

**ДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВА НА ВЕЩЕСТВО
ЗАЩИТА ОБЖИМАЕМОГО ВЕЩЕСТВА
ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МАТЕРИАЛОМ АМПУЛЫ**

С. С. Бацанов, В. М. Нигматуллина, И. Г. Юделевич
(Новосибирск)

Для исследования и применения веществ, подвергнутых динамическому сжатию, весьма существенно предохранение их от загрязнений материалом ампулы в процессе взрыва. С этой целью в данной работе были выяснены особенности попадания загрязнений в обжимаемое вещество и рассмотрены способы сохранения его чистоты.

1. В предыдущих работах этой серии [1, 2] уже отмечалось, что после ударного сжатия вещество загрязняется материалом ампулы, в частности железом. Поскольку для некоторых физико-химических приложений примеси могут играть существенную роль, важно определить абсолютные пределы загрязнения различных веществ железом, знать топографию распределения примесей и молекулярную форму нахождения примесных атомов в исследуемом веществе.

Предполагая, что процесс загрязнения содержимого ампулы материалом контейнера связан с диффузией атомов от стенок ампулы, естественно ожидать, что количество примесей будет зависеть от природы сжимаемого вещества, в особенности от его плотности. Поэтому нами было предпринято спектроаналитическое определение железа в разных продуктах ударного сжатия после подрыва цилиндрических ампул стандартными зарядами ВВ (100 г насыпного гексогена) по описанной ранее схеме [3]. Степень заполнения ампул везде от 50 до 60%.

После взрыва ампула вскрывалась на токарном станке, обжатое вещество извлекалось и с помощью магнита отделялось от железных стружек и опилок. После тщательного перемешивания и растирания вещество анализировалось на железо на приборе ИСП-28 по стандартной методике. Каждый опыт повторялся несколько раз, и усредненные значения общего содержания железа приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что разброс концентраций железа при изменении плотности обжимаемых веществ в четыре раза лежит в пределах 0,04—0,55%. Учитывая, что наиболее часто встречающиеся значения плотностей лежат в этих пределах, полученные результаты можно ис-

Таблица 1

Загрязнение железом в зависимости от плотности вещества

Вещество	BN	NaNO ₃	CaO	BaO	CeF ₃	Nd ₂ O ₃
Плотность % Fe	1,7 0,55	2,3 0,50	3,4 0,50	5,7 0,46	6,2 0,11	7,0 0,04

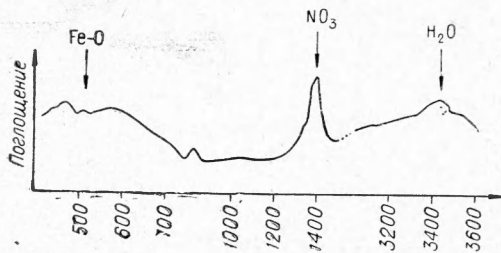
пользовать для ориентировочных оценок степени загрязнения веществ при их ударном сжатии в цилиндрических железных ампулах.

2. Для определения молекулярной формы существования железа в обжимаемом образце нами был изучен нитрат натрия, так как загрязнение его железом происходит достаточно сильно, а исходное вещество хорошо растворимо в воде и может быть легко отделено от возможных продуктов его взаимодействия с железом.

Содержимое 10 взорванных ампул с нитратом натрия было объединено и обработано дистиллированной водой для отмывания основного вещества. Нерастворившийся остаток был подвергнут химическому и молекулярно-спектроскопическому анализу. Содержание железа в твердой фазе оказалось равным 36,4%, а в ИК-спектре отчетливо видны полосы поглощения, соответствующие связи Fe — O, иону NO₃ и молекуле H₂O (см. рисунок).

На основании этих данных можно сделать вывод, что железо находится в форме оксинитрата FeONO₃ · H₂O, содержание железа в котором составляет 36,7%. Содержание же железа в фильтрате меньше, чем в твердой фазе: в раствор (в виде нитрата) переходит ~ 40 отн. % Fe.

Таким образом, железо из ампулы в процессе диффузии внутрь обжатого вещества реагирует с ним, окисляется до трехвалентного состояния и образует химическое соединение.



ИК-спектр твердой фазы NaNO₃, подвергнутого ударному сжатию.

3. Обнаруженная ранее топография распределения примесей в нитрате натрия, обжатом в цилиндрической ампуле, — увеличенное содержание железа вверху и внизу ампулы [2] — позволяет поставить вопрос о локализации источников попадания железа в обжимаемое вещество.

С этой целью мы провели подрывы ампул с нитратом натрия в разной степени заполнения (рыхлая набивка — 1 г нитрата, плотная — 1,3 г), причем использовались комбинированные контейнеры: железные цилиндры с медными пробками и медные с железными пробками. После взрыва обжатое вещество извлекалось из ампулы и делилось на четыре части по высоте и каждая часть исследовалась методом спектрального анализа на содержание в ней железа. Всего было взорвано 15 ампул, результаты анализа которых приведены в табл. 2.

Таблица 2

Содержание железа и меди в ампулах с NaNO₃

№ части снизу вверх	Рыхлая набивка		Плотная набивка		№ части снизу вверх	Рыхлая набивка		Плотная набивка	
	концентрация Fe, %	концентрация Cu, %	концентрация Fe, %	концентрация Cu, %		концентрация Fe, %	концентрация Cu, %	концентрация Fe, %	концентрация Cu, %
<i>Железная ампула с медными пробками</i>					<i>Медная ампула с железными пробками</i>				
1	0,091	2,05	0,071	0,554	1	1,009	0,507	0,522	0,053
2	0,001	0,603	0,022	0,003	2	0,028	0,062	0,064	0,020
3	0,025	0,003	0,014	0,001	3	0,064	0,109	0,101	0,012
4	0,074	0,104	0,025	0,007	4	0,632	0,303	0,110	0,155

Из таблицы видно, что загрязнения в материал, обжимаемый в цилиндрической ампуле, проникают в основном из ее пробок и лишь небольшая часть загрязнения попадает из стенок ампулы.

4. Для защиты от загрязнений, поступающих от пробок, было решено, применить прокладки на контакте пробка — обжимаемое вещество. В качестве материала для прокладок были испытаны медь, алюминий, молибден, тантал, вольфрам, а также кварцевые пластинки, физические и механические свойства которых представлены в табл. 3. Диаметр прокладок 5 мм, толщина металлических прокладок 0,5 мм, толщина кварцевых прокладок 2 мм.

Содержание ампул, взорванных с такими прокладками, затем подвергалось спектроаналитическому исследованию на содержание железа

Таблица 3
Механические свойства защитных прокладок

Материал	Плотность	Температура плавления, °С	Прочность на разрыв $\times 10^9$, дин/см^2
Al	2,7	660	0,9—4,5
Cu	8,96	1083	2,0—4,0
SiO ₂	2,65	1728	0,3—0,9
Mo	10,2	2620	11,0—30,0
Ta	16,6	3000	8,0—11,0
W	19,3	3380	15,0—35,0

и химических элементов из защитных прокладок. Анализ проводился, как и раньше, на кварцевом спектрографе средней дисперсии ИСП-28. Fe, Cu, Al, Si определялись в пределах концентраций от 0,001 до 1%, а Mo, Ta, W — в пределах концентраций от 0,01 до 1%. Ошибка определения 6—9 отн. %.

Результаты анализа 50 взорванных ампул, представленные в табл. 4, показывают, что наиболее эффективными средствами защиты от загрязнений являются прокладки из молибдена, вольфрама и тантала, т. е. из металлов с температурой плавления выше 2500° и с высокой механической прочностью (см. табл. 3). Эти прокладки обеспечивают хорошую защиту обжимаемого вещества не только от материала, поступающего из пробок ампул, но и от материала самих прокладок.

Были испытаны также кварцевые пластинки толщиной 2 мм, которые, давая очень хорошую чистоту по железу (0,12% у нижней пробки) при рыхлой набивке ампулы, сами сильно загрязняют вещество кремнием (0,3%).

В целях защиты от поступления материала контейнера в обжимаемое вещество со стенок были опробованы стаканы из молибдена различной длины (10 и 20 мм), закрытые с обоих концов такими же дис-

ками.

Таблица 4
Результаты анализа на примеси обжатога NaNO₃ (в %)

№ части снизу вверх	Степень набивки	Прокладка											
		железо		алюминий		медь		молибден		тантал		вольфрам	
		рыхл.	плот.	рыхл.	плотн.	рыхл.	плотн.	рыхл.	плотн.	рыхл.	плотн.	рыхл.	плотн.
1	Железо	1,452	0,622	0,593	0,153	0,481	0,094	0,312	0,141	0,301	0,015	0,299	<0,01
2		0,271	0,047	0,141	0,121	0,171	0,014	0,114	0,092	0,094	0,013	0,018	<0,01
3		0,053	0,031	0,128	0,099	0,067	0,010	0,101	0,060	0,032	0,012	0,033	<0,01
4		0,231	0,054	0,184	0,101	0,081	0,009	0,209	0,041	0,119	0,015	0,112	<0,01
1	Материал прокладки	—	—	0,453	0,219	0,451	0,042	0,09	0,01	<0,03	<0,03	<0,01	<0,01
2		—	—	0,307	0,011	0,022	0,045	0,01	<0,01	<0,03	<0,03	<0,01	<0,01
3		—	—	0,031	0,012	0,007	0,021	0,01	<0,01	<0,03	<0,03	<0,01	<0,01
4		—	—	0,065	0,011	0,013	0,013	0,01	<0,01	<0,03	<0,03	<0,01	<0,01

Примечание рыхл.—рыхлая набивка NaNO₃, плотн.—плотная набивка NaNO₃.

ками. Из всех существующих тугоплавких материалов молибден был выбран как наиболее легко поддающийся механической обработке. Результаты анализа представлены в табл. 5.

Из табл. 5 видно, что при ионов, экранирующих всю поверхность пользования молибденовых стаканов обжимаемого материала от железной ампулы, можно получить достаточно чистое вещество, в котором концентрации железа не превышают 0,01% по всей длине ампулы и максимальное содержание молибдена внизу ампулы составляет 0,08%. Достаточно чистое от железа вещество можно также получить, используя в качестве экрана стеклянные трубки.

Таким образом, достаточно хорошую защиту вещества, подвергнутого ударному сжатию, от загрязнений материалом ампулы и материалом прокладок обеспечивают торцовые прокладки из молибдена, вольфрама и тантала. Если же при дальнейшем использовании обжатого вещества предполагается, что примеси кремния не помешают, можно рекомендовать использование торцовых кварцевых прокладок и трубок, запаянных с обоих концов.

Использование всесторонних молибденовых прокладок дает возможность получить обжатое вещество, в котором примеси железа составляют <0,01%, а примеси молибдена <0,03.

Таблица 5

Защита нитрата натрия от загрязнений (содержание примеси в %)

Примесь	№ части снизу вверх	Молибденовые стаканы		Стеклянные трубки
		l=10мм	l=20мм	
Железо	1	0,025	<0,01	0,05
	2	0,10	<0,01	0,03
	3	0,17	<0,01	0,03
	4	0,02	<0,01	0,11
Материал прокладки	1	0,10	0,08	>1
	2	0,05	0,03	>1
	3	0,03	0,03	>1
	4	0,11	0,05	>1

Поступила в редакцию
8/1 1968

ЛИТЕРАТУРА

1. С. С. Бацанов, А. А. Дерибас, С. А. Кутолин, И. В. Костырева. ФГВ, 1966, № 1, 100.
2. С. С. Бацанов, С. С. Дербенева, А. А. Дерибас, Е. В. Дулепов, И. В. Костырева, С. А. Кутолин, В. М. Нигматуллина, И. Г. Юделевич. ФГВ, 1966, № 3, 110.
3. С. С. Бацанов, А. А. Дерибас. Научно-технические проблемы горения и взрыва, 1965, № 1, 103.