ЛИТЕРАТУРА

1. **С. С. Бацанов.** ИФЖ, 1967, **12**, 1, 104.
2. **А. Н. Дремин, О. Н. Бреусов.** Вестн. АН СССР, 1971, 9, 55.
3. **В. В. Якушев.** ФГВ, 1978, 14, 2, 3.
4. **С. Б. Кормер.** УФН, 1968, 94, 4, 641.
5. **А. В. Ананьин, О. Н. Бреусов, А. Н. Дремин и др.** ФГВ, 1974, 10, 3, 426.
6. **В. В. Якушев, С. С. Набатов, О. Б. Якушева.** ФГВ, 1974, 10, 4, 583.
7. **В. В. Якушев, С. С. Набатов, А. Н. Дремин.**— В кн.: Горение и взрыв. М.: Наука, 1972.
8. **В. В. Якушев, А. Н. Дремин.** ЖФХ, 1971, 45, 1, 97.
9. **I. Sorgato, G. B. Guarise, A. Marani.** High Temp.— High Pressures, 1970, **2**, 1, 105.
10. **P. Extance, S. R. Elliott.** Phil. Mag. B., 1981, 43, 3, 469.
11. **Б. Алдер.**— В кн.: Твердые тела под высоким давлением/Под ред. В. Пол, Д. Варшауэр. М.: Мир, 1966.
12. **M. Okajima, B. Endo, Y. Akahama e. a.** Japan J. Appl. Phys., 1984, 23, 1, 15.
13. **С. С. Набатов, А. И. Дремин, В. И. Постнов и др.** Письма в ЖТФ, 1979, 5, 3, 143.
14. **А. П. Цвигунов.** ЖФХ, 1977, 51, 9, 2273.

Поступила в редакцию 7/VIII 1985

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРОТЕКАНИЯ РЕАКЦИИ СИНТЕЗА ЗА ФРОНТОМ

С. С. Бацанов, Г. С. Доронин, С. В. Клочков, А. И. Теут

(Москва)

На основе данных об ударной сжимаемости стехиометрической смеси олова с серой и сульфида олова делается вывод о протекании реакции синтеза SnS за фронтом ударной волны (УВ) в смеси его компонентов. При исследовании воздействия УВ на реакционноспособные композиции принципиален вопрос о времени и условиях протекания реакции. Для его выяснения изучена ударная сжимаемость олова и соответствующей его составу смеси олова с серой.

Известно, что ударная адиабата смеси нереагирующих веществ определяется как аддитивная величина по ударным адиабатам компонентов [1—3]. Если реакция происходит за фронтом УВ, то положение экспериментальной кривой ударной сжимаемости смеси в координатах давление — удельный объем (p — V), начиная с некоторого порогового давления p^* должно отклоняться от расчетной кривой. Если удельные объемы смеси и продукта реакции близки, а сама реакция сильно экзотермическая, то экспериментальная кривая из-за теплового противодавления отклоняется вправо (в сторону меньшей сжимаемости). Для реакции $Sn + S = SnS$ должен реализоваться именно этот случай, когда взаимодействие будет протекать в сжатом состоянии, так как удельные объемы SnS и $Sn + S$ близки (0,194 и 0,213 см³/г соответственно), а тепловой эффект реакции $\Delta H_0 = 727$ кДж/кг [4].

Исследуемые образцы готовили в виде таблеток диаметром 50 и высотой 5 мм. Смесевые образцы прессовали из тщательно перемешанных порошков олова и серы с размером частиц 5—10 мкм. Средний начальный удельный объем образцов сульфида олова — $0{,}216 \pm 0{,}002$ см³/г, образцов смеси — $0{,}229 \pm 0{,}004$ см³/г, т. е. пористость приготовленных образцов составляла 1,12 и 1,06 для сульфида олова и смеси $Sn + S$. Ударные адиабаты определяли модифицированным методом отражения, предложенным Л. В. Альтшулером. УВ вводилась в образец из экрана, изготовленного из материала с известной ударной адиабатой, подобранного так, чтобы его динамическая жесткость была несколько ниже жесткости исследуемого вещества. В экране на расстоянии 1—2 мм от границы с исследуемым веществом помещали манганиновый датчик, измеряющий давление в падающей и отраженной УВ. Параметры УВ в исследуемом образце рассчитывали по диаграмме давление — массовая скорость U в предположении зеркального отражения ударной адиабаты вто-

ричного сжатия материала экрана. Такой метод позволяет не только определять параметры при распаде разрыва, но и по профилю давления судить о процессах, происходящих в образце. В качестве экрана во всех опытах использовались диски из фторопласта, ударная адиабата которого имеет вид $D = 2{,}180 + 1{,}584\,U$ [5], где D — скорость фронта УВ.

УВ в экране возбуждалась с помощью накладного заряда ВВ диаметром 84 и высотой 100 мм. Инициирование производилось генератором плоской волны. Манганиновым датчиком измерялось давление в экране и образце, помещенном во фторопластовую обойму. Давление варьировалось использованием различных ВВ. При определении положения экспериментальных точек на $p - V$- и $p - U$-диаграммах вводилась поправка на отклонение профиля давления от прямоугольного за счет тыльной волны разгрузки.

Характерная осциллограмма (x — координата, t — время) и $p - U$-диаграммы расчета параметров УВ в исследуемом образце показаны на рис. 1, *а—в*. Начало координат на $x - t$-диаграмме соответствует моменту подхода фронта УВ к датчику. Давление во фронте падающей УВ в экране соответствует точке O на осциллограмме. При прохождении УВ расстояния h_0 от датчика до исследуемого образца параметры ее фронта могут уменьшаться за счет действия волны разгрузки, идущей с тыльной поверхности заряда ВВ. Давление во фронте УВ в момент подхода ее к поверхности образца равно давлению, регистрируемому датчиком в момент времени t_1 и соответствует точке *1* на осциллограмме. Поскольку расстояние h_0 невелико, то все характеристики на диаграмме можно считать прямыми линиями. Тогда интервал t_1 можно определить из совместного решения уравнений фронта УВ (AB) и характеристики (A_1B), догоняющей фронт во время подхода его к образцу:

$$t_1 = (U_0 + c_0 - D_0)/D_0c_0 \cdot h_0,$$

где c_0 — скорость звука за фронтом УВ в экране (рассчитывалась в акустическом приближении).

К моменту подхода отраженной УВ к датчику (точка C рис. 1) давление перед ее фронтом соответствует точке *2*, за фронтом — точке *3*. Эти величины снимаются непосредственно с осциллограммы. Давление и массовая скорость в исследуемом веществе на границе с экраном определяются по $p - U$-диаграмме в точке *4* — точке пересечения изоэнтропы *3—4* и ударной адиабаты вторичного сжатия *1—4* экрана. Следует отметить, что при этом будет определено состояние вещества на границе экран — образец в точке B_1 (см. рис. 1, *в*). Ударно-сжатое вещество в B_1 приходит спустя промежуток времени Δt с момента выхода фронта УВ на границу (B). Таким образом, описанный метод позволяет определять параметры состояния, в которое приходит исследуемый материал через время Δt после прохождения по нему фронта УВ. Величину Δt определяем из совместного решения уравнения траектории фронта падающей AB и отраженной BC ударных волн в экране, траектории движения датчика AC и границы раздела экран — образец (ВВ) и уравнения характеристики B_1C, догоняющей фронт отраженной волны в момент ее к датчику:

$$\Delta t = \frac{h_0}{D_0 c_4^2}(U_0 - U_4)(c_4 + D_0 - U_0)$$

(U_4 и D_4 — скорости массовая и фронта УВ в экране на границе с образцом, c_4 — скорость звука за фронтом УВ в экране).

Экспериментальные результаты по исследованию ударной сжимаемости SnS и стехиометрической смеси серы с оловом представлены на рис. 2. Сплошной линией обозначена ударная адиабата сульфида олова, описываемая уравнением $D = 2{,}370 + 1{,}156\,U$, штриховой — ударная адиабата нереагирующей смеси Sn + S, рассчитанная с учетом пористости (ударные адиабаты серы и олова брались из [5]), штрихпунктирной — экспериментальная кривая ударной сжимаемости этой смеси. До