

## НЕТИПИЧНЫЙ ЭЛИНВАРНЫЙ ЭФФЕКТ В МЕТАСТАБИЛЬНОМ БЕТА-СПЛАВЕ Ti-Nb-Zr С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Дубинский С.М.<sup>1</sup>, Маркова Г.В.<sup>2</sup>, Баранова А.П.<sup>1</sup>, Прокошкин С.Д.<sup>1</sup>,  
Браиловский В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский технологический университет “МИСиС”,  
Москва, Россия

<sup>2</sup>Тульский государственный университет, Тула, Россия

<sup>3</sup>Ecole de Technologie Supérieure, Монреаль, Канада

[sdubinskiy@gmail.com](mailto:sdubinskiy@gmail.com)

Метастабильные титановые  $\beta$ -сплавы с памятью формы создаются преимущественно для биомедицинского применения, однако в некоторых условиях они проявляют аномальное элинварное поведение. В большинстве случаев это связано с высокой плотностью дислокаций, возникшей в результате интенсивной пластической деформации, или с предпереходными явлениями. Ранее было обнаружено повторяемое элинварное поведение с  $\alpha_{fr}^2 \sim 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  в рекристаллизованном или полигонизованном сплаве Ti–22Nb–6Zr (ат.%) с памятью формы при охлаждении в интервале температур от 550 до 150  $^\circ\text{C}$ .

На момент начала исследований было известно пять механизмов элинварного поведения: (1) взаимодействие магнитных доменов; (2) фазовые превращения; (3) предпереходные явления; (4) высокая плотность дислокаций; (5) анизотропия упругих модулей низкосимметричной кристаллической решетки. Как было показано в ходе исследований, сплав Ti–22Nb–6Zr является парамагнетиком, элинварное поведение проявляется в области существования чистой ОЦК  $\beta$ -фазы с низкой плотностью дислокаций, а существующие предпереходные явления наблюдаются при более низких температурах. Таким образом, обнаруженное элинварное поведение при охлаждении является результатом низкой температурной чувствительности упругих констант кристаллической решетки  $\beta$ -фазы в сплаве Ti–22Nb–6Zr с памятью формы. В тоже время, отсутствие элинварного поведения при нагреве связано с выделением и растворением изотермической  $\omega_{iso}$ -фазы.

Было показано, что при увеличении скорости нагрева-охлаждения с 2,5 до 8  $^\circ\text{C}/\text{мин}$  происходит подавление образования изотермической  $\omega_{iso}$ -фазы и элинварное поведение проявляется как при охлаждении, так и при нагреве в интервале температур от 150 до 550  $^\circ\text{C}$ . Кроме того, такое двусторонне элинварное поведение стабильно при циклировании.

Похожее элинварное поведение было обнаружено и в стабильных  $\beta$ -сплавах, таких как Ti–50Nb и Ti–30Mo (ат.%), но в более узких температурных интервалах, разделенных интервалом с близкой к нормальной температурной зависимостью упругого модуля. Метастабильный  $\beta_2$  Ti–50.0Ni и  $\beta$  Ti–18Zr–14Nb (ат.%) сплавы с памятью формы не проявляют такого элинварного поведения.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-73-10167, <https://rscf.ru/project/21-73-10167/>*