

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)

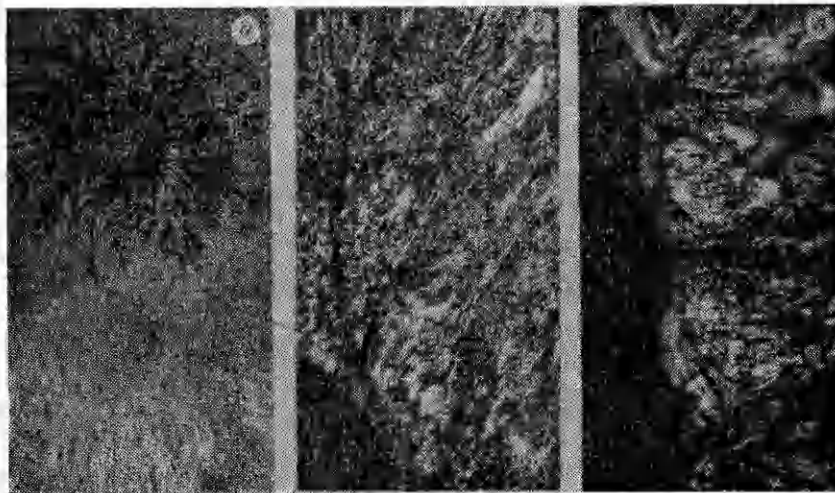
Явлению локализованной сдвиговой деформации в монолитных высокопрочных материалах посвящено достаточно много работ. Оно наблюдается, в определенных условиях, и при ударно-волновом прессовании керамических [1] и быстрозакаленных металлических порошков из различных сплавов [2].

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-



Локализация деформации вблизи полного схлопывания поры ($a \times 33$) и на промежуточных стадиях движения трубы ($b, c \times 133$).

монит 6ЖВ)) приводит также к локализации деформации, но с меньшим количеством линий сдвига (см. рисунок, б). При меньшей скорости деформирования ($h = 15$ мм, смесь аммонит 6ЖВ с аммиачной селитрой 50:50) начинается образование полос локализации сдвига при конечном радиусе полости ~ 2 мм (см. рисунок, в).

Таким образом, пластическая деформация меди в схлопывающейся цилиндрической полости носит ярко выраженный локализованный характер, что существенно для описания кинематики ее движения и теплофизических процессов. В частности, источниками паров [6] могут быть зоны локализованной деформации, а не вся внутренняя поверхность оболочки.

По нашему мнению, причины возникновения локализованного сдвига в меди в условиях проведенных экспериментов следующие:

— при высокоскоростном деформировании цилиндра его внутренние области имеют наибольшую скорость и степень деформации, что приводит к измельчению структуры и достижению предельного упрочнения. В процессе дальнейшего пластического течения происходит термическое разупрочнение, сопровождаемое локализацией деформации в виде полос сдвига;

— деформация внутренних слоев приводит к их нагреву до температуры, близких к температуре плавления. Это соответствует состоянию материала, в котором отсутствует упрочнение при сдвиговой деформации, что и приводит к ее локализации.

Следует отметить, что в экспериментах, проведенных с охлаждением цилиндров до температуры жидкого азота (ВВ не охлаждалось, $h = 15$ мм, аммонит 6ЖВ), не обнаружено существенных отличий в картине деформирования вблизи полости (ее конечный диаметр $\sim 1,2$ мм), что говорит в пользу первой гипотезы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Prümmer R. // High Energy Rate Fabrications: Proc. 9th Intern. conf.—Novosibirsk, 1986.
2. Нестеренко В. Ф., Першин С. А. ФГВ, 1987, 23, 5.
3. Stelly M., Dormeal R. // Metallurgical applications of shock-wave and high-strain-rate phenomena.—N. Y.; Basel: Marcel Dekker, Inc., 1986.
4. Lindholm E. S., Nagy A., Johnson G. R. et al. // Trans. ASME, 1980, 102, 376.
5. Mogilevsky M. A., Teplyakova L. A. // Metallurgical applications of shock-wave and high-strain-rate phenomena.—N. Y.; Basel: Marcel Dekker, Inc., 1986.
6. Матюшкин Н. И., Тришин Ю. А. // Письма в ЖТФ, 1977, 3, 10.

Поступила в редакцию 5/X 1988