

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

INTERNATIONAL WORKSHOP

**«Multiscale Biomechanics and Tribology
of Inorganic and Organic Systems»**

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

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

**VIII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ,
ПОСВЯЩЕННАЯ 50-ЛЕТИЮ ОСНОВАНИЯ
ИНСТИТУТА ХИМИИ НЕФТИ**

«Добыча, подготовка, транспорт нефти и газа»

DOI: 10.17223/9785946218412/357

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ КОМПОЗИЦИИ
«КЕРАМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ ZrO_2 - СВЯЗУЮЩИЙ СЛОЙ NiAl - ПОДЛОЖКА Ti-
6Al-4V» В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ**

Мартынов С.А., Панин А.В., Казаченок М.С., Русяев А.Н.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск

martynov@ispms.tsc.ru

Защитные покрытия на основе систем $ZrO_2 - Y_2O_3$ широко применяются в современных газотурбинных двигателях, поскольку позволяют не только существенно увеличить мощность и тягу двигателей за счет снижения температуры металлических поверхностей и увеличению эффективности сгорания топлива, но и снизить выброс NO_x . При термическом нагружении композиции «керамическое покрытие – металлическая подложка» из-за различия коэффициентов термического расширения материалов покрытия и подложки в покрытии развиваются биаксиальные растягивающие напряжения, деформирующие его таким образом, чтобы оно соответствовало размерам подложки. В свою очередь, в поверхностных слоях подложки развиваются сжимающие напряжения, релаксация которых при повышенной температуре, может приводить к росту зерен в металлической подложке, изменению элементного и фазового состава и т.п. Поэтому даже при соответствующем выборе материала связующего слоя, обладающего низким коэффициентом термического расширения и высокой коррозионной стойкостью, в процессе термоциклирования имеет место разрушение керамических покрытий. Причем характер разрушения, а также его интенсивность определяются кривизной границы раздела между керамическим покрытием и связующим слоем, а также между связующим слоем и металлической подложкой. В связи с этим, целью настоящей работы является исследовать влияние шероховатости подложки из 3D-напечатанного титанового сплава Ti-6Al-4V, а также состава и толщины связующего слоя NiAl на термическую стойкость керамических покрытий ZrO_2 в процессе термоциклирования и термоудара.

Влияние шероховатости подложки Ti-6Al-4V на интенсивность окисления связующего слоя NiAl и последующее его коробление при повышенных температурах исследовано путем анализа электронно-микроскопических изображений поверхности и боковой грани термически нагруженных образцов. Изменение микроструктуры и фазового состава покрытия, связующего слоя и подложки изучено методом рентгеновской дифракции. Методами рентгенофазового и микроэнергодисперсионного анализа исследованы структура и фазовый состав термически выращенного оксида, возникающего на границе раздела связующий слой NiAl - подложка Ti-6Al-4V» в процессе термических испытаний. Продемонстрировано влияние шероховатости подложки Ti-6Al-4V на характер растрескивания и коробления покрытий ZrO_2 , нанесенных на промежуточный слой NiAl при термоциклировании и термоударе.

Определены оптимальные значения толщины и содержания Al и Ni в связующем слое NiAl, обеспечивающие максимальное количество циклов до разрушения керамических покрытий ZrO_2 . Показано, что нанесение связующего слоя, содержащего 80% Ni и 20%Al в 10 раз увеличивает термическую стойкость покрытий ZrO_2 . Термоциклические испытания покрытий ZrO_2 , нанесенных на связующий слой NiAl, показали, что даже после 150 циклов нагрева–охлаждения не наблюдается каких-либо изменений микроструктуры ZrO_2 покрытий, их растрескивания или скалывания. Основной причиной увеличения термической стойкости ZrO_2 покрытий, нанесенных на связующий подслои NiAl, является формирование плотной пленки термически выращенного оксида алюминия на поверхности подслоя, которая препятствует диффузии кислорода к нижележащей титановой подложке. Это позволяет сохранить высокую адгезионную прочность покрытия и, соответственно, предотвратить его отслоение и скалывание.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00569.