

В общем случае вопрос о возможности протекания диффузионных процессов в твердых телах за времена ударного сжатия остается открытым.

*Поступила в редакцию
21/XII 1970*

ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Бацанов, А. И. Лапшин. Первый Всесоюзный симпозиум по горению и взрыву. Тез. докл. М., «Наука», 1968.
2. А. Н. Дремин, О. Н. Бреусов. Усп. химии, 1968, XXXVII, 5, 898.
3. С. С. Бацанов. Изв. СО АН СССР, сер. химическая, 1967, № 14, вып. 6, 22.
4. С. С. Бацанов, В. М. Нигматуллина, И. Г. Юделевич. ФГВ, 1968, 4, 3, 422.
5. А. И. Лапшин, С. С. Бацанов. Ж. прикл. спектроскопии, 1968, 6, 1033.
6. Г. А. Ададунов, Т. В. Бавина и др. О химических процессах при ударном сжатии. ВИНТИ, Отдел научных фондов, депонирование от 24 октября, 1968. № 328—68.
7. Ч. Уэрт, Р. Томсон. Физика твердого тела. М., «Мир», 1969.
8. П. Шьюмон. Диффузия в твердых телах. М., «Металлургия», 1966.

УДК 541.12.03

ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА НА ВЕЩЕСТВО. УДАРНОЕ СЖАТИЕ ФТОРИДОВ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

*С. С. Бацанов, Е. В. Дулепов, Э. М. Мороз,
Л. В. Лукина, В. В. Романьков
(Новосибирск)*

При исследовании ударно сжатых фторидов церия и празеодима были обнаружены заметные изменения физических свойств этих веществ. Вместе с тем в случае LaF_3 и NdF_3 при тех же параметрах ударного сжатия не было отмечено подобных изменений [1].

В настоящей работе приводятся результаты изучения 10 ударно сжатых фторидов редкоземельных металлов (РЗМ) и иттрия. Импульсное сжатие порошков производилось по схеме [2] с использованием насыпного гексогена в количестве от 30 до 150 г для создания высоких динамических давлений.

Стандартные стальные ампулы после подрыва вскрывались на токарном станке и их содержание изучалось физическими методами. В случае использования самых мощных зарядов проводились контрольные химические анализы, которые не показали изменения состава обжатого вещества. Примесь железа (из стенок ампулы) во всех случаях не превышала нескольких сотых долей процента, что не сказывается на результатах примененных методов.

Исследование продуктов ударного сжатия показало, что, за исключением церия и празеодима, максимальный эффект изменения физических характеристик имеет место при использовании зарядов гексогена весом 30—50 г (в случае CeF_3 и PrF_3 100—150 г).

Все ударно обжатые вещества обнаружили оптическую анизотропию, тогда как исходные вещества были тонкодисперсными и поэтому

псевдоизотропными. В поле зрения микроскопа наряду с закристаллизовавшимися зернами исходной фазы видны светло- или темно-коричневые кристаллы такого же габитуса с более низким показателем преломления n , причем по мере уменьшения светопреломления иммерсионной жидкости количество кристаллов новой фазы с таким же или более низким показателем преломления уменьшается. В случае фтористого иттрия обжаренный материал более однороден — почти все кристаллы под микроскопом имеют близкие показатели преломления.

Таким образом, новая фаза, как правило, не является однородной, а изменение ее свойств происходит (или накапливается) у разных зерен с разной интенсивностью и величина эффекта оказывается максимальной лишь у небольшого числа кристалликов (см. [3, 4]). В таблице приведены показатели преломления новых фаз; точность измерений иммерсионным методом $\pm 0,003$, результаты округлены до 2-го десятичного знака. Исключением является EuF_3 , о котором будет сказано ниже.

Соединение	Исходное вещество			Обжаренное вещество		
	$d_4^{25}, \text{г/см}^3$	ϵ	n_D	$d_4^{25}, \text{г/см}^3$	ϵ	n_D
LaF_3	5,87	13,7	1,60	5,87	14,5	1,57
CeF_3	6,03	14,1	1,61	5,79	16,2	1,58
PrF_3	6,09	14,8	1,62	5,90	21,0	1,58
NdF_3	6,17	16,0	1,60	5,84	22,0	1,58
$\text{SmF}_3 + 0,5 \text{H}_2\text{O}$	5,75	16,0	1,60	6,47	16,6	1,57
EuF_3	6,76	11,7	1,58	6,73	13,2	1,68
GdF_3	6,87	10,8	1,58	6,78	12,0	1,56
TbF_3	6,78	12,2	1,58	6,45	13,7	1,54
DyF_3	7,21	10,8	1,58	7,00	11,7	1,53
HoF_3	7,44	10,6	1,58	7,39	11,0	1,54
YF_3	5,02	11,2	1,56	4,90	11,7	1,53*

Примечание. Среднее значение $n_g = 1,537$, $n_m = 1,534$, $n_D = 1,532$.

Плотности d всех обжаренных фторидов РЗМ, измеренные пикнометрически с точностью $\pm 0,01 \text{ г/см}^3$, оказались меньше, чем у исходных образцов (за исключением фторида самария, где повышение плотности вызвано потерей кристаллизационной воды исходного вещества при импульсном обжаривании), хотя у порошков и наблюдался некоторый рост кристалличности [5]. Следовательно, уменьшение плотности обжаренных фторидов РЗМ происходит за счет образования внутренних дефектов. Даже в случае EuF_3 , когда происходит частичный фазовый переход из ромбической модификации в гексагональную, что должно сопровождаться повышением плотности, образование дефектов приводит все же к понижению плотности образца. Аналогичные явления отмечались и раньше [6].

Диэлектрические проницаемости ϵ порошков, измеренные иммерсионным методом с точностью $\pm 0,2$, после ударного сжатия увеличились (см. таблицу), хотя и неодинаковым образом. Если учесть, что вероятность увеличения поляризации связи металл — фтор в результате ударного сжатия фторидов РЗМ невелика (ибо в исходных образцах названные связи уже являются сильно ионными), то ясно, что увеличение диэлектрической проницаемости обусловлено в основном появлением дефектов.

Измерение электропроводности порошков фторидов РЗМ до и после ударного сжатия не обнаружило заметных изменений — в пределах одного порядка сопротивление остается постоянным, причем проводимость

во всех случаях ионного типа, что также означает отсутствие поверхностных дефектов.

Для проверки высказанного предположения об образовании дефектов в результате импульсного сжатия фторидов РЗМ было проведено рентгенографическое исследование всех изученных веществ. Исследование проводилось на приборе ДРОН-1 на отфильтрованном медном излучении, каждое вещество до и после ударного сжатия снималось в строго одинаковых условиях.

Рентгенограммы ударно сжатых образцов фторидов РЗМ, как правило, отличаются уширенными дифракционными пиками. Если исходное вещество является недостаточно кристаллическим, тонкодисперсным (что иллюстрируется заниженным, в сравнении с рентгеновским, значением плотности и отсутствием оптической анизотропии), то после первого импульсного сжатия может произойти даже сужение линий (из-за кристаллизации), но повторный взрыв приводит к уширению пиков, причем хорошая кристалличность образца не исчезает, как это видно при наблюдении в микроскоп.

Гармонический анализ формы рентгеновских линий не проводился, но для NdF_3 , когда имелась возможность в качестве эталона взять растертый монокристаллический образец¹, «физическое» уширение линий имеет зависимость от брэгговского угла θ , близкую к тангенсной. Это обстоятельство свидетельствует о том, что в результате динамического сжатия в структуре фторида РЗМ возникают микронапряжения.

Ударно сжатые фториды La, Ce, Pr, Nd, Gd, Dy и Y не показывают изменения атомной структуры, в то время как у фторидов Sm, Ho и Eu наблюдаются полиморфные превращения. Так, исходные SmF_3 и HoF_3 , кроме основной ромбической модификации, содержат частично и гексагональную форму. После же импульсного сжатия гексагональная модификация почти полностью переходит в ромбическую. В случае EuF_3 наблюдался обратный фазовый переход — увеличение содержания гексагональной модификации.

Если сравнить температуры перехода ромбической модификации в гексагональную в ряду SmF_3 , EuF_3 , HoF_3 (555, 700, 1070°C) [7], то становится ясно, что определяющим фактором стабилизации гексагональной модификации у EuF_3 является не только температура. Авторы работы [8] считают, что гексагональная решетка стабилизируется образованием вакансий ионов фтора в элементарной ячейке LnF_3 . В нашем случае это может быть достигнуто частичным переходом Eu (III) в Eu (II), что наблюдается по люминесцентным данным в незначительной мере у обожженного EuF_3 и в большей степени — у EuCl_3 [9, 10].

Косвенным подтверждением этого предположения может служить факт более низкого светопреломления у фторидов двухвалентных РЗМ [11] и понижение эффективных зарядов атомов лантанидов, обнаруженное на примере CeF_3 и PrF_3 [1]. Поскольку изученные физические характеристики фторидов РЗМ в ряду от LaF_3 до HoF_3 изменяются после ударного сжатия одинаковым образом, то можно высказать предположение об одинаковом, электронном характере отмеченных выше дефектов у всех изученных фторидов РЗМ, а не только в случае EuF_3 [12].

В заключение авторы выражают благодарность Р. С. Эренбург и В. И. Аликину за помощь в работе.

Поступила в редакцию
20/II 1969

¹ Кристаллы были выращены методом Бриджмена-Стокбаргера в графитовых тиглях в атмосфере аргона с добавкой 0,5%; PbF_2 для создания фторирующей среды.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Бацанов, Е. В. Дулепов и др. Докл. АН СССР, 1968, 179, 91.
2. С. С. Бацанов, А. А. Дерибас. ФГВ, 1965, 1, 1, 103.
3. А. А. Дерибас, Е. Д. Ручкин и др. ФГВ, 1966, 2, 3, 143.
4. Е. Д. Ручкин, М. Н. Соколова, С. С. Бацанов. Журн. структ. хим., 1967, 8, 465.
5. Г. А. Ададуров и др. Изв. АН СССР, Неорганич. матер., 1967, III, 6, 932.
6. С. С. Бацанов, Л. Р. Бацанова, Г. С. Доронин и др. Журн. структ. химии, 1968, 9, 6.
7. R. Toma, G. Brunton. Jnorg. Chem, 1966, 5, 1937.
8. M. Mansmann. Z. Krist. 1965, 122, 375.
9. А. И. Лапшин, С. С. Бацанов. Ж. прикл. спектроскопии, 1968, 8, 1033.
10. С. С. Бацанов, А. И. Лапшин, И. А. Овсянникова. Журн. структ. хим., 1969, 10, 2.
11. J. Ahe, G. Pettit. J. Phys. Chem. Solids, 1966, 27, 621.
12. Л. В. Альтшулер и др. Письма в ЖЭТФ, 1966, 483, III, 12.

УДК 621.791+662.215.2

О ТЕПЛОМ РЕЖИМЕ ЗОНЫ СВАРНОГО ШВА ПРИ СВАРКЕ ВЗРЫВОМ

И. Д. Захаренко

(Новосибирск)

Процесс соединения металлов при сварке взрывом сопровождается резким повышением температуры в зоне соединения, о чем свидетельствует наличие расплавов и рекристаллизационных зон, видимых на микрошлифах [1]. Большое значение теплового режима для сварки взрывом отмечается в работах [2, 3].

В частности, зоны расплавленного металла в шве часто приводят к образованию хрупких интерметаллидов, которые снижают прочность соединения. Металлографические исследования позволяют в некоторых случаях определить зоны повышенной температуры. Однако невозможно установить количественную взаимосвязь между режимами соударения пластин и количеством тепла, выделившимся в шве, пользуясь только методами металлографии.

Измерение количества тепла образцов после сварки с помощью калориметрирования также не дает существенных результатов, так как при данном способе определяется лишь общее количество тепла образца, которое складывается из тепла, выделяющегося в сварном шве, и тепла, выделяющегося по всей глубине образца в результате деформаций образца.

В настоящей работе описана методика измерения температуры в зоне сварного соединения и приведены теоретические исследования, позволяющие рассчитать тепловой режим свариваемых металлов.

Метод измерения температуры, наиболее приемлемый в данном процессе, это метод естественных термопар, образованных непосредственно свариваемыми пластинами. Так как э. д. с., возникающая в термопаре, зависит только от температуры на границе раздела металлов и не зависит от распределения температуры в других сечениях, эта методика позволяет измерить температуру сварного соединения непосредственно на границе.

Однако измерение температуры в момент соударения с помощью термопар весьма затруднительно, так как давления, возникающие при