

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

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

**X МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«Химия нефти и газа»**

Томск

Издательский Дом ТГУ

2018

1

DOI: 10.17223/9785946217408/28

**ВЛИЯНИЯ КРИВИЗНЫ ГРАНИЦЫ РАЗДЕЛА «ПОКРЫТИЕ-ПОДЛОЖКА» НА
ХАРАКТЕР РАЗРУШЕНИЯ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ YSZ**

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

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

В настоящее время огромный интерес проявляется к разработке технологии получения трехмерных металлических изделий методами селективного лазерного и электронно-лучевого сплавления. При использовании данных методов 3D-печати каждый последующий слой металла наносится поверх предыдущего, что обуславливает формирование развитой поверхности 3D-напечатанных изделий. Как следствие, при нанесении защитных, упрочняющих, износостойких, функциональных и др. покрытий шероховатость подложки приводит к неплоской геометрии границы раздела «покрытие-подложка». В условиях экстремальных внешних воздействий кривизна границы раздела «покрытие-подложка» является одним из ключевых факторов, определяющим напряженное состояние в покрытиях и в поверхностных слоях напечатанных изделий, что в значительной степени влияет на характер их разрушения и последующего скалывания. С одной стороны, неплоскостность границы раздела уменьшает скорость высвобождения энергии деформации при распространении трещины по границе раздела, а, следовательно, препятствует распространению продольной трещины в покрытии и предотвращает его отслоение при внешнем сжатии композита. С другой стороны, неплоскостность границы раздела приводит к появлению компонент напряжений, нормальных к границе раздела. Причем в зависимости от знака внешних приложенных напряжений и кривизны (выпуклость или вогнутость), нормальные напряжения будут растягивающими или сжимающими, а, следовательно, будут как усиливать, так и подавлять отслоение покрытий от подложки. В случае, когда 3D-напечатанные изделия эксплуатируются при повышенных температурах, криволинейная граница раздела «покрытие-подложка» будет оказывать влияние не только на характер зарождения и распространения трещин, но и на процессы рекристаллизации, спинодального распада, перераспределения легирующих элементов, образования новых фаз и т.п. Цель работы – исследование влияния кривизны границы раздела «покрытие YSZ – подложка Ti-6Al-4V» на характер разрушения керамических покрытий при механическом и термическом нагружениях.

В работе были исследованы 3D-напечатанные образцы из титановой проволоки Ti-6Al-4V, полученные при различных режимах электронно-лучевой плавки и характеризующиеся различной шероховатостью поверхности. Часть образцов подвергали сканирующей электронно-пучковой обработке, обеспечивающей существенное выглаживание их поверхности. Толщина теплозащитных покрытий YSZ, нанесенных методом электронно-лучевого испарения, составляла 150 мкм.

Путем анализа изображений плоской и боковой поверхности 3D-напечатанных образцов Ti-6Al-4V с покрытием YSZ, полученных при различных степенях их деформации в процессе одноосного растяжения, установлены закономерности растрескивания и скалывания керамических покрытий в зависимости от геометрии границы раздела. Продемонстрировано влияние кривизны границы раздела «покрытие YSZ – подложка Ti-6Al-4V» на термическую стойкость теплозащитных покрытий, подвергнутых циклическому нагреву до температуры 1000°C и последующему охлаждению на воздухе.

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