

УДК 539.182

В.В. ПРУТ^{1,2}

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРА ГРЮНАЙЗЕНА В УДАРНОЙ ВОЛНЕ

Моделировалась функция Грюнайзена от плотности и температуры по экспериментальным зависимостям ударной адиабаты, изоэнтропы и значению параметра Грюнайзена при нормальной плотности. Приведены вычисления функции для золота и серебра в широком диапазоне параметров. Функция сравнивается с результатами известных работ. Подчеркивается, что предложенный метод отличается от ранее опубликованных результатов отсутствием обосновательных предположений. Построены аппроксимации холодного уравнения состояния, скорости ударной волны от массовой скорости во всем диапазоне параметров и параметра Грюнайзена.

Ключевые слова: уравнение состояния, ударная адиабата, высокие давления, параметр Грюнайзена.

Введение

Параметр Грюнайзена устанавливает связь между тепловым давлением и плотностью тепловой энергии и является одним из основополагающих термодинамических параметров в проблеме уравнения состояния твердого тела. Описание твердых тел в экстремальных условиях, например в ядрах планет или в атомных взрывах, требует адекватного определения параметра Грюнайзена. Установление функции Грюнайзена – зависимости параметра Грюнайзена как функции объема и температуры – является важной фундаментальной и прикладной проблемой. Поиску этой зависимости посвящены сотни публикаций, однако решения проблемы нет, хотя при этом использовались самые разнообразные методы: от сугубо эмпирических до квантово-механических расчетов.

Постановка задачи

Адиабата Гюгонио содержит две неизвестные функции: $P(V)$ – холодное давление и $\Gamma(V, T)$ – параметр, или функция Грюнайзена. При небольших сжатиях принимается $\Gamma(V) \approx \Gamma(V, T)$. Поэтому при определении уравнения состояния по ударной адиабате есть три варианта: 1) задается функция $\Gamma(V)$ и определяется $P(V)$; 2) задается функция $P(V)$ и определяется $\Gamma(V)$; 3) задается зависимость между $\Gamma(V)$ и $P(V)$ и определяются обе функции одновременно. Анализ показывает, что сделанные предположения во всех опубликованных работах, использующих эти варианты, не вполне адекватны и соответственно результаты не вполне корректны.

Поэтому здесь предлагается вычислительная процедура, в которой задаются ударная адиабата, функция $P(V)$ (изоэнтропическая или изотермическая), согласованная со статическими измерениями, параметр Грюнайзена при нормальных условиях и определяется $\Gamma(V, T_w)$, где T_w – температура в ударной волне. Затем производится перерасчет $\Gamma(V, T_w)$ к холодной составляющей $\gamma(V) = \Gamma(V, 0)$.

Уравнение состояния

В приближении Ми – Грюнайзена

$$E = E_x + E_t, \quad P = P_x + P_t, \quad P_t = \Gamma E_t / V, \quad (1)$$

где E_x, E_t, E – холодная (при $T=0$), тепловая и полная энергия; P_x, P_t, P – холодное, тепловое и полное давление; V – удельный объем, $x = V/V_1$, нижний индекс 1 соответствует начальному состоянию. Уравнение Ми – Грюнайзена предполагает линейную зависимость теплового давления от тепловой энергии. Из уравнения (1) и уравнения энергии для ударной волны $E_H - E_1 = (P_H + P_1)(V_1 - V_H)/2$ следует ударная адиабата $P_H(V)$ [1]

$$P_H = \frac{P_x - \Gamma/V(E_x - E_1)}{1 - \Gamma/2(V_1/V - 1)}. \quad (2)$$

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>