

К ВОПРОСУ О МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ФАЗЕ УГЛЕРОДА

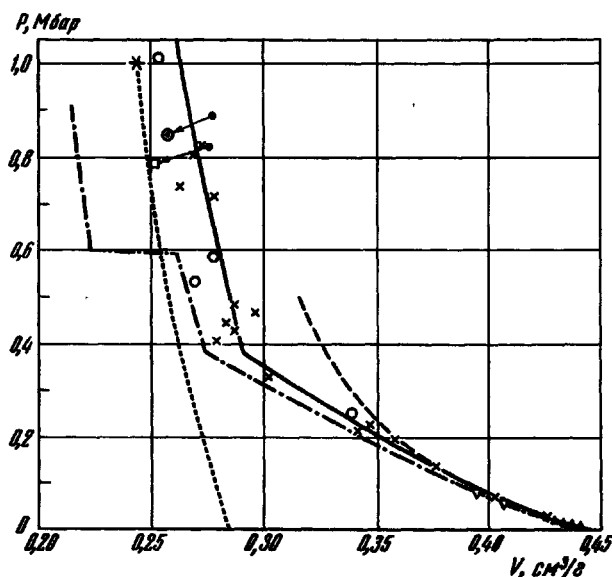
М.Н.Павловский, В.П.Дракин

Методом отражения [1], с помощью измерительных устройств, описанных в работах Альтшулера и др. [2,3], изучалась ударная сжимаемость графита в области его гипотетического перехода [4] в металлическую фазу. Плотности образцов искусственного графита составляли 1,77 и 1,85 г/см³. Образцы цейлонского графита прессовались до плотности 2,23 г/см³ из мелкоразмолотого порошка.

Полученные результаты представлены графически в координатах давление - удельный объем ($P-V$). На рисунке они сопоставлены с данными Колебурна [5], исследовавшего ударную сжимаемость пиролитического графита, обладавшего гексагональной структурой решетки, и с результатами динамических измерений сжимаемости графита Алдера и Кристиана [4].

Последние были использованы в работе Банди [6] при построении диаграммы фазового равновесия углерода.

Удовлетворительное согласие данных, полученных в настоящем исследовании, с результатами Алдера и Кристиана наблюдается вплоть до давлений порядка 600 кбар. Некоторый разброс экспериментальных точек авторов публикуемой работы в области давлений от 400 кбар и выше объясняется различной начальной плотностью образцов. Кроме того, так же, как и в работе Алдера и Кристиана [4], было замечено, что зарегистрированные амплитуды ударных волн, а следовательно, и положения экспериментальных точек в указанной области давлений находятся в зависимости от толщины образцов. При утоньшении образцов положение точек смещается в сторону меньших плотностей, стремясь в пределе



P-V - диаграмма углерода. ▼, ▲ - статические данные [9, 10], - - - - динамическая адиабата графита по данным работы [4], - · - · - ударная адиабата пиролитического графита [5], ······★ - кривая сжимаемости алмаза, x, O - данные авторов для искусственного и цейлонского графитов, полученные на образцах малой толщины, O - результаты эксперимента на крупномасштабном устройстве для искусственного и цейлонского графитов соответственно

к адиабате метастабильного (пиролитического) графита. При утолщении образцов точки смещаются в сторону больших плотностей, образуя "алмазный" участок адиабаты, что подтверждается данными Декарри и Джемисона [7].

Максимально допустимая толщина образца лимитировалась толщиной ударника, определяющей момент прихода на траекторию ударной волны волны разрежения со стороны ударника [8]. При толщине ударника в $\sim 1,5$ мм допустимая толщина образцов не превышала 3,5 мм. Быстрый приход волны разгрузки объясняется высокой скоростью звука в графите, составляющей при давлении ~ 450 кбар ~ 13 км/сек.

Глубокое противоречие между результатами авторов и данными Алдера и Кристиана отмечено в области давлений 600-900 кбар, где последними был зафиксирован переход графита в металлическое состояние. В то же время по данным авторов ударная адиабата в этой области давлений представляет собой лишь дальнейшее продолжение адиабаты тетраэдрической модификации углерода. Для выяснения причин расхождения и получения вполне однозначных результатов на больших базах измерения было разработано крупномасштабное измерительное устройство с зарядом ВВ \varnothing 600 мм, сообщавшим стальному ударнику толщиной в 5 мм скорость $\sim 5,6$ км/сек.

Образцы искусственного и цейлонского графита, плотностью 2,04 и 2,16 г/см³ соответственно, состояли из двух слоев (по 5 мм) общей толщиной в 10 мм.

Измерения волновых скоростей производились в каждом слое в отдельности. Состояния, соответствующие измеренным волновым скоростям (для цейлонского графита 10,09 км/сек на первой базе и 9,39 км/сек на второй, для искусственного графита 9,62 и 8,91 км/сек соответственно), нанесены на графике рисунка. Там же приведены данные авторов, характеризующие динамическую сжимаемость монокристаллических образцов алмаза.

На продолжении "алмазной" адиабаты находятся также и экспериментальные точки, характеризующие ударную сжимаемость графита при давлениях $P_r = 1,55$ Мбар ($\mathcal{D} = 12,48$ км/сек, $V = 0,249$ см³/г, $\rho_0 = 1,82$ г/см³) и $P_r = 3,25$ Мбар ($\mathcal{D} = 16,88$ км/сек, $V = 0,205$ см³/г, $\rho_0 = 1,85$ г/см³).

На основании изложенного материала следует признать ошибочность данных Алдера и Кристиана, касающихся регистрации металлической фа-

зы углерода при давлениях ~ 800 кбар. По-видимому, они были получены на образцах, толщины которых не соответствовали толщине ударников, вследствие чего параметры ударных волн в графите были искажены волнами разгрузки.

Поступило в редакцию

II июня 1966 г.

Литература

- [1] Л.В.Альтшулер, К.К.Крупников, М.И.Бражник, ЖЭТФ, 34, 886, 1958.
- [2] Л.В.Альтшулер, М.Н.Павловский, Л.В.Кулешова, Г.Б.Симаков. Физ.твёрдого тела, 5, 279, 1963.
- [3] Л.В.Альтшулер, С.Б.Кормер, А.А.Баканова, Р.Ф.Трунин. ЖЭТФ, 38, 790, 1960.
- [4] B. J. Alder, R. N. Christian, Phys. Rev. Lett., 1, 367, 1961.
- [5] N. L. Coleburn. J. Chem. Phys., 40, 73, 1964.
- [6] F. P. Bundy. J. Chem. Phys., 38, 631, 1963.
- [7] P. S. DeCarli, J. C. Jamieson. Science, 133, 1821, 1961.
- [8] Л.В.Альтшулер, С.Б.Кормер, М.И.Бражник, Л.А.Владимиров, М.П.Сперанская, А.И.Фунтиков. ЖЭТФ, 38, 1061, 1960.
- [9] P. W. Bridgman. Proc. Amer. Acad. Arts and Sci., 76, 55, 1948.
- [10] L. F. Vereshchagin. Progress in Very High Pressure Research. New York, 1961, p.290.