

ВНУТРЕННЕЕ ТРЕНИЕ В СВЕРХУПРУГИХ СПЛАВАХ FeMnAlNi

Ховайло В.В.¹⁾, Головин И.С.¹⁾, Омори Т.²⁾, Кайнума Р.²⁾

¹⁾НИТУ «МИСЦ» Москва 1190496 Россия

²⁾Tohoku University, Sendai 980-8579, Japan

khovavlo@misis.ru

Исследованию материалов с высокими демпфирующими свойствами уделяется огромное внимание во всех технологически развитых странах. Прежде всего это обусловлено тем, что такие материалы позволяют существенно понижать уровень вибраций и шумов, что является в настоящее время одной из актуальных проблем практически во всех областях техники.

Одними из наиболее эффективных демпфирующих материалов являются сплавы с эффектом памяти формы (см. например [1]). Противоударные и вибропоглощающие свойства этих функциональных материалов обусловлены сверхупругостью, которая выражается в специфической зависимости деформации от напряжения, что обусловлено формированием мартенсита деформации при приложении внешних напряжений при температурах выше температуры окончания формирования аустенитной фазы. Вследствие большого механического гистерезиса кривой зависимости деформации ϵ от внешних напряжений материал поглощает часть работы внешних сил, которая затем переходит в тепловую энергию. Эффективность диссипативных потерь определяется площадью петли гистерезиса, которая в сплавах с памятью формы в режиме сверхупругости значительно превосходит площадь петли в обычных металлах и сплавах.

Широкое применение эффекта сверхупругости в сплавах с памятью формы ограничивает их сравнительная дороговизна. До недавнего времени наиболее дешевым сплавом с эффектом памяти формы был Fe–Mn–Si. Этот материал, однако, не нашел широкого практического применения ввиду слабо выраженных сверхупругих свойств [2].

Сравнительно недавно хорошие сверхупругие свойства были обнаружены в сплавах Fe–Ni–Co–Al–Ta–B [3] и Fe–Mn–Al–Ni [4]. Наиболее яркой особенностью сплавов Fe–Mn–Al–Ni является то, что эффекты сверхупругости наблюдаются в очень широком диапазоне температур, от -150 до $+160^\circ\text{C}$ [4], и сравнимы по величине с эффектами, наблюдаемыми в никелиде титана. Кроме этого, зависимость сверхупругого напряжения от температуры, что является очень важным для многих практических применений, оказалась значительно меньшей, чем в других известных сплавах с памятью формы.

В этой работе представлены результаты исследований внутреннего трения в сплавах Fe–Mn–Al–Ni. Образцы для измерений были изготовлены в Университете Тохоку (Япония). Один из образцов после закалки от 1473 K подвергался дополнительному старению при 473 K в течении 2 ч. Измерения проводились на динамическом механическом анализаторе Q800 в интервале температур $300 - 473\text{ K}$. Полученные экспериментальные результаты показали, что внутреннее трение в обоих образцах имеет одинаковые особенности. Наиболее яркой чертой внутреннего трения является резкий рост кривой зависимости внутреннего трения от деформации образца. Предполагается, что эта особенность обусловлена формированием мартенситной фазы при приложении внешних напряжений.

1. G. Song, N. Ma, H.-N. Li, *Engineering Structures* **28** (2006) 1266.
2. C.M. Wayman and K. Otsuka, *Shape memory alloys* (Cambridge University Press, 1998).
3. Y. Tanaka, Y. Himuro, R. Kainuma, Y. Sutou, T. Omori, K. Ishida, *Science* **327** (2010) 1488.
4. T. Omori, K. Ando, M. Okano, X. Xu, Y. Tanaka, I. Ohnuma, R. Kainuma, K. Ishida. *Science* **333** (2011) 68.