

что их линейная дисперсия по массе определяется только углом отклонения ионов и не зависит от линейных размеров магнита, вследствие чего дисперсия может быть очень большой даже при небольших отклоняющих магнитах.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] К е л ь м а н В.М., К а р е ц к а я С.П., Ф е д у л и -
н а Л.В., Я к у ш е в Е.М. Электронно-оптические элементы
призменных спектрометров заряженных частиц. Алма-Ата:
Наука КазССР, 1979. 232 с.
- [2] П е т р о в И.А. // ЖТФ. 1975. Т. 45. № 10. С. 2203-
2208.

Поступило в Редакцию
12 февраля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 8 26 апреля 1990 г.
05.1; 05.3; 12

© 1990

КОРРЕЛЯЦИЯ ДИАГРАММЫ СОСТОЯНИЙ С КРИТИЧЕСКИМ ДАВЛЕНИЕМ ВЗРЫВНЫХ ЭФФЕКТОВ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ *Ge-Se* ПРИ СИЛЬНОМ СЖАТИИ

В.П. Х а н, Е.Г. Ф а т е е в

С тех пор, как Бриджмен [1] обнаружил взрывообразные явления в твердых телах при сильном одноосном сжатии, еще не устоялись представления о механизме этих процессов. Однако известно, что критическое давление взрывных эффектов зависит от рода вещества, величины и скорости деформаций сжатия, геометрии образца, жесткости наковалем и др. [2, 3]. В существующих интерпретациях явления допускается, что при одноосном сжатии (изотермический процесс) вещества появляется сильное механическое поле (порожденное ударной волной), приводящее твердое тело в состояние сильной проницаемости, когда все процессы протекают без энергии активации. Данное предположение не объясняет связь критических параметров давления и объема тела, при которых протекает взрывообразный эффект. В работе [4] остановлено внимание на механизме протекания критических явлений, в основе которого лежат возможные при одноосном сжатии структурные превращения (полиморфные и фазовые переходы) с образованием зародышей новой фазы с отличной от исходного вещества плотностью. Изменение плотности в локальных объемах тела приводит к общему быстрому (за $\sim 10^{-5}$ - 10^{-7} с) адиабатическому сжатию твердого тела (аналог

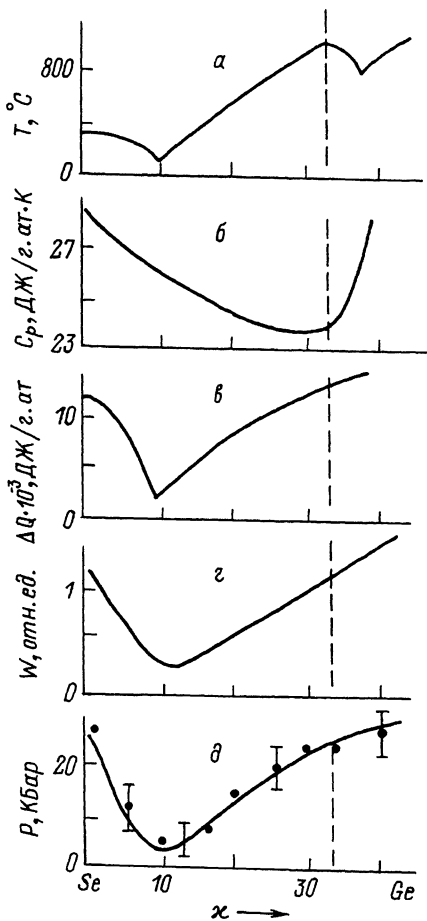
«коллпаса») с выделением в системе энергии, преимущественно являющейся тепловой из-за необратимости процесса. Мощное энерговыделение во всем объеме тела, сопровождаясь ударными волнами, приводит к локальному разложению и плавлению отдельных фаз в теле, переходя в гидродинамический режим деформации (ГРД). Рассматривая ГРД как „кинетический фазовый переход“ в неравновесной термодинамической системе, отметим очевидную связь кинетики перехода с природой вещества и его энергетического состояния [5]. Если сжимается смесь веществ, то процесс может осложняться возбуждением структурно-химических реакций взрывного типа. Здесь требуется четкое разделение на механизм, приводящий к ГРД, и на механизм возбуждения химических реакций взрывного типа, ибо к последнему может приводить и обычное ударноволновое нагружение. В то же время и ГРД между наковальнями может приводить к взрывообразному выбросу вещества из-под них. Тем не менее, совокупный взрывообразный эффект инициируется импульсным энерговыделением при „коллпесе“. В [4] найден приближенный критерий, устанавливающий связь между толщиной и давлением в образце, при которых возможен эффект

$$(h-h_0)^{1/2} (PS)^{3/2} \approx W \left(\frac{2M}{\beta} \right), \quad \beta = \Delta h/h, \quad (1)$$

где P – давление на наковальнях в процессе быстрого сжатия, h , h_0 – толщины образца перед эффектом при сжатии и минимальная, при которой еще возможен эффект при максимально возможном давлении; Δh – разница толщин до и после „коллпаса“, S – площадь наковален, W – мощность энерговыделения при „коллпесе“, M – масса системы, движущейся при „коллпесе“.

Возникает вопрос: если механизм процесса в стадии локального разложения и плавления с переходом к ГРД носит энергостимулированный характер, то как связано термодинамическое состояние вещества с критической мощностью энерговыделения при „коллпесе“? Такая связь кажется очевидной, но требует экспериментального анализа в условиях вышеописанного процесса.

В следующем эксперименте в качестве модельного вещества были выбраны твердые растворы $Ge-Se$ при $x=0, 5, 10, 15, 20, 25, 33, 40$. Система двух наковален Бриджмена с веществом подвергалась нагружению со средней скоростью ~ 1 КБар/с до критических давлений, при которых протекали взрывообразные эффекты. Для испытаний брались одинаковые по массе образцы синтезированных в идентичных условиях сплавов. Каждая точка в зависимости критического давления от x , представленной на рисунке, находилась как среднее от 7–10 испытаний. На этом же рисунке представлена известная равновесная диаграмма состояний системы $Ge-Se$ и зависимость теплоемкости $C_p(x)$ на выбранном для исследований участке диаграммы [6, 7]. Энергетический допинг, необходимый для подъема температуры от T_0 до температуры плавления $T_{пл}$, в приближении равновесности процесса определяется как



Фрагмент равновесной диаграммы состояний модельной системы **Ge-Se** (а) и концентрационных зависимостей: б) теплоемкости; в) теплоты, необходимой для поднятия температуры сплава до точки плавления; г) критической мощности энерговыделения; д) критических давлений взрывообразных эффектов.

$$\Delta Q(x) = \int_{T_0}^{T_{пл}} c_p(x) dT$$

и представлен для $T_0 = 293$ К на том же рисунке.

Принимая во внимание сложность влияния импульсного сжатия („коллапс“) на характер диаграммы состояний, надо заметить, что давление не меняет тип диаграммы, а лишь повышает температуру равновесий во всем интервале концентраций и незначительно смещает точку минимума у двухкомпонентных систем [8, 9]. С другой стороны, рассчитывая мощность энерговыделения по формуле (1), используя данные экспериментов с поправкой на плотность, находим явную корреляцию зависимостей $\Delta Q(x)$ и $W(x)$. Данный факт не имеет пока под собой теоретического основания и согласуется с представлением о возможности термодинамической неустойчивости взрывного типа после критического энергостимулирования при коллапсе. В заключение отметим, что сопровождающие взрыв явления (эмиссия широкого спектра акустических и электромагнитных волн) являются следствием структурных превращений, „коллапса“ и ГРД.

Авторы считают своим долгом поблагодарить Э.Э. Гаспаряна и А.А. Хзарджяна за помощь при проведении эксперимента.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Б р и д ж м е н П.В. Новейшие работы в области высоких давлений. М.: ИЛ, 1948. 300 с.
- [2] Я р о с л а в с к и й М.А. Реологический взрыв. М.: Наука, 1982. 193 с.
- [3] Е н и к о л о п я н Н.С., М х и т а р я н А.А., К а р а г е з я н А.С., Х з а р д ж я н А.А. // ДАН СССР. 1987. Т. 296. № 4. С. 887-890.
- [4] Х а н В.П., Ф а т е е в Е.Г. и др. // Деп. № 817-В89 от 07.02.89.
- [5] Б а л а н к и н А.С. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. № 13. С. 1231-1234.
- [6] З и г е л ь В.В., О р л о в а Г.М. // ЖПХ. 1975. Т. 43. № 4. С. 756-761.
- [7] М и н а е в В.С., Х а н В.П., Ш е л о к о в А.Н. // Изв. АН СССР. Неорган. материалы. 1988. Т. 24. № 8. С. 1387-1389.
- [8] Е р ш о в а Т.П., К а м е н е ц к а я Д.С., И л ь и н а Л.П. // Изв. АН СССР. Металлы. 1981. № 4. С. 254-257.
- [9] Б у т ы л е н к о А.К., И г н а т ь е в а И.Ю., Б е н д е л и а н и Н.А. // ДАН СССР. 1974. Т. 214. № 4. С. 791-796.

Поступило в Редакцию
15 февраля 1990 г.