

О ВЛИЯНИИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПЛАВА Ti–45Nb В УЛЬТРАМЕЛКОЗЕРНИСТОМ СОСТОЯНИИ НА ЕГО СТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ТЕПЛОЕМКОСТЬ *

Е.В. Легостаева, М.А. Химич, Ю.П. Шаркеев, А.Ю. Ерошенко,
О.А. Белявская, А.Ю. Жилияков, В.П. Кузнецов

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

Изучено влияние термической обработки сплава Ti – 45 мас.% Nb в ультрамелкозернистом и крупнокристаллическом состояниях на его структурные характеристики (параметры решетки, объемное соотношение фаз, размеры областей когерентного рассеяния, остаточные нормальные напряжения) и взаимосвязь структурных характеристик с теплоемкостью. Установлено, что различный характер зависимости теплоемкости от температуры для сплава в этих состояниях связан со структурно-фазовыми особенностями сплава в ультрамелкозернистом состоянии, а именно, с двухфазной структурой, состоящей из β - и α -зерен, дисперсно-упрочненной ω -фазой, и фазовыми переходами в диапазоне температур 400–600 °С.

Ключевые слова: сплав Ti – 45 мас.% Nb, ультрамелкозернистая микроструктура, рентгеноструктурный анализ, теплоемкость, фазовые переходы.

Введение

При разработке сплавов биомедицинского назначения актуально создание материалов, обладающих не только биохимической совместимостью с тканями организма, заключающейся в отсутствии иммунных реакций и воспалительных процессов, но и биомеханической совместимостью, которая определяет функциональную надежность имплантатов. Основной характеристикой биомеханической совместимости имплантируемого материала является модуль упругости, значение которого должно быть приближенным к модулю упругости кости. В этом аспекте особый интерес для медицины представляют двойные титановые β -сплавы на основе системы Ti–Nb, которые при концентрации ниобия 40–45 мас.% имеют достаточно низкий модуль упругости, в интервале 50–60 ГПа, сопоставимый с модулем упругости кортикальной костной ткани [1, 2]. Несомненным преимуществом сплавов систем Ti–Nb является отсутствие токсичного воздействия на организм, так как сплавы данной системы состоят из биоинертных элементов титана и ниобия и дополнительно могут быть легированы другими биоинертными элементами. Однако механические свойства указанных сплавов бывают недостаточно высокими для их применения в медицине. Так, для сплава Ti–45Nb предел текучести составляет 380 МПа, а предел прочности – 650 МПа, что ниже уровня механических свойств среднепрочных титановых сплавов, применяемых в медицине [3].

Данную проблему можно решить за счет формирования ультрамелкозернистого (УМЗ) или/и наноструктурированного (НС) состояния в металлах и сплавах методами интенсивной пластической деформации (ИПД), что позволяет значительно повысить конструктивную прочность без дополнительного легирования «токсичными» элементами [4]. Имеется значительное количество публикаций, в которых показано, что использование различных методов ИПД позволяет формировать УМЗ-состояние в чистых металлах, сплавах и сталях [4, 5]. В ряде работ, посвященных титану, показано, что механические свойства УМЗ-титана соответствуют среднелегированным титановым (BT6, BT16) сплавам и могут их заменить. Относительно новыми в медицинском приложении являются сплавы системы Ti–Nb, в частности Ti – 45 мас.% Nb (Ti–45Nb), которые изучены значительно меньше [6].

Одной из главных задач при развитии научных основ получения НС/УМЗ-сплавов являются вопросы, связанные со стабильностью их структурно-фазового состояния и физико-механических свойств, а также с оптимизацией механических характеристик в результате последующих термообработок. Несмотря на то, что в литературе встречаются данные по микроструктуре, структурно-фазовому состоянию и механическим свойствам сплава Ti–45Nb после ИПД, многие аспекты остаются на данный момент малоизученными и требуют дальнейшего развития. Так, вопросы,

* Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований СО РАН, проект FWRW-2021-0004.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>