



ЧИСЛЕННОЕ ИЗУЧЕНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ДИССИПАЦИИ ЭНЕРГИИ В КЕРАМИЧЕСКОМ КОМПОЗИТЕ

Микушина В. А., Смолин И. Ю.

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, 2/4, Академический пр., Томск, 634055, Россия

Национальный исследовательский Томский государственный университет, 36, Ленина пр., Томск, 634050, Россия,

e-mail: miva@ispms.ru, smolin@ispms.ru

ВВЕДЕНИЕ

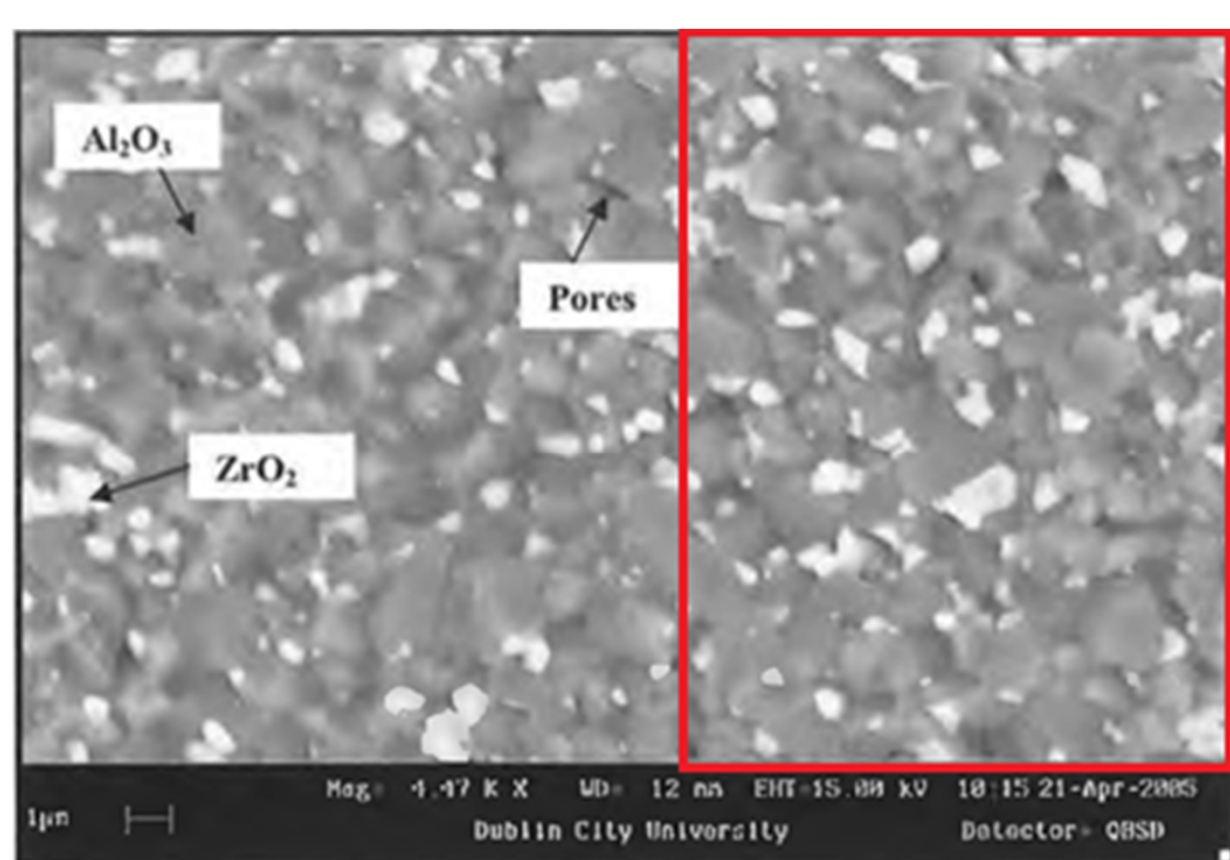
Одной из наиболее распространенных медицинских проблем является поражение костных тканей человека, связанное с патологическими заболеваниями, физическими травмами и т.д. Поэтому разработка новых материалов для создания имплантатов является актуальной задачей современного материаловедения. Одними из основных требований к таким материалам являются биосовместимость (отсутствие негативной реакции при взаимодействии с костными тканями человека) и хорошая механическая прочность. Таким требованиям отвечают керамические материалы, обладающие необходимым комплексом физических и химических свойств. В медицине используют пористые керамические материалы. Пористые материалы имеют неоднородную структуру. Для изучения механического поведения структурно-неоднородных материалов применяются как экспериментальные, так и численные методы.

Объектом исследования в настоящей работе является керамический композит с многоуровневой структурой «оксид алюминия – диоксид циркония». Хорошо известно, что добавление нестабилизированного циркония к оксиду алюминия приводит к повышению вязкости разрушения, а, следовательно, и улучшению прочностных свойств. Поэтому такой тип керамических композитов вызывает особый интерес.

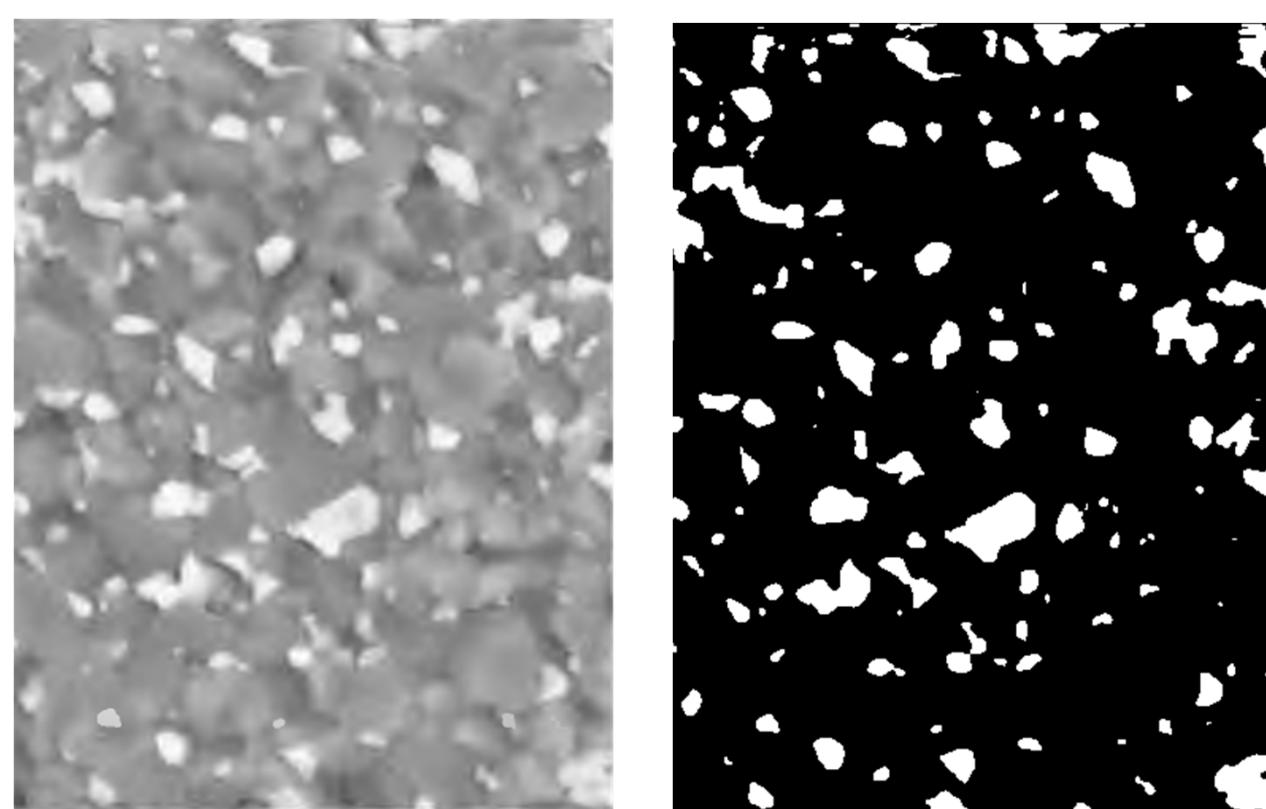
ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе выполнено численное исследование диссипативных процессов при деформации и повреждении пористого керамического композита «оксид алюминия – диоксид циркония». Был рассмотрен фрагмент композита из работы¹, полученный путем SEM изображения, сделанного с керамического образца. Данную структуру использовали в качестве компьютерной модели. Керамический образец имеет многоуровневую структуру (присутствие пор, частиц циркония и матрица из оксида алюминия) (рис.1 а). Поэтому для учета этой структуры в качестве свойств компонент были заданы следующие свойства: матрица – пористая керамика на основе оксида алюминия, включения – керамика на основе диоксида циркония (табл. 1).

¹Alsebaie A M 2005 *Characterisation of Alumina-Zirconia Composites Produced By Micron-Sized Powders*. M. Eng. Thesis (Dublin: Dublin City University) p 115



(а) SEM изображение керамического композита



(б) Выбранная область SEM изображения (в) Компьютерная модель композита

Рисунок 1. Структурная модель пористого композита «оксид алюминия – диоксид циркония»

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, проект III.23.2.12 и при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ.

Таблица 1. Механические и физические свойства компонент керамического композита

Материал	Плотность ρ , г/см ³	Когезия Y , МПа	Модуль сдвига G , ГПа	Модуль объемного сжатия K , ГПа	Коэффициент внутреннего трения α
Al ₂ O ₃	3.98	600	160	346	0.13
ZrO ₂	5.7	300	66.5	143.3	0.13

Моделирование проводилось в двумерной постановке в условиях одноосного сжатия. Процессы деформации и разрушения исследуемого композита моделировались с использованием определяющих соотношений изотропной упруго-хрупкой повреждаемой среды. Используемые определяющие уравнения учитывали накопление повреждений, которые вызывают деградацию упругих модулей. Для описания процесса разрушения использовались два локальных критерия разрушения по предельным значениям: 1) поврежденности и 2) растягивающего (отрицательного) давления.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

В ходе выполнения численного моделирования были проанализированы картины разрушения в пористом керамическом композите с многоуровневой структурой при сжатии на различных этапах деформирования (рис. 2) и макроскопическая σ - ϵ диаграмма, а также изучено изменение энергии с ростом деформации образца (рис. 3).

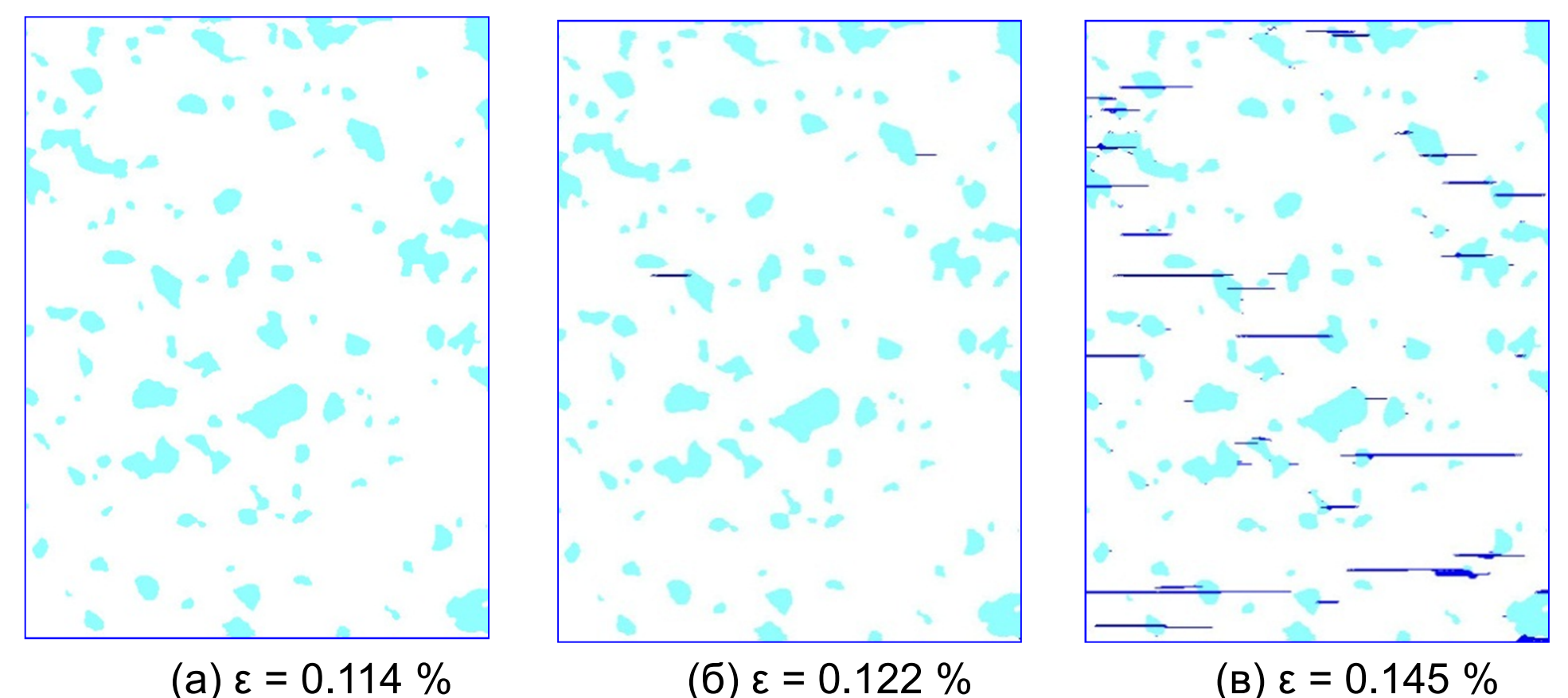


Рисунок 2. Картины разрушения керамического композита при различных значениях деформации

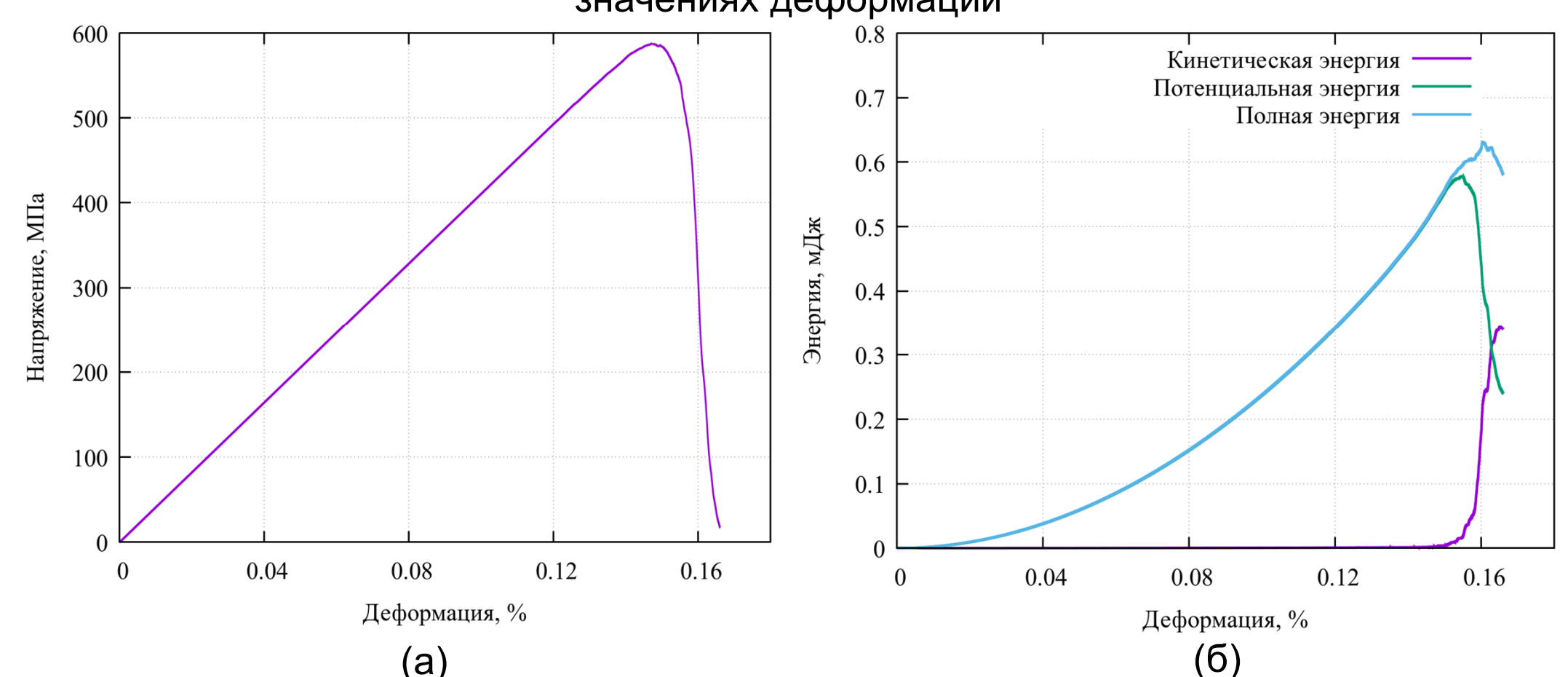


Рисунок 3. Кривая деформирования (а) и изменение энергии с ростом деформации (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ полученных результатов показал, что с ростом микроповреждений в исследуемом образце происходит увеличение кинетической энергии, а потенциальная энергия замедляет свой рост и затем начинает стремительно падать. При развитии массового разрушения начинает уменьшаться и полная энергия системы. Микроповреждения начинают зарождаться в менее прочной матрице композита вблизи границ раздела матрица-включение. С ростом деформации повреждения накапливаются не только в матрице, но и во включениях композита, формируя трещины направленные вдоль оси нагружения. Такое распространение трещин сопровождается ростом кинетической энергии образца.