

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
9 - 13 октября 2017 года
Томск, Россия

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Томск – 2017

4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

Структурные состояния, полученные после ВТМО и отпуска, обеспечивают значительное повышение предела текучести (до 850 МПа при $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 470 МПа при $T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$) при относительном удлинении (6-9 %). Соответствующие значения предела текучести после ТТО находятся в интервалах 750-830 МПа и 320-390 МПа. Продолжительность (0,5-3 ч) отпуска после ВТМО существенно влияет на механические свойства стали, при этом максимальные значения предела текучести получены при отпуске длительностью 1 ч. Более высокая степень деформации в процессе ВТМО способствует достижению максимальных (470 МПа) значений предела текучести при $T = 650\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Значительное повышение прочностных свойств стали ЭК-181 в условиях ВТМО относительно традиционной обработки (ТТО) обусловлено повышенной эффективностью дисперсного (наноразмерными частицами V(C, N)) и субструктурного упрочнения. Указанные частицы могут оказывать положительное влияние на характеристики длительной высокотемпературной прочности стали путем закрепления дефектов микроструктуры, обеспечивая ее более высокую термическую стабильность, в том числе в условиях ползучести.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00145.

О ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЯХ В НАНОСТРУКТУРНЫХ ПОКРЫТИЯХ НА ОСНОВЕ Zr-Y-O

Федорищева М.В., Калашников М.П., Никоненко А.В., Сергеев В.П.

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия

fed_mv@mail.ru

Керамические материалы на основе стабилизированного иттрием диоксида циркония обладают уникальными физическими и механическими свойствами, имеют высокие прочностные показатели, трещиностойкость при сохранении устойчивости к коррозии и износу. Высокие значения коэффициента термического расширения благоприятствует сочленения деталей из диоксида циркония с металлическими и стальными деталями, имеющими близкие значения КТР. Поэтому покрытия на основе диоксида циркония используются как теплозащитные покрытия в горячих газовых секциях турбин [1].

Особое внимание исследователей обращено на обратимые мартенситные превращения в металлических сплавах (так называемые трансформационные превращения). Такие сплавы относятся к группе так называемых "умных" (smart) функциональных материалов, так как позволяют управлять своим поведением [2-3]. Тетрагональная фаза

способна испытывать мартенситный фазовый переход в моноклинную фазу. Фазовый переход сопровождается развитием сдвиговых и объемных деформаций, обеспечивающих релаксацию напряжений и смыкание поверхностей трещин.

Целью работы является изучение структурно-фазового состояния многослойных покрытий на основе диоксида циркония, полученных методом импульсного магнетронного распыления. Изучить закономерности движения нанофазных границ (НФГ) при воздействии термомеханических нагрузок в двухфазных нанокompозитных покрытиях на основе Zr-Y-O на металлических подложках методами электронной микроскопии высокого разрешения и рентгеноструктурного анализа.

Осаждение многослойных покрытий на основе чередующихся слоев Si-Al-N и Zr-Y-O проводили на вакуумной установке УВН-02МИ «КВАНТ», оснащенной двумя магнетронами с цирконий-иттриевой и кремний-алюминиевой мишенями и вакуумно-дуговым ионным источником с титановым катодом по методу. Температура подложек при осаждении покрытий была 623К.

Методами рентгеноструктурного анализа (РСА) и электронной микроскопии исследовали тонкую структуру и фазовый состав многослойных покрытий.

Установлено, что оба покрытия в своем составе имеют фазу ZrO_2 в моноклинной и тетрагональной модификации. Интересно отметить, что покрытие, полученное в условиях свободного объема, имеет значительно меньше моноклинной фазы. По всей видимости, нанесение второго слоя на основе Si-Al-N предполагает дополнительную деформацию во время осаждения и формирования слоя покрытия, которая приводит к мартенситным фазовым переходам и, соответственно, увеличению количества моноклинной фазы.

На рентгенограмме видно, что материал покрытия на основе ZrO_2 имеет ярко выраженную текстуру, что характерно для столбчатой структуры типичной для этого типа покрытий.

Таким образом, методом рентгеноструктурного анализа установлено, что слои на основе Zr-Y-O имеют в своем составе кристаллическую фазу ZrO_2 в двух модификациях: тетрагональной и моноклинной. Фаза ZrO_2 состоит из столбчатых зерен. Количество моноклинной и тетрагональной фаз в условиях свободного и стесненного объемов существенно отличается.

Литературы

1. Каблов Е.Н., Мубояджян С.А. Жаростойкие и теплозащитные покрытия для лопаток турбины высокого давления перспективных ГТВ // Авиационные материалы и технологии. -2012. № 5. С. 60-70.

4. Научные основы разработки материалов с многоуровневой иерархической структурой, в том числе для экстремальных условий эксплуатации

2. Ciao Y.H. and Chen I - Wei. Martensitic growth in ZrO₂-AN in situ, small particle, TEM study of a single-interface transformation// Acta metal. mater.-1990.-Vol. 38. - No. 6. - P. 1163-1174.
3. Hannink R. H. J., Kelly P.M., Muddle B. C. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics // J. Am. Ceram. Soc.- 2000. -V. 83. -P. 461-487.

Работа выполнена в рамках основной научной программы исследований академии наук за 2013-2020 годы.

СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННОГО СЛОЯ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ПРИ ОБРАБОТКЕ ИОНАМИ МЕДИ

Федорищева М.В., Калашников М.П., Никоненко А.В., Сергеев В.П.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Россия,

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия

fed_mv@mail.ru

Современные требования к техническим характеристикам авиакосмической техники 5-го поколения, условия эксплуатации которой близки к экстремальным, делают актуальной задачу разработки нового поколения технологий упрочнения конструкционных материалов, в частности, на основе ионно-плазменных методов нанесения многослойных нанокompозитных покрытий и высокоэнергетической обработки поверхностных слоев, позволяющих достичь глубокого модифицирования их структурно-фазового состояния. Среди этих методов перспективным направлением повышения эксплуатационных свойств конструкционных материалов является ионно-пучковая модификация. С помощью обработки сильноточными потоками тяжелых ионов низкой энергии можно эффективно модифицировать структурно-фазовое состояние поверхностного слоя. При этом могут улучшаться триботехнические, механические свойства, в том числе, усталостные характеристики конструкционных материалов.

Структурно-фазовое состояние ионно-модифицированного слоя образцов исследовали методом (ПЭМ). Химический состав покрытий определяли с помощью энергодисперсионного рентгеновского микроанализатора (EDX) INCA-Energy (Oxford Instruments), встроенного в просвечивающий JEOM-2100 и сканирующий LEO EVO-50XVP электронные микроскопы. Микротвердость ионно-модифицированного слоя титанового сплава ВТ-23 определяли с помощью нанотвердомера NanoHardnessTester при нагрузке 20мН.

Методом рентгеноструктурного анализа показано, что сплав ВТ-23 в исходном состоянии представляет собой смесь ($\alpha+\beta$) фаз как видно из рис. 1. Установлено, что в зависимости от времени обработки ионами меди