

УДК 539.3:539.42

DOI: 10.17223/00213411/64/5/44

*П.А. РАДЧЕНКО, С.П. БАТУЕВ, А.В. РАДЧЕНКО***ВЛИЯНИЕ ФОРМЫ УДАРНИКА ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ НА ЕГО РАЗРУШЕНИЕ ПРИ ВЫСОКИХ СКОРОСТЯХ ДЕФОРМАЦИИ ***

Исследуется разрушение высокопрочных ударников при взаимодействии со стальной преградой. Рассмотрено три типа головных частей ударника: плоская, полусферическая и оживальная. Изучено нормальное и косое взаимодействие со скоростями 700 и 1000 м/с. Моделирование проводилось методом конечных элементов в трехмерной постановке с использованием авторского программного комплекса EFES 2.0. В качестве критерия разрушения применяется предельная величина интенсивности пластических деформаций. Исследовано влияние формы головной части ударника, скорости удара, угла взаимодействия на разрушение ударника и преграды. Найдены условия, при которых происходит рикошет ударника.

Ключевые слова: ударник, преграда, разрушение, модель, деформация, ударная волна, рикошет.

Введение

Исследованию механизмов разрушения материалов при высокоскоростной деформации посвящено большое количество работ. На этот процесс влияет множество факторов. Так, кроме физико-механических свойств материалов, существенную роль играют кинематические и геометрические параметры процесса, такие, как скорость взаимодействия и форма взаимодействующих тел. При одних и тех же скоростях удара форма взаимодействующих тел может оказывать существенное влияние на их разрушение, так как от соотношения геометрических параметров зависит динамика ударно-волновых процессов, которая при высокоскоростных нагрузках зачастую определяет разрушение материала. В зависимости от геометрии ударника и преграды возможно развитие трещины, направленной перпендикулярно направлению удара, что вызывает откольное разрушение, или приводит к формированию зон интенсивных сдвигов, локализованных по периметру ударника. Это ведет к перфорации преграды по типу выбивания пробки.

На интенсификацию исследований свойств материалов при высокоскоростной деформации повлиял прогресс в материаловедении, поскольку появились технологии, позволяющие получать материалы с повышенными свойствами. Использование таких материалов в конструкциях, испытывающих экстремальные динамические нагрузки, позволяет оптимизировать их по многим параметрам, включая вес или прочностные характеристики. Основным методом изучения свойств материалов в условиях высокоскоростной деформации являются экспериментальные исследования ударного взаимодействия. Ранее, в основном, исследовалось взаимодействие ударников небольшого удлинения $L/D < 2$ (L , D – длина и диаметр ударника соответственно) в форме сферы или цилиндра с различной формой головной части. По данным эксперимента вводились упрощенные инженерные аналитические зависимости, которые позволяли проводить быструю оценку результатов ударного взаимодействия [1–4]. Однако такие методики дают лишь приближенную оценку ударного взаимодействия и не учитывают определяющий вклад таких факторов, как волновые процессы, развитие разрушения во времени, влияние структурных параметров и т.п. Исследования повреждения материалов в условиях удара свидетельствуют о том, что с изменением условий взаимодействия меняются механизмы разрушения. Эксперименты показывают, что в ряде случаев разрушение определяется комбинацией нескольких механизмов. Однако в экспериментах не удается проследить последовательность, время действия и вклад различных механизмов разрушения. Кроме того, разрушение на начальных стадиях процесса не всегда можно идентифицировать при анализе итогового повреждения материалов.

В этих условиях особую актуальность в изучении ударного взаимодействия приобретает численное моделирование. Вычислительный эксперимент по сравнению с физическим имеет ряд преимуществ. Он позволяет получить информацию о полях напряжений, скоростей, характере разрушения материала на различных стадиях процесса. Кроме того, вычислительный эксперимент зна-

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0002.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>