

МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНО-ВОЛНОВЫХ ЭФФЕКТОВ В МЕТАЛЛАХ НА ОСНОВЕ РЕЛАКСАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ДИСЛОКАЦИОННОЙ КИНЕТИКОЙ ПЛАСТИЧЕСКИХ СДВИГОВ*

П.В. Макаров, А.Ю. Перышкин

Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, Россия

В области слабых ударных волн (до поглощения ударной волной упругих предвестников) численно изучены эффекты ударно-волнового деформирования сплавов алюминия и бериллия на основе релаксационной модели с дислокационной кинетикой пластических сдвигов. Смоделирована структура как нестационарных, так и стационарных ударно-волновых профилей. Исследовано пластическое течение за фронтом упругих предвестников непосредственно во фронте слабой ударной волны.

Ключевые слова: *слабая ударная волна, кинетика дислокаций, структура фронта, упругий предвестник, затухание.*

Введение

Систематическое экспериментальное и теоретическое изучение эффектов упругопластического деформирования металлов в ударных волнах имеет более чем полувековую историю и остается актуальным в настоящее время по следующим причинам: 1) так как процесс ударно-волнового нагружения развивается в строго контролируемых условиях по амплитудам, степеням пластической деформации, массовым скоростям частиц, скоростям общей и пластической составляющей деформаций, ударно-волновые экспериментальные методики дают уникальную информацию для установления фундаментальных физических механизмов высокоскоростной пластической деформации; 2) так как скорости деформирования и скорости релаксации напряжений в ударных волнах становятся сопоставимыми, релаксационные процессы в ударных волнах проявляются особенно ярко; это обстоятельство позволяет изучить развитие релаксационных процессов как в связи с развитием степени деформации во фронтах волны, так и в связи с эволюцией дефектной структуры материала и процессами ее самоорганизации в ходе нагружения; 3) в связи с большим разнообразием прикладных проблем (бронепластика, сварка взрывом, взрывная обработка металлов, проблемы защиты взрывоопасных производств и т.д.).

Цели настоящей работы следующие: 1) построить релаксационные определяющие уравнения с дислокационной кинетикой для скорости пластических сдвигов для металлов, подвергнутых ударно-волновому воздействию; 2) описать ударно-волновое деформирование металлов как существенно неравновесный процесс, изменяющий прочностные и вязкопластические характеристики материала, а также его внутреннюю дефектную структуру; 3) развить физическую теорию и математическую модель, описывающую основные эффекты релаксации напряжений и сдвиговой прочности металлов при их ударно-волновом нагружении: релаксацию упругих предвестников, релаксацию напряжений в ударном фронте и волне разрежения, потерю сдвиговой прочности и ее восстановление за фронтом ударной волны в связи с эволюцией дефектной структуры материала и ее самоорганизацией в процессе деформирования.

Метод решения поставленных задач – численное воспроизведение модельных экспериментов с плоскими ударными волнами с привлечением независимых данных, в которых изучалась микроструктура ударно-нагружаемых материалов.

1. Эффекты ударно-волнового нагружения в слабых ударных волнах

В экспериментах с плоской ударной волной во фронте волны реализуется одномерное течение. На рис. 1 приведена одна из наиболее часто применяемых схем экспериментов. С помощью лазерного интерферометра в экспериментах через прозрачное окно записывается массовая скорость. Именно для такой многослойной системы и проводится расчет течения в ударной волне. Так как ударные адиабаты многих веществ получены с высокой степенью точности, то представляется возможность с высокой точностью наложить расчетный волновой профиль на соответст-

* Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, тема № 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>