

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения  
Российской академии наук

## **МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ**

**Перспективные материалы  
с иерархической структурой  
для новых технологий  
и надежных конструкций**

**21 - 25 сентября 2015 г.**

**Томск, Россия**

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ**

## 1. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой

---

параметрах кристаллического строения и фазовом составе, изучена структура, размер зерен и элементный анализ полученных композитов.

Рентгенофазовый анализ показал, что оксид алюминия в полученных нанокompозитах находится в  $\alpha$ -модификации (корунд), диоксид циркония находится в двух модификациях кубической и тетрагональной, а карбид титана в кубической сингонии. Средний размер зерен компонентов составил для оксида алюминия - 1.5 мкм; диоксида циркония - 0.8 мкм; карбида титана - 2,5 мкм.

Показано, что в материале сформирована мульти масштабная иерархическая структура в сложных окси-карбидных композитах, которая позволяет направленно регулировать физико-механические свойства окси-карбидных композитов. Матрица композита, состоящая из микронных зерен оксида алюминия упрочняется более крупными и твердыми зернами карбида титана играющие роль преграды на пути движения трещины, а на границах между зернами  $Al_2O_3$  и TiC находятся субмикронные зерна тетрагонального диоксида циркония, которые при взаимодействии с распространяющейся трещиной испытывают тетрагонально-моноклинное превращение под действием нагрузки сопровождающееся увеличением объема, что создает сжимающие напряжения в матрице  $Al_2O_3$  повышая, тем самым, вязкость разрушения композита в целом.

Наилучшее сочетание механических свойств показал состав 70% $Al_2O_3$  – 10% $ZrO_2$  – 20%TiC его твердость и вязкость разрушения составили 21,4 ГПа и 5,7 МПа\*м<sup>1/2</sup> соответственно.

Элементный анализ и растровые снимки структуры композитов получены на приборе LEO EVO 50 (Zeiss, Германия) в ЦКП «НАНОТЕХ» ИФПМ СО РАН (ЦКП ТНЦ СО РАН).

### **МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВАНАДИЕВЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК**

Гриняев К.В.<sup>1,2,3</sup>, Дитенберг И.А.<sup>1,2</sup>, Тюменцев А.Н.<sup>1,2,3</sup>,  
Смирнов И.В.<sup>2,3</sup>, Чернов В.М.<sup>4</sup>, Потапенко М.М.<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Сибирский физико-технический институт им. В.Д. Кузнецова, Томск, Россия,

<sup>3</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,

<sup>4</sup>ОАО «ВНИИНМ» им. А.А. Бочвара, Москва, Россия

*kvgrinyayev@inbox.ru*

Представлены результаты сравнительного исследования влияния режимов термомеханических обработок на параметры структурно-фазовых состояний и характеристики кратковременной прочности и пластичности малоактивируемых ванадиевых сплавов систем V-4Ti-4Cr, V-2.4Zr-0.25C, V-1.2Zr-8.8Cr и V-1.7Zr-4.2Cr-7.6W.

Предложен универсальный режим модификации гетерофазного структурного состояния ванадиевых сплавов в процессе термомеханической обработки. Установлено, что применение этого режима обработки приводит к трансформации исходного крупнокристаллического состояния этих сплавов в мелкокристаллические состояния, в том числе с полигональной структурой. Показано, что реализуемые при этом термодинамические условия обеспечивают возможность трансформации исходных грубодисперсных (более 1 мкм) частиц метастабильных карбидов в однородно распределенные по объему наноразмерные (3-10 нм) частицы стабильной неметаллической фазы на основе фаз внедрения.

Результатом модификации гетерофазного структурного состояния ванадиевых сплавов является существенное увеличение кратковременной высокотемпературной прочности при сохранении значительного запаса низкотемпературной пластичности.

Обсуждается природа высокой термической стабильности гетерофазных структурных состояний, сформированных в результате термомеханической обработки изучаемых сплавов по предложенному режиму.

Рассмотрен вклад в увеличение значений предела текучести различных (твердорастворного, дисперсного, зернограничного, субструктурного) механизмов упрочнения. Проанализирована эффективность дисперсного упрочнения указанных выше сплавов при реализации механизма упрочнения по типу механизма Орована. В соответствии с проведенными оценками, для повышения прочности сплавов ( $\Delta\sigma$  до  $\approx 100$  МПа) необходимо трансформировать в мелкодисперсное состояние с однородным распределением не менее 25-50 % общей объемной доли исходных грубодисперсных частиц.

Исследования проведены с использованием оборудования Томского регионального центра коллективного пользования Томского государственного университета. Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы с финансовой поддержкой программы повышения конкурентоспособности ТГУ (Tomsk State University Competitiveness Improvement Program).