

ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

УДК 536.46

О ГОРЕНИИ НЕОБЫЧНЫХ СМЕСЕЙ ОКИСЛОВ

В. В. Александров, В. И. Смирнов

(Новосибирск)

Известно [1, 2], что способные к горению твердокомпонентные системы (в том числе из окислов [3, 4]) составляются в соответствии с правилом: окислитель + восстановитель.

Нами обнаружены системы, не укладывающиеся в это правило: например, смеси окислов  $n \cdot MO + \text{ЭO}_3$ ,  $n \cdot \text{Ba}_2\text{O} + \text{ЭO}_3$  (где  $M - \text{Ba, Sr}$ ;  $\text{Э} - \text{W, Mo}$ ). Температура горения образцов из этих составов, как оказалось, не постоянна, а быстро снижается по мере выдержки их на воздухе перед поджиганием. Так, если в свежеприготовленных образцах  $\text{BaO} + \text{WO}_3$ ,  $T_r = 1200 \div 1300$  К, то после предварительной выдержки на воздухе 30–50 мин  $T_r \approx 800$  К. Еще более длительная выдержка приводит к тому, что образцы поджечь не удается.

Исследования с использованием методов комплексного термического анализа, измерений электропроводности, тензиметрии, время-пролетной масс-спектрометрии, РФА и химического анализа показали, что решающая роль в ускорении экзотермических реакций (которое и приводит к возникновению фронта горения) принадлежит жидким расплавам, появляющимся из-за образования низкоплавких эвтектик. В смесях с окислами бария — это эвтектика между  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  и  $\text{BaCO}_3$  ( $T_{\text{пл}} = 643$  К, молярный состав: 89 %/11 % [5]), которые образуются при контакте окислов бария с воздухом в процессе хранения и приготовления образцов; в смесях с окисью стронция это эвтектика между  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  и  $\text{SrO}$  с  $T_{\text{пл}} = 768$  К. Состав последней эвтектики точно неизвестен, однако факт начала плавления при температуре 768 К зафиксирован при содержании  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  в  $\text{SrO}$  от 18 до 98 %.

На температуру появления расплава можно влиять, удаляя или вводя в систему вещества, ответственные за образование эвтектики. Так, если из смеси  $\text{SrO} + \text{MoO}_3$  удалить  $\text{Sr}(\text{OH})_2$  путем длительного прокаливания в вакууме при  $T < 768$  К, а затем нагреть ее в отпаянной ампуле, интенсивное экзотермическое взаимодействие начинается при  $T = 940$  К, которая совпадает с  $T_{\text{пл}}$  эвтектики в системе  $\text{SrO} - \text{MoO}_3$  [6]. Напротив, при введении  $\text{BaO}$  в исходную смесь температура интенсивного экзотермического взаимодействия снижается до  $T = 618$  К, которая равна  $T_{\text{пл}}$  эвтектики в смеси гидроокисей  $\text{Sr}$  и  $\text{Ba}$ .

Гидроокиси (как и  $\text{BaCO}_3$ ) в рассматриваемых смесях играют двойную роль: с одной стороны, они делают возможным образование расплавов и тем самым резко интенсифицируют процесс взаимодействия (за счет увеличения поверхности контакта между компонентами и снятия транспортных затруднений), а с другой — замена части окислов  $\text{BaO}$ ,  $\text{BaO}_2$  и  $\text{SrO}$  на соответствующие гидроокиси (и  $\text{BaCO}_3$ ) снижает тепловой эффект, а вместе с ним и температуру горения, что отмечалось в опытах. Очевидно, что имеется оптимальное содержание гидроокиси (и  $\text{BaCO}_3$ ), при котором увеличение скорости реакции и горения максимально.

Результаты комплексного исследования в совокупности согласуются со следующей схемой суммарно-экзотермических реакций в распла-

ве:  $M(OH)_2, BaCO_3 + ЭO_3 \rightarrow MЭO_4 + H_2O, CO_2$ ;  $MO(BaO_2) + H_2O, CO_2 \rightarrow M(OH)_2, BaCO_3 + (O_2)$ , в которых поочередно регенерируются, с одной стороны, гидроксиды и карбонат бария, а с другой —  $H_2O$  и  $CO_2$ . Суммарный же итог выражается брутто-уравнением  $MO(BaO_2) + ЭO_3 \rightarrow MЭO_4$ .

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шидловский А. А. Основы пиротехники. — М.: Машиностроение, 1973.
2. Бахман Н. И., Беляев А. Ф. Горение гетерогенных конденсированных систем. — М.: Наука, 1967.
3. Болдырев В. В., Александров В. В. и др. Докл. АН СССР, 1977, 233, 2, 395.
4. Мержанов А. Г., Попова Т. Я. и др. // Проблемы технологического горения. — Т. II: Химия, технология, свойства и применение продуктов горения. — Черногловка, 1981.
5. Seward R. P. J. Amer. Chem. Soc., 1945, 67, 7, 1189.
6. Жуковский В. М., Янушкевич Т. М., Тельных Т. Ф. ЖНХ, 1972, 17, 10, 2827.

Поступила в редакцию 7/II 1988

УДК 621.044.2

### ЛОКАЛИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИИ В МЕДИ ПРИ ВЗРЫВНОМ ОБЖАТИИ ПОЛЫХ ЦИЛИНДРОВ

*В. Ф. Нестеренко, А. Н. Лазариди, С. А. Першин*

*(Новосибирск)*

Явлению локализованной сдвиговой деформации в монолитных высокопрочных материалах посвящено достаточно много работ. Оно наблюдается, в определенных условиях, и при ударно-волновом прессовании керамических [1] и быстрозакаленных металлических порошков из различных сплавов [2].

Одним из основных критериев появления локализации считается [3] достижение материалом в процессе высокоскоростного деформирования максимального упрочнения. Поэтому можно предположить, что локализация деформации должна проявляться в любом металлическом материале при достижении определенной степени и скорости деформации, в том числе и в пластичных материалах с низкой прочностью. Например, в меди данное явление наблюдалось в условиях высокоскоростной деформации кручения с  $\dot{\epsilon} = 330 \text{ с}^{-1}$  [4], при плоском ударно-волновом нагружении ( $p = 75 \text{ ГПа}$ ) и остаточной деформации образцов с  $\epsilon = 38 \%$  [5]. Представляет интерес исследование локализации и в других условиях деформации, где она может оказывать качественное влияние на ход процесса, например при затекании пор в порошках, кумуляции. Поведение материала в этих условиях может быть выяснено в модельных экспериментах по схлопыванию труб, где реализуется широкий спектр состояний материала по величине деформаций и температур.

В работе исследуется схлопывание медных оболочек при взрывном обжатии. Цилиндры из меди М1, имеющие внешний диаметр 30 и диаметр полости 10 мм, обжимались при различных скоростях деформации. Изменение скорости деформации достигалось применением различных ВВ или варьированием толщины слоя ВВ. Предварительно цилиндры отжигались при  $T = 450 \text{ }^\circ\text{C}$  3 ч, затем охлаждались на воздухе.

В этих условиях наблюдался неоднородный характер высокоскоростной пластической деформации меди. Например, при деформировании цилиндра продуктами детонации ВВ (аммонит 6ЖВ, толщина слоя ВВ  $h = 15 \text{ мм}$ ) в центральной части наблюдаются следы локализованной сдвиговой деформации (см. рисунок, а). Кроме области, где развивается локализованная деформация, ясно различима также и граница между областями с различным характером текстуры.

Нагружение цилиндров комбинированным зарядом ВВ с  $h = 10 \text{ мм}$  (4 мм внутренний слой (пластик ГП87К) и 6 мм внешний слой (ам-