

ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО СЖАТИЯ ТВЕРДОГО ВОДОРОДА

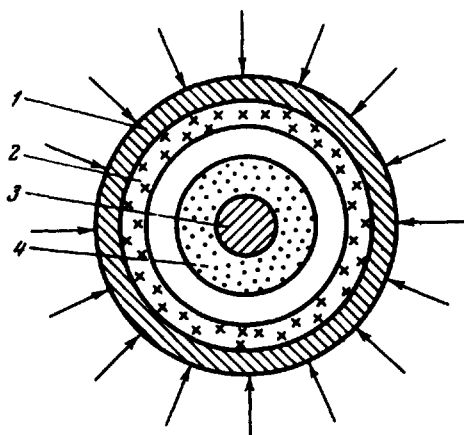
Л. В. Альтшулер, Е. А. Дынин, В. А. Свидицкий

Развитие физики высоких давлений, вызванное созданием динамических методов [1, 2] сопровождалось одновременным проникновением в область высоких температур, особенно значительных при ударном сжатии пористых тел. Диапазоны $P-T$ диаграммы, расположенные в непосредственной близости от оси давлений, для динамических методов оставались недоступными. Вместе с тем их экспериментальное освоение имеет большое значение для разработки многих вопросов физики твердого тела и, прежде всего, для проблемы металлизации молекулярного водорода [3 - 6] и других диэлектриков. Несмотря на получение в [7] уникальной информации о сжимаемости водорода из газового состояния, проблема определения давлений металлизации и кривой сжатия его молекулярной фазы остается актуальной.

Приложение ударных давлений вызывает, как известно, увеличение температуры и энтропии среды. Однако, при осуществлении специальных режимов взрывного нагружения, не приводящих к формированию сильных разрывов, динамические методы могут быть эффективно использованы для сильного низкотемпературного сжатия и определения в этих условиях сжимаемости вещества, его проводимости и фазовых превращений в металлическое состояние. Согласно [8, 2] при некотором заданном режиме ускоренного смещения поверхности в нагружаемой среде возникает центрированная волна сжатия. Ее полюс лежит на глубине $x_0 = 2c_0^2 / [(k+1)g_0] \cdot (c_0 - \text{начальная скорость звука в среде с политропическим уравнением состояния, } k - \text{показатель политропы, } g_0 - \text{начальное ускорение поверхности})$ на тангенциальном разрыве, разделяющем области низкотемпературного изэнтропического и высокотемпературного ударного сжатия.

Область полной изэнтропичности, без образования полюса, возникает и при других режимах немгновенного нагружения. В частности, она образуется при взрыве заряда, отделенного от поверхности образца пустым промежутком (в [9, 10] этот эффект был использован для уменьшения в динамических измерениях нагрева ударников и создания столообразного профиля ударной волны) и при двухстороннем сжатии тонких слоев разлетающимися продуктами взрыва. На современных взрывчатых веществах этим путем могут быть достигнуты давления изэнтропического сжатия близкие к 600 кбар. Дальнейшее увеличение изэнтропических давлений требует применения цилиндрических систем (рисунок). Их основными элементами являются: металлическая оболочка (1), разгоняемая продуктами взрыва в направлении к оси цилиндра, легкий слой (2), переходящий за фронтом ударной волны в газообразное состояние, центральный медный стержень (3), выполняющий роль холодопровода, охлаждающего окружающий его концентрический слой (4) из твердого водорода или другого вещества до гелиевых темпера-

тур. На первом этапе процесса изэнтропическое сжатие осуществляется разлетающимися к центру газовыми потоками. На последующих стадиях давление возрастает в результате схождения цилиндрической оболочки.



Распространение ударной волны через прокладку из исследуемого вещества, помещенную в среду с большей динамической жесткостью (большим значением $\rho_0 c_0$) приводит к ее квазиизэнтропическому сжатию. Конечные давления достигаются в прокладке в результате многократной циркуляции ударных волн. При отношении динамических жесткостей равно m прирост энтропии в подобной системе уменьшается по оценкам по сравнению с ударным сжатием до тех же давлений не менее чем в $4/(3m^2 + 1)$ раз. Аналогичная ситуация возникает при сжатии легкого слоя летящими навстречу друг другу тяжелыми пластинками. Авторами была численно решена задача сжатия слоя твердого водорода двумя медными пластинами, летящими со скоростью 2 км/сек . В подобной системе при конечном давлении в 1180 кбар амплитуда первой ударной волны в водороде составляет 8 кбар , второй — 32 кбар , третьей и четвертой 64 и 125 кбар соответственно. Дальнейшее повышение давлений до максимального осуществляется волнами быстро уменьшающейся амплитуды. Доля теплового давления в конечной стадии сжатия не превышает 4% . Еще большее приближение к изэнтропическому процессу обеспечивается системой из нескольких прокладок, последовательно уменьшающих амплитуды циркулирующих ударных волн.

По сравнению с магнитным сжатием [11], основанном на идее магнитной кумуляции [12] предлагаемые методы более просты в реализации и из-за отсутствия сильных электромагнитных полей более удобны для электрических регистраций проводимости. Последнее обстоятельство особенно существенно для определения давлений металлизации водорода.

Авторы признательны А.С.Грибову и П.А.Ямпольскому за ценные дискуссии.

Литература

- [1] Л.В.Альтшулер. УФН, 85, 197, 1965.
 - [2] Я.Б.Зельдович. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М., 1953.
 - [3] E. Wigner, H. V. Huntington . J. Chem. Phys., 3, 764, 1935.
 - [4] А.А.Абрикосов. 'Астрономический журнал', 31, 112, 1954.
 - [5] В.Н.Трубицын. ФТТ, 8, 862, 1965.
 - [6] Е.Г.Бровман, Ю.Каган, А.Холас. ЖЭТФ, 62, 1492, 1972.
 - [7] Ф.В.Григорьев, С.Б.Кормер, О.Л.Михайлова, А.П.Толочко, В.Д.Урлин. Письма в ЖЭТФ, 16, 286, 1972.
 - [8] К.П.Станюкович. 'Неустановившиеся движения сплошной среды, М., 1955.
 - [9] Л.В.Альтшулер, А.А.Баканова, Р.Ф.Трунин. ЖЭТФ, 62, 91, 1962.
 - [10] Л.В.Альтшулер, М.Н.Павловский, Л.В.Кулешова, Г.В.Симаков. ФТТ, 5, 279, 1963.
 - [11] E. Gross. Science News, 97, 623, 1970.
 - [12] А.Д.Сахаров. УФН, 88, 725, 1966.
-