

Рис. 3. Зависимость номинальной (а) и поглощенной (б) энергии удара от толщины образцов.
1 — Zr + Ba(NO₃)₂; 2 — Mg + Ba(NO₃)₂.

характерно ступенчатое (в две-три стадии) увеличение радиальной скорости движения смеси от нескольких метров до 100 м/с и более. Воспламенение смеси Mg + Ba(NO₃)₂ наступает через 60—200 мкс от начала высокоскоростного движения слоя или даже после его окончания. Смесь же Zr + Ba(NO₃)₂ инициируется не только при высокоскоростном радиальном движении слоя с заметно меньшим временем задержки от его начала, но и при низкоскоростном движении (~10 м/с). Если наряду с номинальной энергией удара использовать в качестве критерия оценки чувствительности энергию, поглощенную образцом $E_{\text{погл}}$ (рис. 3), то во всем диапазоне толщин ($d = 10$ мм) для обеих смесей $E_{\text{погл}}$ удовлетворительно коррелирует с номинальной энергией удара. Причем у смесей на основе магния $E_{\text{погл}}$ больше, а область толщин с минимальной энергией инициирования уже, чем у составов на основе циркония. Для последнего минимум энергии должен проявиться при еще большей толщине слоя, что также указывает на большую чувствительность смеси Zr + Ba(NO₃)₂. Об этом же свидетельствуют и результаты регистрации распространения процесса горения исследованных смесей из зоны воздействия. Они показывают, что для смеси Zr + Ba(NO₃)₂ характерно в большинстве случаев испытаний распространение горения на окружающее вещество. Смесь же Mg + Ba(NO₃)₂ чаще всего инициируется только под бойком без распространения горения на окружающее вещество.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 4545-80. Вещества взрывчатые. Методы определения чувствительности к удару.— М.: Госстандарт, 1981.
2. Муратов С. М., Бажанов С. П., Гидасова Е. Х. и др. ФГВ, 1985, 21, 4, 123.
3. Муратов С. М., Цыганков В. С., Постнов С. П. и др.— В кн.: Первый Всесоюз. симп. по макрокинетике и хим. газодинамике. Т. II.— Черногоровка, 1984.
4. Афанасьев Г. Т., Боболев В. К. Иницирование твердых взрывчатых веществ ударом.— М.: Наука, 1968.
5. Афанасьев Г. Т., Боболев В. К., Карабанов Ю. Ф. и др. ФГВ, 1975, 11, 3, 467.
6. Дубовик А. В., Лисанов М. В.— В кн.: Матер. VIII Всесоюз. симп. по горению и взрыву. Детонация и ударные волны.— Черногоровка, 1986.
7. Кондриков Б. П., Чубаров В. Д.— В кн.: Вопросы теории взрывчатых веществ.— М., 1974.

Поступила в редакцию 11/XI 1986,
после доработки — 20/II 1987

ПЕРЕМЕЩЕНИЕ УДАРНИКА В МЕТАЛЛЕ

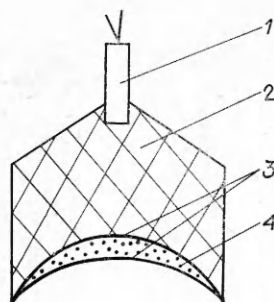
С. К. Андилевко, Е. Н. Сай, Г. С. Романов,
С. М. Ушеренко

(Минск)

Форма кратера, возникающего при соударении, зависит от материала ударника и преграды, скорости, угла соударения и т. д. [1]. В рамках принятых представлений о кратерообразовании [2] наибольшая деформация материала преграды наблюдается на этапе расширения. Конечный диаметр кратера, как правило, больше диаметра ударника. Глубина кратера обычно не превышает 10—40 размеров исходного ударника. Кратеры, геометрия которых отклоняется от описанной выше, принято счи-

Рис. 1. Схема взрывного ускорителя.

1 — детонатор; 2 — заряд ВВ; 3 — металлическая облицовка; 4 — порошок.



тать аномальными [3]. Рассмотрению некоторых необычных результатов, полученных при внедрении ударников в преграду, посвящена настоящая работа.

Разгон частиц порошка выполнялся на взрывном ускорителе (рис. 1). После обработки преграду, изготовленную из среднеуглеродистой Ст. 45, разрезали, готовили макрошлиф и травили раствором азотной кислоты (рис. 2). В темной области (рис. 2, б) видна крупнозернистая структура, обладающая пониженной стойкостью к травлению.

Интересной особенностью локальных зон является различная реакция на нагрев. На рис. 3 представлена структура светлой (а) и темной зон (б) (после нагрева обработанной заготовки при температуре 800 °С в течение часа). Нагрев темной зоны приводит к возникновению в ней «прерывистых» границ между зернами. Можно полагать, что возникшие зоны соответствуют областям различного давления в преграде. В таком случае в темной зоне наблюдается перестройка структуры стали под действием высокого динамического давления. Локализацию давления и соответственно перестройку структуры подтверждает наличие резкой границы перехода между различными зонами.

В качестве рабочего вещества в ускорителе использовался порошок окиси алюминия. Частицы окиси обнаружены при помощи микронзондового анализа в объеме обработанной стали вплоть до глубины 40 мм. Структура включений показана на рис. 4. Перекрестие указывает на область объекта, анализируемого на элементы при помощи микронзонда. Анализ внедренных в сталь микрочастиц показал следующие отклонения от традиционного кратерообразования: отношение глубины проникновения к размеру исходной частицы порошка во всех случаях более 40; происходит практически полное закрытие кратера при внедрении ударника. Согласно излагаемым в работах [3—5] представлениям, это возможно только в рамках аномального механизма кратерообразования, которому соответствует специфический характер перераспределения энергии удара.

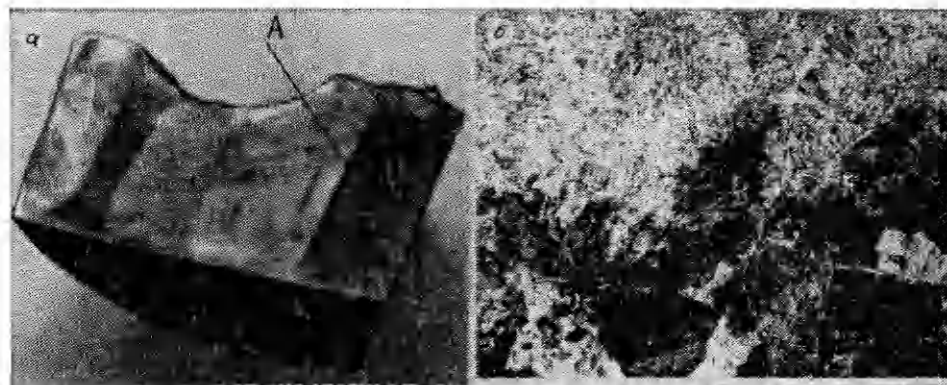


Рис. 2. Макрошлиф обработанной Ст.45 (а) и граница между светлой и темной зонами (точка А). $\times 200$.

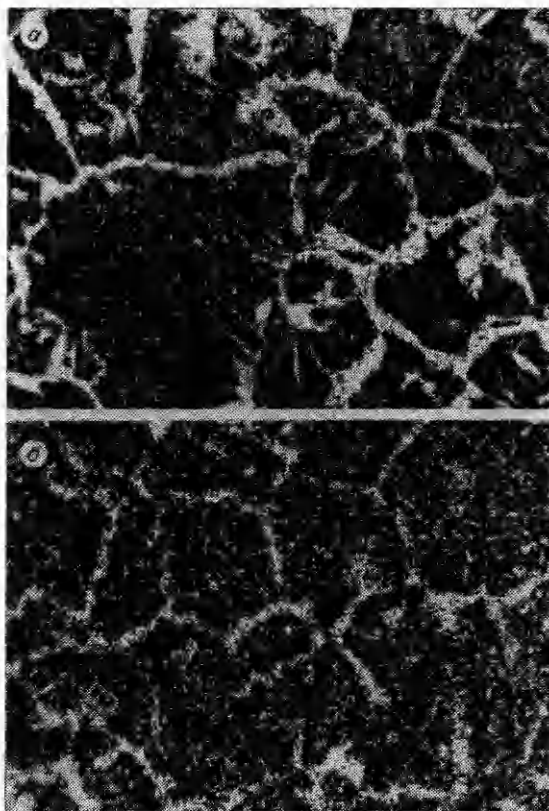


Рис. 3. Структура отожженного образца обработанной Ст.45. $\times 200$.

Косвенно это, очевидно, можно подтвердить при помощи экспериментов, схема которых приведена на рис. 5. Расстояние между поверхностью контейнера и пленкой-датчиком составляло ~ 25 мм. В качестве материала стержня использовалась Ст. 3. В зависимости от используемого рабочего вещества экспериментально получены координаты регистрируемой засвеченной зоны (рис. 6), приведенные в таблице. Жесткое излучение регистрируется только при наличии «сверхглубокого» проникновения рабочего вещества в объем металлического стержня. Экспе-

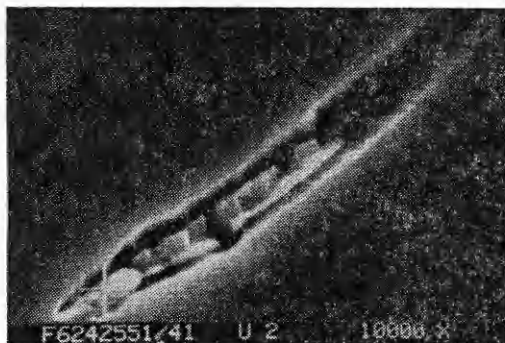


Рис. 4. Структура внедренного материала в Ст.45. $\times 10\ 000$.

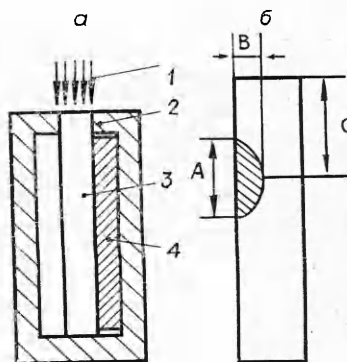


Рис. 5. Схема регистрации перемещения ударника в металле (а) и схематическое изображение регистрируемой зоны (б).

1 — поток частиц порошка; 2 — металлический контейнер; 3 — металлический стержень; 4 — пленка-датчик; А, В, С — координаты засвеченной области,

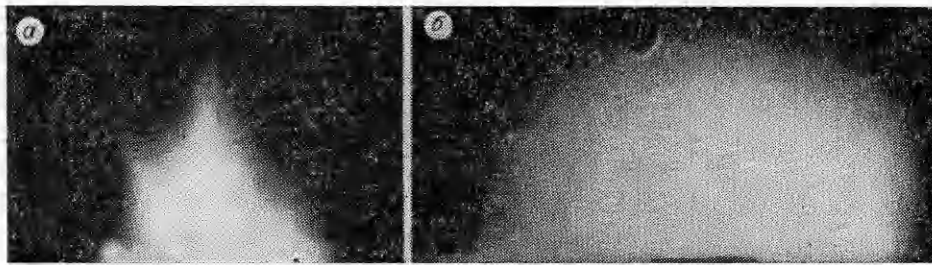


Рис. 6. Вид засвеченной области. Рабочее вещество — диборид титана (а) и нитрид кремния (б).

рименты с ударом металлической пластиной или крупными частицами по схеме, изображенной на рис. 5, а, не позволили зарегистрировать излучение.

Анализ изложенных экспериментальных результатов позволяет доказать принципиальную возможность регистрации «сверхглубокого» проникновения частиц порошка в объем стали и рассмотреть наличие попутных эффектов взаимодействия потока частиц порошка со сталью. Процесс аномального проникновения происходит при перераспределении энергии удара и существенно отличается от аналогичного соударения крупных тел.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базилевский А. Т., Иванов Б. А.— В кн.: Механика образования воронок при ударе и взрыве/Под ред. В. А. Николаевского.— М.: Мир, 1977.
2. Златин И. А., Красильников А. П., Мишин Г. И. и др. Баллистические установки и их применение в экспериментальных исследованиях.— М.: Наука, 1974.
3. Геннон Р. Е., Лашло Т. С., Лей К. Е. и др. РТК, 1965, 3, 11, 148.
4. Понд Р., Гласс К.— В кн.: Высокоскоростные ударные явления/Под ред. В. А. Николаевского.— М.: Мир, 1973.
5. Горобцов В. Г., Ушеренко С. М., Фурс В. Я.— В кн.: Порошковая металлургия. Вып. 3.— Минск: Вышэйш. шк., 1979.

Поступила в редакцию 23/VI 1986

О ПЕРЕДАЧЕ ДАВЛЕНИЯ В ПОРИСТЫЕ СРЕДЫ ПРИ ВЗРЫВНОМ НАГРУЖЕНИИ

А. А. Штерцер
(Новосибирск)

Существует большое число схем взрывного нагружения материалов, но наибольшее распространение получила, по-видимому, схема, представленная на рис. 1, а. Видно, что фронт детонации взрывчатого вещества (ВВ) ориентирован перпендикулярно к границе раздела ВВ — нагружаемый материал. Такая ситуация реализуется, когда в контакте с материалом помещают слой ВВ, состав которого одинаков по всему объему, а инициирование производят в какой-то произвольной точке заряда. На практике такое нагружение применяют при метании пластин в сварке взрывом, упрочнении взрывом, динамическом компактировании пористых тел и т. д. Действие продуктов детонации (ПД) на вещество при таком нагружении, по-видимому, можно считать достаточно изученным с тем, чтобы применять такую схему на практике [1—5].

Представляет интерес рассмотреть более общий случай, когда фронт детонации не перпендикулярен границе раздела ВВ — нагружаемое вещество, а наклонен под некоторым углом φ к нормали (рис. 1, б, в). Необходимо отметить, что в стационарном режиме скользящей детонации