ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

**МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Перспективные материалы с иерархической структурой
для новых технологий и надежных конструкций»**

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

DOI: 10.17223/9785946217408/228

РАЗВИТИЕ ОБРАТИМЫХ ТЕРМОУПРУГИХ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ В СОСТАРЕННЫХ В МАРТЕНСИТНОМ СОСТОЯНИИ ПОД НАГРУЗКОЙ

МОНОКРИСТАЛЛАХ NiMnGa

¹Пичкалёва М.В., ¹Тимофеева Е.Е., ¹Панченко Е.Ю., ¹Чумляков Ю.И.

¹ НИИ Томский государственный университет, Томск, Россия

Уже несколько десятилетий особый научный интерес представляет явление, которое носит название старение в мартенситном состоянии [1]. На сплавах Гейслера CoNiGa, CoNiAl имеются несколько хорошо подтвержденных эффектов старения в мартенсите [2] таких как, увеличение температур мартенситных превращений (МП), возникновение в материале двустороннего эффекта памяти формы (ДЭПФ). К развитию ДЭПФ, то есть к появлению обратимой деформации при охлаждении / нагреве в свободном состоянии, приводят внутренние дальнотействующие поля напряжений, вызывающие образование ориентированного варианта мартенсита. На сплавах Гейслера NiMnGa с термоупругими МП старение в мартенситном состоянии к настоящему времени не исследовано. Поэтому целью данной работы стало исследование развития обратимых термоупругих МП в состаренных в мартенсите под сжимающей нагрузкой монокристаллах Ni₅₃Mn₂₅Ga₂₂.

Монокристаллы Ni₅₃Mn₂₅Ga₂₂ (ат. %) выращены методом Бриджмена в атмосфере инертного газа. Для исследования были выбраны отожженные монокристаллы при T = 1273 K в течение часа с последующим медленным охлаждением. СМН проводилось вдоль <011>-направления следующим способом. В условиях развития сверхэластичности образец нагружали при температуре T = 423 K и приложенных напряжениях $\sigma = 175$ МПа, а затем производилась выдержка в течение 2 часов, после чего нагрузка снималась и образец охлаждали до комнатной температуры T_к. На рисунке 1 показана схема СМН монокристаллического образца с гранями, перпендикулярными оси старения [110] и направленными вдоль [1 $\bar{1}$ 0] и [001].

После СМН проявляется ДЭПФ при охлаждении / нагреве в свободном состоянии. При охлаждении формируется ориентированный вариант мартенсита, который способствует сжатию вдоль [110]-направлений и растяжению вдоль [001]-направления. Величина сжимающего ДЭПФ составляет $|\epsilon| = 4,1 - 4,5$ %, а величина растягивающего ДЭПФ составляет $|\epsilon| = 7,3$ % (рис. 1). Во всех случаях величина обратимой деформации при проявлении ДЭПФ оказалась меньше теоретически рассчитанной $\epsilon_{CVP+detw}$ для L₂₁-L₁₀ МП с учетом раздвойникового L₁₀-мартенсита (11,8 % при растяжении вдоль [001]-направления и 5,4 % при сжатии вдоль [110]-направления). Это может быть связано с тем, что ориентированный мартенсит не полностью возникает во всем объеме образца и/или раздвойникование L₁₀-мартенсита в кристалле проходит не полностью.

Рис. 1. Схема СМН и кривые $\epsilon(T)$ при развитии ДЭПФ в монокристаллах Ni₅₃Mn₂₅Ga₂₂

После СМН происходит сдвиг температуры начала МП $M_s = 387$ K в сторону высоких температур до 398 K. МП при охлаждении / нагреве в свободном состоянии проходит взрывом, то есть наблюдаются узкие температурные интервалы прямого $\Delta_1 = 14$ K и обратного МП $\Delta_2 = 10$ K.

Секция 4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Таким образом, впервые на монокристаллах $\text{Ni}_{53}\text{Mn}_{25}\text{Ga}_{22}$ показано, что за счет СМН возможно получить сжимающий и растягивающий ДЭПФ при охлаждении / нагреве в свободном состоянии с максимальной величиной обратимой деформации $|\varepsilon| = 4,5 \%$ и $|\varepsilon| = 7,3 \%$.

Литература

1. Otsuka K. Mechanism of martensite aging effects and new aspects / K. Otsuka, X. Ren // Mater. Sci. Eng., A. – 2001. – V. 312. – P. 207–218.
2. Two-way shape memory effect in [001]B2-oriented Co-Ni-Al single crystals / A. Eftifeeva [et al.] // Materials Today: Proceedings. – 2017. – V. 4. – P. 4789–4796.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-19-10250.