Моделирование разрушения полимерных материалов под действием интенсивных потоков энергии

В.А. Гасилов1, А.С. Ермаков2, О.Г. Ольховская1, И.Б. Петров2

1Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН, г. Москва, Россия   
2Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская область,  
 Россия

Результаты моделирования процесса разрушения полимерных материалов могут быть использованы для исследования их поведения при энергетических воздействиях, верификации моделей объёмного разрушения хрупких материалов и валидации широкодиапазонных уравнений состояния.

Рассматривалось воздействие лазерного излучения и мощного пучка электронов на образ-цы из оргстекла и полистерола. Расчетные данные сравнивались с теоретическими оценками и с экспериментальными данными НИЦ "Курчатовский институт" [1]. Гидродинамическое моделирование нагрева и разрушения материала выполнялось с широкодиапазонными урав-нениями состояния на основе полуэмпирической модели QEOS [2] для описания жидкой и твердой фазы вещества при низких температурах с Максвелловской конструкцией. На осно-вании расчетов средствами пакета MARPLE3D [3] была оценена скорость разлета плазмы с облучаемой поверхности, масса испаренного вещества и импульс механического давления в образце. Получена характерная область разрушения на передней поверхности образца, выз-ванная высокотемпературным воздействием. Для моделирования хрупкого разрушения в образце использовался критерий наибольшего главного напряжения и однобереговая модель трещин Майнчена-Сака. Исходное воздействие моделировалось заданием при помощи нача-льного и граничного условий эквивалентного импульса, рассчитанного на первом этапе. Задача решалась численно при помощи сеточно-характеристического метода [4]. В результа-те численного моделирования получены две характерные области разрушения: разрушенная область в форме «цветка» в объёме и область тыльного откола. Характерные размеры разрушенных областей хорошо согласуются с экспериментом. Следует отметить, что в данной задаче механизм возникновения разрушения в объёме, вызванного взаимодействием сходящихся сферических волн, является принципиально трёхмерным. Варьирование прочностных характеристик материала ведёт к заметному изменению размеров разрушенной области. Таким образом, после верификации модели на экспериментальных данных, ее можно будет использовать для анализа прочности конструкций.

Работа частично поддержана грантами РФФИ 14-01-00678 а и 15-01-06195 а.

Расчеты выполнялись на суперкомпьютерах МВС-100К (МСЦ РАН), Ломоносов (НИВЦ МГУ) и К-100 (ИПМ им. М. В. Келдыша РАН).

Литература

1. Ананьев С.С. и др. Экспериментальное исследование динамики диодной плазмы при взаимодействии РЭП с полимерными материалами.//XLII Международная Звенигородская конференция по физике плазмы и УТС. Сборник тезисов докладов – М.: ЗАО НТЦ «ПЛАЗМАИОФАН», 2015 г ., С. 187.
2. Никифоров А.Ф., Новиков В.Г., Уваров В.Б. Квантово-статистические модели высокотемпературной плазмы. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000.
3. Гасилов B.A. и др. Пакет прикладных программ MARPLE3D для моделирования на высокопроизводительных ЭВМ импульсной магнитоускоренной плазмы. - Математическое моделирование, 2012, [том 24,](http://www.mathnet.ru/php/archive.phtml?wshow=contents&option_lang=rus&jrnid=mm&vl=24&yl=2012&series=0#showvolume) [номер 1,](http://www.mathnet.ru/php/contents.phtml?wshow=issue&jrnid=mm&year=2012&volume=24&issue=1&series=0&option_lang=rus) С. 55–87.
4. Петров И.Б. и др. Сеточно-характеристический комбинированный метод для численного решения динамических пространственных упругопластических задач. // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2014. – Т. 54, № 7. – С. 1203–1217.