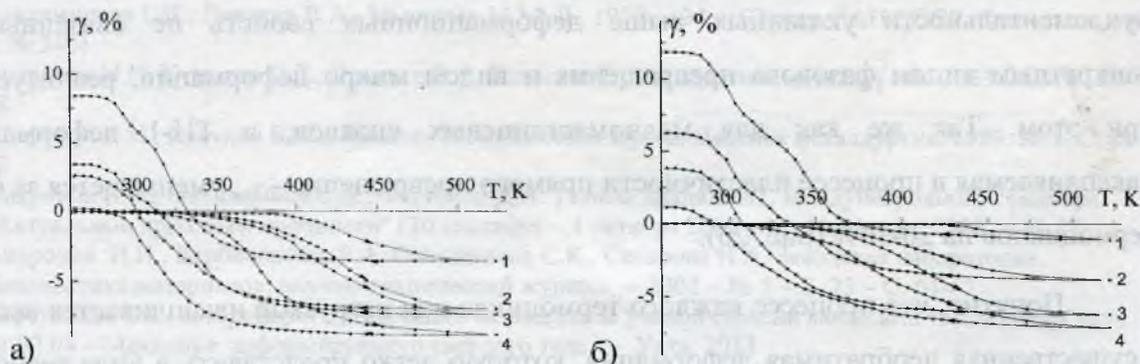


Рисунок 1. Характерные γ - T зависимости при термоциклировании через интервалы мартенситных переходов под напряжением $\tau = 300$ МПа (а), 400 МПа (б). 1 – в первом; 2 – втором; 3 – третьем и 4 – десятом циклах

На рисунке 1 представлены характерные γ - T зависимости при термоциклировании через интервалы мартенситных переходов под напряжением $\tau = 300$ МПа (а), 400 МПа (б) соответственно, в первом - 1; втором - 2; третьем - 3 и 10 циклах - 4. Во всех случаях термоциклирование начинали после изотермического нагружения в мартенситном состоянии. Для удобства иллюстрации отсчет деформации в каждом термоцикле производили от нуля. Из рисунка 1. видно, что γ - T кривые имеют не замкнутый гистерезисный характер. Причем незамкнутость термомеханического гистерезиса уменьшается в процессе термоциклирования.

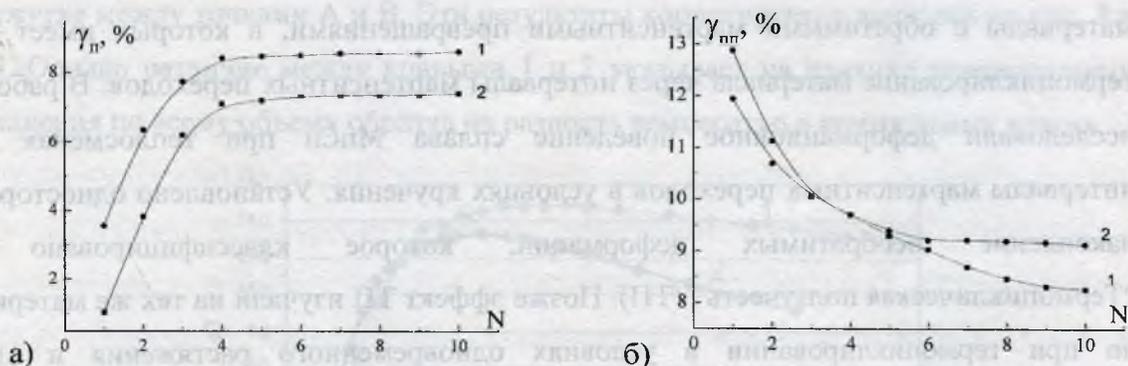


Рисунок 2. Зависимости деформации, обусловленной эффектом памяти формы - γ_n (а) и пластичности прямого превращения - γ_{nn} (б) от числа термоциклов при напряжениях 300(1) и 400 МПа (2)

На рисунке 2 а представлены зависимости деформации, обусловленной эффектом памяти формы - γ_n от числа термоциклов, которые показывают, что названные деформации возрастают в процессе первых четырех термоциклов примерно в 5-9 раз, что находится в хорошем качественном соответствии с аналогичными результатами, полученными ранее на сплавах MnCu [8], это позволяет говорить об фундаментальности указанных выше деформационных свойств не связанных с конкретным типом фазового превращения и видом микро деформации, реализуемой при этом. Так же как для медномарганцевых сплавов, в ТН-1 деформация, накапливаемая в процессе пластичности прямого превращения - γ_{nn} уменьшается за 6-10 термоциклов на 20-30% (рис. 2б).

Понятно, что процессе каждого термоцикла под нагрузкой накапливается весьма существенная необратимая деформация, которую легко представить в виде разности обратимых ее составляющих на этапах охлаждения и нагревания $\Delta\gamma^i = \gamma_{nn}^i - \gamma_n^i$ (здесь верхний индекс показывает номер текущего термоцикла). Итоговая необратимая деформация накопленная в течении N термоциклов найдется как $\gamma = \gamma(N) = \sum_{i=1}^N \Delta\gamma^i$. На рисунке 3 представлены зависимости необратимой

деформации – γ от числа термоциклов при напряжениях 300(1) и 400 МПа (2). Из рисунка видно, что уже в первом термоцикле величина необратимой деформации достигает 8.4 (кривая 1) и 11.8% (кривая 2), а в десятом термоцикле - 19.0(кривая 1) и 34.1(кривая 2).

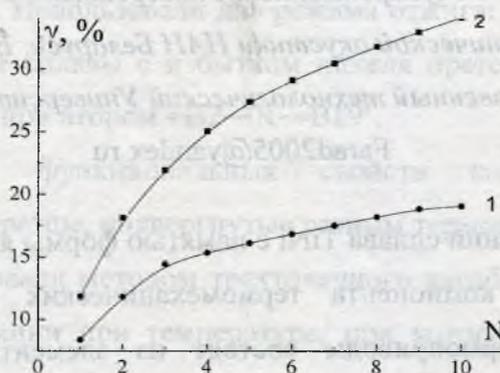


Рисунок 3. Зависимости необратимой деформации – γ от числа термоциклов при напряжениях 300(1) и 400 МПа (2)

Приведенный выше метод необратимого деформирования никеида титана может быть использован для задания исходной формы элементам конструкций, сделанным их из материалов с памятью формы в устройствах и механизмах сложного функционального назначения. Вышесказанное расширяет возможности развития и совершенствования низкотемпературных - энергосберегающих технологий производства “умных” механизмов и устройств в соответствии с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

1. Давиденков Н.Н., Лихачев В.А. М.: Машгиз. 1962. – 223 с.
2. Владимирова Г.В., Лихачев В.А., Мышляев М.М. Л., 1972. – 34 с. (Препр. / АН СССР. Физ - техн. ин-т; № 346)
3. Андронов И.Н., Кузьмин С.Л., Лихачев В.А. Известия Вузов. Цветная металлургия. 1983. № 3. С. 84-88
4. Андронов И.Н., Какулия Ю.Б., Лихачев В.А. Известия Вузов. Цветная металлургия. 1989. № 1. С. 88-92
5. Андронов И.Н., Овчинников С.К., Фастовец Д.Н. Тезисы доклада XI международного семинара “Актуальные проблемы прочности” (30 сентября – 4 октября 2002 г.). –Новгород, 2002. – С. 17
6. Андронов И.Н., Вербатовская Р.А. Овчинников С.К., Северова Н.А. Заводская лаборатория. Диагностика материалов: научно-технический журнал. – 2007 – № 5 – Т. 73 – С. 64-67
7. Корепанова В.С. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук : 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. – Ухта, 2011
8. Андронов И.Н., Кузьмин С.Л., Лихачев В.А. Металлофизика. – 1984 – № 3. – Т.6 – С. 44-47