

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Пушина Артема Владимировича

«Разработка и исследование объемных и длинномерных наноструктурных высокопрочных материалов на основе тройных титановых сплавов с эффектами памяти формы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.01 – **Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов**

Материалы, обладающие эффектом памяти формы (ЭПФ), находят все более широкое применение в качестве функциональных и конструкционных материалов. Среди различных методов получения габаритных материалов с ЭПФ особое внимание уделяется методам прецизионного легирования и быстрой закалки из расплава. В этой связи работа Пушина А.В., посвященная разработке и исследованию объемных и длинномерных наноструктурных высокопрочных материалов на основе тройных титановых сплавов с эффектами памяти формы представляет значительный научный и практический интерес.

В диссертации получен ряд новых результатов, среди которых следует выделить следующие: 1) экспериментально измерены критические температуры и впервые построены полные диаграммы ТМП $B2 \leftrightarrow B19'$, $B2 \leftrightarrow B19 \leftrightarrow B19'$, $B2 \leftrightarrow B19$ в сплавах TiNi-TiCu ($0 < Cu < 25$ ат.%), их БЗР сплавах ($0 < Cu < 34$ ат.%) и сплавах NiTi-NiHf ($0 < Hf < 20$ ат.%) с высокотемпературными ТМП $B2 \leftrightarrow B19'$; 2) впервые установлены механизмы бездиффузионной кристаллизации (без изменения химического состава) при формировании УМЗ структуры, а также термо-кинетические условия ее стабильности в БЗР сплавах TiNi-TiCu ($2 < Cu < 25$ ат.%), NiTi-NiHf (12, 18 Hf ат.%) и $Ni_{45}Cu_5Ti_{32}Hf_{18}$; 3) обнаружено, что отход стехиометрии по Ti и Ni или по Ti и Cu (до ± 1 ат.%) в аморфном сплаве типа $Ti_{50}Ni_{25}Cu_{25}$ обеспечивает при ПТО образование субмикро- и нанокристаллической УМЗ структуры за счет механизмов первичной или эвтектической кристаллизации с изменением химического состава.

Достоверность полученных в работе результатов обеспечена применением комплекса современных взаимодополняющих апробированных и сертифицированных методов исследований и испытаний материалов, использованием обоснованных методов обработки и интерпретации экспериментальных данных и определения погрешностей измерений, воспроизводимостью и согласованностью результатов, полученных в данной работе различными методами.

Научная и практическая значимость результатов работы заключается в разработке нового способа синтеза высокопрочных УМЗ сплавов с ЭПФ в виде тонкомерных лент,

Научная и практическая значимость результатов работы заключается в разработке нового способа синтеза высокопрочных УМЗ сплавов с ЭПФ в виде тонкомерных лент, основанный на применении технологии спиннингования струи расплава для нестехиометрических сплавов типа $Ti_{50+x}Ni_{25-x}Cu_{25}$ ($x \leq \pm 1$ ат.%) $Ti_{50+y}Ni_{25}Cu_{25-y}$ ($y \leq \pm 1$ ат.%), $Ni_{49,6}Ti_{50,4-z}Hf_z$ ($12 < z < 20$ ат.%). Он обеспечивает достижение следующих механических свойств: $\sigma_B - 850 - 1550$ МПа, $\sigma_{0,2} - 620 - 1200$ МПа, $\sigma_M - 100 - 50$ МПа, реактивное напряжение $\sigma_p - 620 - 1110$ МПа, $\delta - 9 - 12$ %, $\epsilon - 3 - 5$ %. Данный способ и получаемые высокопрочные ленты могут быть использованы для изготовления миниатюрных сенсоров и актюаторов в ЭПФ и ЭСУ в технике.

В автореферате работа изложена последовательно и логично. Вместе с тем имеется несколько вопросов:

1. С чем Вы можете связать влияние отклонения от стехиометрии исследуемых сплавов на размер зерен при кристаллизации (стр. 15, и рис. 6)?

2. В чем заключается основное отличие между сплавами с медью и гафнием?

Однако отмеченные замечания не снижают ценности работы. Таким образом, диссертационная работа Пушина А.В. является завершенной научно-квалификационной работой. Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям Положением о порядке присуждения ученых степеней, соответствует специальности 05.16.01 – Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов, а ее автор Пушин А.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Руководитель лаборатории механических свойств
наноструктурных и жаропрочных материалов НИУ
«БелГУ», д.ф.-м.н.

Кайбышев Рустам Оскарлович

308015, г. Белгород, ул. Победы, дом 85

тел.: +7(4722)58-54-17

e-mail: rustam_kaiyshev@bsu.edu.ru

Подпись Р.О. Кайбышева заверяю.

Начальник Управления по развитию персонала и
кадровой работе НИУ «БелГУ»

20 ноября 2015 г.

Реутов Николай Николаевич