

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ ОБРАЗОВАНИЯ ω -ФАЗЫ В ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИ ОБРАБОТАННОМ МЕТАСТАБИЛЬНОМ СПЛАВЕ Ti–22Nb–6Zr С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Баранова А.П., Дубинский С.М., Прокошкин С.Д.

Национальный исследовательский технологический университет “МИСиС”,
Москва, Россия
baranova.al.pavlovna@yandex.ru

На сегодняшний день сплав Ti–22Nb–22Zr (ат.%) с памятью формы является классическим перспективным материалом для биомедицинских имплантатах ввиду входящих в состав только биосовместимых компонентов и реализации нелинейного сверхупругого поведения с низким модулем упругости, близкого к поведению костной ткани. Активное изучение механических свойств данного сплава привело к обнаружению нетипичного элинварного эффекта при охлаждении в широком температурном интервале, тогда как при нагреве наблюдался пик, формирование которого вызвано выделением и растворением изотермической ω_{iso} -фазы. Получение двустороннего элинварного эффекта (при нагреве и охлаждении) в сплаве Ti–22Nb–6Zr является важной практической задачей, для реализации которой необходимо изучить особенности кинетики образования изотермической ω_{iso} -фазы.

Кинетика формирования ω_{iso} -фазы в том числе и в зависимости от режима выхода в температурный старения, а также морфологии выделившихся частиц были изучены на образцах сплава Ti–22Nb–6Zr (ат. %), подвергнутых холодной прокатке с истинной деформацией $e = 0,3$ и последующему отжигу для получения полигонизованного (600°C, 30 мин) состояния β -фазы, с помощью рентгеновской дифрактометрии и просвечивающей электронной микроскопии. Выход в температурный интервал формирования ω_{iso} -фазы осуществляли по четырем схемам: быстрый нагрев после быстрого (в воду) и медленного (2,5 град./мин) охлаждения, медленный нагрев после медленного охлаждения и медленным охлаждением в температурный интервал старения. Старение осуществляли при температурах от 250 до 375 °C и с выдержкой в течение 1 и 3 часов.

Установлено, что образование ω_{iso} -фазы наиболее интенсивно после быстрого охлаждения в воду и быстрого нагрева в интервал старения. Именно такая схема соответствует формированию наибольших внутренних напряжений, способствующих образованию ω_{iso} -фазы, тогда как медленное охлаждение и/или нагрев не приводят к генерации внутренних превращений и/или вызывают релаксацию уже существующих, и количество ω_{iso} -фазы в таких случаях крайне мало. Таким образом, контролирующим механизмом образования ω_{iso} -фазы в основном является сдвиг решетки, а не диффузионное перераспределение элементов. Показано, что в сплаве Ti–22Nb–6Zr $\beta \rightarrow \omega_{iso}$ превращение имеет выраженную S-образную кинетику с максимумом при 300 °C в интервале температур 250...375 °C, и практически не идет при температурах старения ниже 250 и выше 375 °C. Установлено, что в ходе старения после отжига при температурах 250, 300 и 375 °C 3 часа формируются частицы эллипсоидной формы. Соотношение ширины видимых проекций частиц к длине незначительно варьируется в диапазоне от $\sim 1/4$ для старения при 250 °C, 3 часа до $\sim 1/5$ для старения при 375 °C, 3 часа.