

ТРУДЫ

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ИНСТИТУТА
ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ

ПРИ ТОМСКОМ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМ. В. В. КУЙБЫШЕВА

Выпуск 2

ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
Томск — 1973

Настоящий сборник содержит оригинальные работы по гидромеханике, газовой динамике и термоупругости, представленные сотрудниками научно-исследовательского института прикладной математики и механики при ТГУ и ряда кафедр Томского государственного университета. Труды рассчитаны на инженеров и научных работников, занимающихся приложениями численных и аналитических методов в различных областях прикладной математики и механики.

Редакторы — В. А. ШВАБ, В. Е. ТОМИЛОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛН НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ УДАРЕ

Т. М. ПЛатова, И. Е. Хорев, В. В. Бельский

Для измерения параметров ударных волн или волн напряжений в металлах, вызванных ударом или контактным взрывом, широко используются разнообразные методы их регистрации, которые в конечном итоге определяют или скорость фронта волны, или же скорость вещества за ней. К ним относятся метод электроконтактных датчиков [1], различные варианты емкостного метода [2, 3, 4], скоростное фотографирование [5].

Ниже излагается метод исследования волн напряжений и откольных эффектов при ударе с использованием импульсных рентгеновских аппаратов типа ИРА-1Д с синхронизацией. Для определения массовой скорости за волной напряжения, близкой к сферической, образованной в плите ударом цилиндрического бойка с высотой, равной диаметру, используется метод искусственного откола. Он состоит в применении тонких слоев металла, шлифованных к тыльной поверхности преграды, подвергаемой удару. Разгрузка вещества, сжатого волной напряжений, на тыльной поверхности преграды приводит к движению искусственного слоя с удвоенной массовой скоростью. Материал преграды и искусственного слоя может быть в общем случае различен, при этом параметры волны напряжений в плите определяют, используя закономерности распада ударного разрыва на границе раздела сред по так называемому методу «отражения» [1].

В качестве искусственного слоя используется свинцовая фольга толщиной 0,05 мм. Высокая плотность ее дает возможность хорошо фиксировать центр масс искривленной части искусственного слоя на рентгеновских снимках при его движении. Пластичность пленки позволяет накатывать ее на большую площадь предполагаемого района соударения и определять скорость осевой точки купола по двум фотографиям на достаточно большой базе, от нескольких миллиметров до десятка миллиметров, до момента разрыва.

Данный метод может быть использован до весьма высоких давлений (для железа 1,5 Мбар), т. е. до тех пор, пока ошибка эксперимента не превысит ошибку в расчетах скорости движения тыльной поверхности за счет остаточного разогрева.

Кроме этого, метод импульсной рентгенографии позволяет одновременно фиксировать движение и тыльной поверхности плиты в результате просвечивания тонкой металлической фольги. Наличие у металлов проч-

ности приводит к тому, что тыльная поверхность плиты при разгрузке движется с меньшей скоростью, чем купол искусственного слоя. Разрыв в скоростях и определяет так называемую величину критических разрывающих напряжений $P_{кр} = \rho_0 D \frac{V - V_1}{2}$, где D — скорость ударной волны, V — скорость движения искусственного слоя, V_1 — скорость движения тыльной поверхности. Для слабых ударных волн (волн напряжений) $D \approx C_0$, где C_0 — скорость звука.

Располагая два аппарата в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, можно получить два последовательных во времени снимка процесса. Для того, чтобы рентгеновские трубки срабатывали в заданный момент времени, была использована новая конструкция разрядника и схема задержки импульсов.

Блок-схема, поясняющая процесс рентгенографирования, показана на рис. 1, а схема фотографирования на рис. 2. При замыкании ударником контакта K , расположенного на лицевой поверхности плиты, запускалась система задержки. Сигнал со схемы задержки поступал на первую и вторую рентгеновские трубки через заданный промежуток времени. После срабатывания рентгеновских трубок сигналы с делителя в схеме запуска рентгеновских трубок последовательно поступали на измеритель времени ИВ-13м. Таким образом, в эксперименте регистрировалось время между вспышками и расстояние, пройденное за этот промежуток времени центром купола искусственного слоя и тыльной поверхностью плиты. По этим данным определяется значение массо-

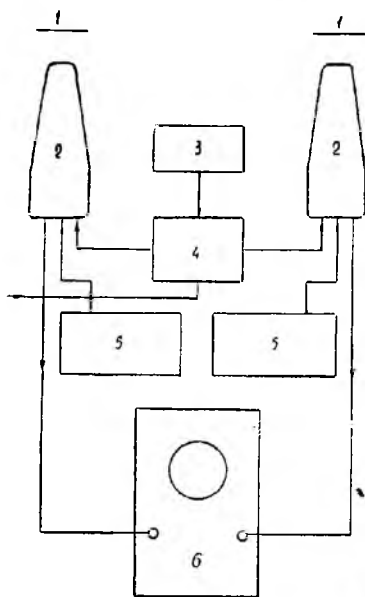


Рис. 1. Блок-схема рентгенографирования.

1 — рентгеновская пленка, 2 — рентгеновская трубка, 3 — блок питания схемы задержки, 4 — схема задержки, 5 — пульты управления рентгеновскими трубками, 6 — измеритель времени

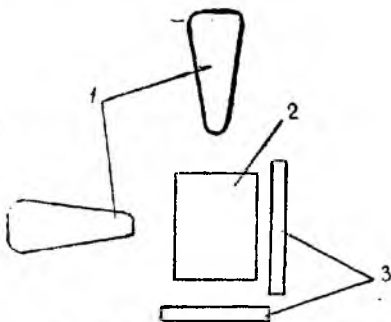


Рис. 2. Схема фотографирования. 1 — рентгеновские трубки, 2 — исследуемая плита, 3 — рентгеновские пленки

вой скорости за фронтом волны и оцениваются критические разрушающие напряжения материала.

Обработка рентгенограмм производилась под микроскопом с использованием метода тарирования, т. е. был изготовлен искусственный купол и получены две рентгенограммы во взаимно перпендикулярных плоскостях через каждый миллиметр его продвижения. Тарирование

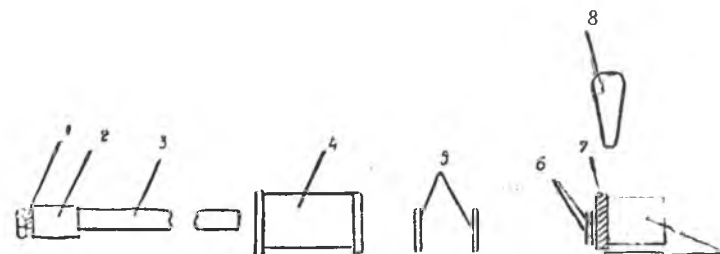


Рис. 3. Схема экспериментальной установки.

1 — электроразпад, 2 — пороховая камера, 3 — ствол, 4 — отсекающий поддон, 5 — рамы-мишени для регистрации скорости полета ударника, 6 — контакты запуска схемы задержки времени, 7 — плита, 8 — рентгеновская трубка, 9 — рентгеновская пленка

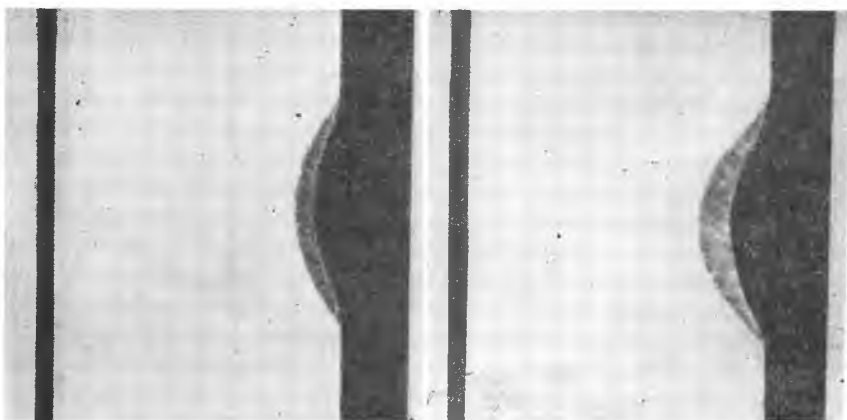


Рис. 4. Рентгенограмма процесса. $V_0 = 1250$ м/сек; $Cm3 \rightarrow Cm3$. толщина плиты 10 мм
а) $t = 16$ мксек, б) $t = 29$ мксек

избавляет от дополнительных ошибок при замере, которые возникли бы при расчете масштаба увеличения изображения. Расчеты показывают, что максимальная ошибка при вычислении скорости движения купола составляет $\sim 8\%$.

Описанная выше установка использовалась для исследования волн напряжений при ударе. Метание стальных цилиндрических ударников диаметром 8 мм осуществлялось пороховой системой, как показано на



а)



б)

Рис. 5. Рентгенограмма процесса.
 $V_0=1250$ м/сек; $\text{Sm}3 \rightarrow \text{Pb}$, толщина плиты 15 мм а) $t = 39$ мксек, б) $t = 50$ мксек

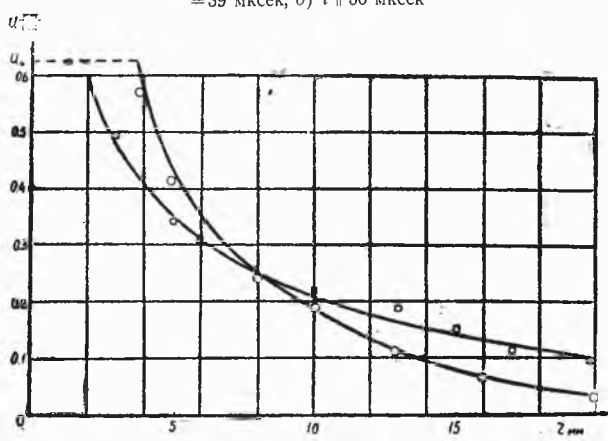


Рис. 6. Кривые затухания массовой скорости в плитах из стали 3 и свинца $V_0=1250$ м/сек \circ — сталь, \square — свинец

рис. 3. Скорость движения ударника регистрировалась катодным осциллографом с помощью рам-мишеней с точностью 0,7%.

На рис. 4, 5 приведены рентгенограммы двух последовательных во времени снимков процесса движения купола искусственного слоя и тыльной поверхности для стальных и свинцовых плит. На рис. 6 представлены кривые затухания массовой скорости в преградах из стали 3 и свинца при нормальном ударе стального цилиндра размером 8 мм со скоростью 1250 м/сек.

ЛИТЕРАТУРА

1. Альтшулер Л. В. Физика высоких давлений. УФН, № 2, 1965.
 2. Белинский И. В., Христофоров Б. Д. О затухании в алюминии плоских ударных волн, вызванных ударом. ПМТФ, № 3, 1967.
 3. Кондратьев В. П., Немчинов И. В., Христофоров Б. Д. О затухании в твердом теле плоских ударных волн, вызванных взрывом. ПМТФ, № 4, 1968.
 4. Витман Ф. Ф., Иванов М. И., Иоффе Б. С. Сопротивление разрушению пластических металлов при импульсном нагружении. ФММ, т. 18, в. 5, 1964.
 5. Орленко Л. П. Поведение материалов при интенсивных динамических нагрузках. Машиностроение, 1964.
-