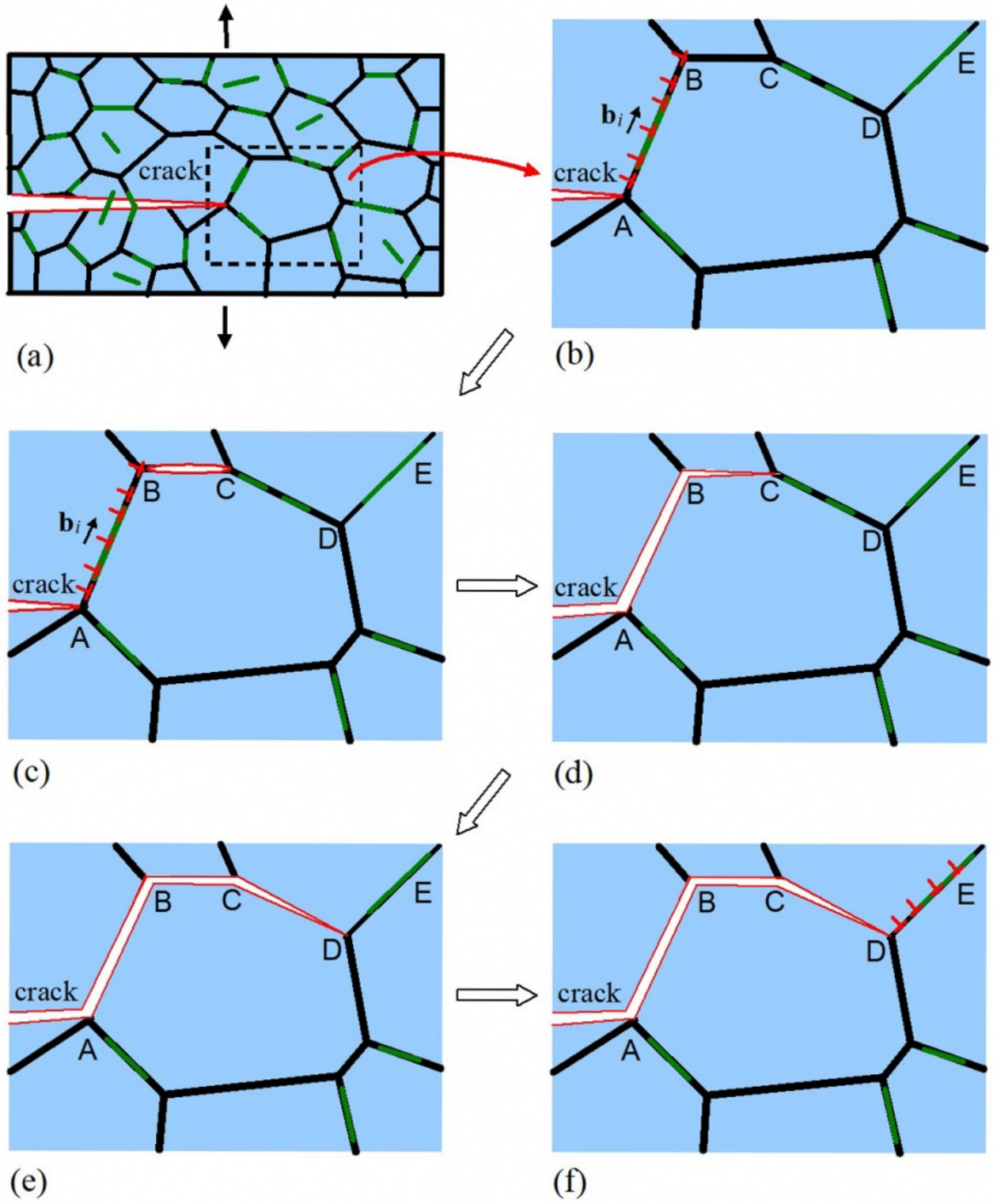
Ученые Политеха нашли способ разрабатывать трещиностойкие материалы

Физики и материаловеды из Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого выяснили, в какой структуре наноматериалов из керамики и пластин графена чаще образуются трещины. Результаты первого испытания модели, которая описывает найденную закономерность, опубликованы в журнале “Mechanics of Materials”. Это открытие поможет создавать материалы, стойкие к образованию трещин. Исследование поддержано грантом Российского научного фонда.

Графен – самая легкая и прочная из известных модификаций углерода, кроме того обладающая высокой электропроводимостью. Благодаря этим свойствам графен часто включают в состав новых материалов на основе керамики. Сама по себе керамика устойчива к высоким температурам, а с добавлением углеродной модификации композиты получаются многофункциональными. В перспективе их можно применять в производстве гибких электронных устройств, сенсоров, в строительстве и авиации.

Из многочисленных экспериментальных исследований таких композитов

известно, что их механические свойства определяются долей графена в составе и размерами графеновых пластин, распределенных в керамической матрице. Например, при низких концентрациях графена высокую трещиностойкость материала обеспечивают длинные пластины. Однако в одном из недавних экспериментов по синтезу материалов из алюмооксидной керамики и графена был показан противоположный эффект: чем больше размер пластин, тем ниже оказывалась трещиностойкость. Исследователи из нескольких вузов и научных центров Санкт-Петербурга разработали теоретическую модель для объяснения этого парадокса.



Специалисты Центра НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» предположили, что образование в композитах трещин связано с границами так называемых зерен керамики – микроскопических кристаллов, из которых состоит материал. Графеновые пластинки в композитах могут располагаться как на границах зерен, так и внутри них. При растяжении

нанокристаллического материала зёрна скользят относительно друг друга, и трещины распространяются по их границам. Почему же в одних случаях включения графена тормозят этот процесс, а в других – нет? Чтобы найти ответ, авторы построили математическую модель, учитывающую нагрузку при растяжении, силу трения, показатели упругости материала, а также отношение размеров зерен и графеновых пластинок. С помощью модели ученые рассчитали для трех разных композитов критические значения коэффициента интенсивности напряжений. При превышении этих значений в материале распространяются трещины. Композиты отличались размерами зерна керамики (от 1,23 до 1,58 микрометра), а также длиной (от 193 до 1070 нанометров) и шириной (от 109 до 545 нанометров) графеновых пластинок.

Выяснилось, что чем ближе длина графеновой пластины к длине границы зерен, тем ниже критическое значение коэффициента интенсивности напряжений. Разница значений для разных материалов достигает 20%. Это совпало с опубликованными ранее экспериментальными данными: именно при близких друг к другу размерах границы зерна и графеновой пластины трещиностойкость материала падала. Получается, чтобы материал был достаточно прочным, графеновые пластины должны быть существенно меньше, чем керамические зёрна.

«Найденная закономерность справедлива для мелкозернистой керамики, а ведь именно за счет уменьшения размера зерна создатели новых керамических композитов расширяют их функциональность, – поясняет заведующий научно-исследовательской лабораторией «Механика новых наноматериалов» Центра НТИ СПбПУ доктор физико-математических наук Александр ШЕЙНЕРМАН. – *При этом эффекты от измельчения зерен могут быть противоречивыми, например твердость повышается, но материал становится более хрупким. Наша модель поможет подбирать соотношения размеров графеновых пластин и зерен керамики, обеспечивающие лучшие механические и функциональные свойства»*.

Дата публикации: 2019.10.03

>>Перейти к новости

>>Перейти ко всем новостям