

# **ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**«Физическая мезомеханика.  
Материалы с многоуровневой иерархически  
организованной структурой и интеллектуальные  
производственные технологии»,**

посвященная 90-летию со дня рождения  
основателя и первого директора ИФПМ СО РАН  
**академика Виктора Евгеньевича Панина**

в рамках  
**Международного междисциплинарного симпозиума  
«Иерархические материалы: разработка и приложения  
для новых технологий и надежных конструкций»**

**5–9 октября 2020 года  
Томск, Россия**

Томск  
Издательство ТГУ  
2020

**ТЕРМОСТАБИЛЬНОСТЬ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СПЛАВА Ti-(40-45)Nb ПРИ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ОТЖИГАХ**

<sup>1</sup>Глухов И.А., <sup>1</sup>Ерошенко А.Ю., <sup>1,2</sup>Химич М.А., <sup>1,2</sup>Майрамбекова А.М., <sup>1,3</sup>Шаркеев Ю.П.,  
<sup>1</sup>Толмачев А.И., <sup>1</sup>Уваркин П.В

<sup>1</sup>*Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск*

<sup>2</sup>*НИ Томский государственный университет, Томск*

<sup>3</sup>*НИ Томский политехнический университет, Томск*

Разработка материалов нового поколения для медицинских имплантатов на основе биоинертных металлов является актуальной задачей современного материаловедения. Прежде всего, данные материалы должны быть нетоксичными и обладать высокими механическими характеристиками. Большой интерес представляет решение задачи уменьшения различия в модулях упругости материала имплантата и костной ткани. Это позволяет осуществить равномерное распределение деформаций и напряжений при совместной работе системы «кость-имплантат» и исключить возможность разрушения в местах сопряжения имплантата и кости. Модуль упругости у большинства титановых сплавов, применяемых на данный момент в медицинских изделиях, находится в пределах (100-120) ГПа, что значительно выше модуля упругости кортикальной костной ткани, который находится в пределах (15-30) ГПа. Легирование титана ниобием до 40-45 мас. %, позволяет понизить модуль упругости до 55-60 ГПа, что сопоставимо с костной тканью. Однако, механические характеристики у таких сплавов находятся на достаточно низком уровне. Применение методов интенсивной пластической деформации (ИПД) для измельчения микроструктуры до ультрамелкозернистого (УМЗ) состояния позволяет значительно увеличить механические свойства исходного сплава (пределы прочности, текучести, и циклической выносливости выносливости). После получения УМЗ состояния в сплаве методами ИПД, как правило, требуется термическая обработка, поэтому важно определить верхнюю границу термостабильности сформированной УМЗ структуры и механических свойств, включая и долговременное термическое воздействие.

В работе проведено исследование термостабильности микроструктуры, фазового состава и механических свойств (микротвердости) образцов сплава Ti-(40-45) мас. % Nb в УМЗ состоянии при изотермических отжигах при температурах 350 и 400°C с выдержкой при данных температурах в интервале (1-360) часов. УМЗ состояние в сплаве со средним размером структурных элементов (зерна, субзерна, фрагменты) не более 0,3 мкм формировали комбинированным методом ИПД, сочетающим многократное abc-прессование и многоходовую прокатку в ручьевых валках. В УМЗ состоянии сплав Ti-(40-45) мас. % Nb имел многофазную структуру, представленную субзернами  $\beta$ -фазы, дисперсно-упрочненными наночастицами  $\omega$ -фазы, и субзернами  $\alpha$ -фазы.

Показано, что изотермические отжиги при температурах 350°C, 400°C и времени выдержки при данных температурах до 360 часов не привели к существенному изменению УМЗ структуры и фазового состава сплава. Ранее было установлено, что УМЗ состояние сохраняется после изохронных отжигов в течение 1 часа при температурах до 500°C, а достигнутые механические свойства меняются незначительно – до 400°C. Долговременные изотермические отжиги УМЗ сплава Ti-(40-45)мас. % Nb не оказывают влияния на размер структурных элементов матричной  $\beta$ -фазы, но способствуют заметному росту зерен  $\alpha$ -фазы и  $\omega$ -фазы. Механические свойства сохраняются на высоком уровне при температурах 350 и 400°C до 120 часов. Разупрочнение сплава Ti-(40-45)мас. % Nb связано с ростом наноразмерных зерен  $\alpha$ - и  $\omega$ -фаз и уменьшением их вклада в дисперсионное упрочнение.

*Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2017-2020 гг., направление III.23.2.2.*