

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

DOI: 10.17223/9785946217408/124

**ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ
МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ БИОНИЧЕСКОГО
ДИЗАЙНА ИХ СТРУКТУРЫ**

Коноваленко И.С., Шилько Е.В.

Институт физики прочности и материаловедения, Томск, Россия

Эффективным способом повышения механических характеристик поверхностных слоев спеченных металлокерамических композиционных материалов является их наноструктурирование посредством высокоэнергетического импульсного электронно-пучкового облучения в плазме инертных газов. Помимо измельчения структурных элементов, оно приводит к формированию в поверхностных слоях градиента структуры и механических свойств по глубине.

Характерные размеры упрочняющих включений, их форма и распределение, механические характеристики компонентов в модифицированных поверхностных слоях зависят от используемого инертного газа и параметров облучения. Управляя ими, можно для конкретного композиционного материала реализовывать значительное количество комбинаций структуры и механических свойств. В то же время вклад каждого из ключевых параметров структуры поверхностных слоев не в полной мере изучен и требует отдельного параметрического анализа, что обусловило его проведение на основе численного моделирования.

Целью настоящей работы являлось компьютерное изучение влияния ключевых параметров внутренней структуры поверхностных слоев металлокерамических композитов, модифицированных электронно-пучковым облучением, на эффективные механические свойства поверхностных слоев, включая прочность и вязкость разрушения, а также на особенности деформации и разрушения. Исследования проведены на примере металлокерамического композита TiC-NiCr (50:50).

Результаты моделирования показали, что основными факторами, определяющими высокие механические свойства поверхностных слоев металлокерамических композитов, являются изменение формы и размеров керамических частиц, типа их упаковки, объемной концентрации, а также механических характеристик компонентов.

Показано, что изменение формы упрочняющих частиц и типа их упаковки при высокоэнергетической обработке поверхностных слоев качественно изменяет характер распределения сдвиговых напряжений от дисперсного к каркасному. Это обуславливает повышение вязкости разрушения, пределов текучести и прочности на величину до 15-20%. По результатам исследований определены размеры и соотношения размеров керамических частиц обеспечивающие оптимальное сочетание значений прочности и вязкости разрушения модифицированных поверхностных слоев.

Результаты моделирования показали большое влияние величины прочности керамических включений (отражающей степень их структурного совершенства) на предел упругости, коэффициент деформационного упрочнения, прочность и вязкость разрушения модифицированных поверхностных слоев. Так, возрастание прочности керамических включений приводит к увеличению прочности на сжатие модифицированного поверхностного слоя до 1,5 раз при одновременном возрастании протяженности стадии деформационного упрочнения в 2-3 раза. При этом имеет место кратное увеличение работы разрушения.

Важно отметить, что выявленные тенденции реализованы во многих природных материалах. Ярким примером таких материалов является раковина *Naliothis*.

В поперечном сечении этого природного композита, построенного по принципу «кирпича и раствора», прослеживается структура подобная полученной у металлокерамического композита. А именно, вытянутые сечения арагонитовых кирпичиков, соответствующие ориентированным столбчатым включениям TiC, а также тонкие органические слои между кирпичиками, соответствующие прослойкам связующего NiCr.

Секция 3. Проблемы компьютерного конструирования материалов с иерархической структурой

Более того, раковина и композит характеризуются сопоставимыми значениями концентрации керамической компоненты и соотношения толщин упрочняющих частиц и вязких прослоек.

Однозначно прослеживается аналогия механических свойств компонентов и механизмов повышения вязкости разрушения реализуемых в металлокерамическом композите и бионических материалах. Так, в обоих рассматриваемых материалах упрочняющие элементы почти не разрушаются, а большая часть повреждений и трещин при нагружении образуется и развивается в мягкой органической прослойке и на интерфейсах. Механизмами повышения энергии разрушения во всех случаях является «затупление» трещины в мягком материале прослоек, а также ее «отклонение» структурными элементами, в результате чего путь и энергия, требуемая для развития трещины, существенно увеличивается.

Результаты исследования показали широкие перспективы «бионического» компьютерного дизайна внутренней структуры поверхностных слоев металлокерамических композиционных материалов, основанного на заимствовании принципов организации внутренней структуры природных материалов с высокими прочностью и вязкостью разрушения.

Работа выполнена в рамках Программы III.23 фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013–2020 годы.