

wormhole size so that the maximum size corresponded to the minimum strength. The main crack is opened from the top side of the sample just above the defect and after that sample loses its resistance to fracture by a factor of 2.

Samples which had only a chain of voids as a defect show similar type of fracture yet their strength was higher as compared to those with wormholes.

Those samples which contained only the remnant joint line had different type of fracturing i.e, crack has been developing along this line from the root side of the joint thus forming rather smooth fracture surface. The lowest strength was found for a sample with well-developed remnant joint line decorated by aluminum oxide particles intermixed. The highest strength has been shown by the sample where this remnant joint line was less pronounced and almost clear of the oxides.

So we observed different types of fracture behavior depending on the type and size of the FSW joint defect. This would allow working out the FSW standards and determining the allowable size of the both types defects.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ СТЕКЛА ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ СОУДАРЕНИИ МЕТОДОМ ГЛАДКИХ ЧАСТИЦ

Черепанов Р.О., Герасимов А.В.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия
rcherepanov82@gmail.com, ger@niipmm.tsu.ru*

В работе предлагается подход к моделированию процессов разрушения тонкостенных конструкций из хрупких материалов, в частности, стекла, при соударении с частицами со скоростями до 3 км/с, например, при воздействии относительно медленных микрометеоритов на солнечные элементы космических аппаратов. При таких скоростях соударения экспериментально наблюдается активное трещинообразование и фрагментация материала в зоне удара с образованием кратера со стороны удара и воронкообразной зоны откола с тыльной поверхности.

Применение сеточных методов при решении задач фрагментации и разрушения хрупких материалов сопряжено с рядом трудностей, вызванных большими искажениями расчетной сетки. С этих позиций очень перспективным выглядит применение бессеточных методов, таких как метод гладких частиц. К недостаткам метода гладких частиц можно отнести сложность реализации граничных условий, особенно в многомерных задачах. Вторым недостатком многих вариантов метода гладких частиц является низкая точность аппроксимации. Однако, его безусловным достоинством является простота реализации и возможность моделирования больших деформаций и разрушения.

В работе предлагается вариант метода гладких частиц, основанный на слабой вариационной постановке динамической задачи механики

4. Проблемы компьютерного конструирования материалов с иерархической структурой

сплошных сред, дополненный алгоритмом восстановления узловой согласованности и обеспечения гарантированной точности аппроксимации.

Переход к вариационной постановке задачи позволил убрать трудности, связанные с реализацией граничных условий и необходимостью вычисления пространственных производных от напряжений на свободных поверхностях и границах контакта.

Проверка точности метода осуществлялась на решении тестовых задач и по выполнению законов сохранения и показала его высокую точность.

Предлагаемый метод был использован для расчета удара и пробития тонких стеклянных пластин мелкими метеоритными частицами. Поведение стекла описывалось двумя моделями: моделью идеального хрупкого материала и моделью Холмквиста-Джонсона-II. Использование модели Джонсона-Холмквиста-II обусловлено тем, что в рассматриваемом процессе происходит не только откольное разрушение хрупкого материала при выходе ударных волн на поверхность, но и разрушение сжатого материала на фронте ударной волны, при этом эффекты фрагментации выражены крайне слабо, хотя имеют место большие деформации.

В работе приводятся результаты численных расчетов, сравнение использованных моделей и их отличия, а также сравнение с некоторыми результатами других авторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант № 13-08-00092.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ДЛЯ РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ В ИЕРАРХИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ С НЕСКОЛЬКИМИ МАСШТАБНЫМИ УРОВНЯМИ

Черепанов Р.О.¹, Кректулева Р.А.², Черепанов О.И.³

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Россия,

²Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,

³Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Россия
rcherepanov82@gmail.com, rakrekt@mail.ru, oi_cherepanov@mail.ru

Многоуровневый подход рассматривает развитие пластической деформации во всей иерархии уровней: нано-, микро-, мезо- и макро. Характерные размеры объектов при этом могут изменяться на несколько порядков, что может вызвать существенные трудности при прямом численном моделировании многоуровневых иерархических структур.

В данной работе предлагается вычислительный подход, позволяющий в явном виде учесть несколько структурных уровней, характерные размеры которых могут отличаться на несколько порядков.

Основой метода являются вариационное уравнение теории пластичности, которое имеют вид: