

О ПОВРЕЖДЕНИИ СТАЛЬНОЙ ПРЕГРАДЫ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ УДАРЕ

УДК 539.375

Г. В. Белов, В. К. Голубев, Н. А. Юкина

ВНИИ экспериментальной физики, 607200 Саров

Представлены результаты определения характера повреждения преграды из углеродистой стали толщиной 30 мм при ее нагружении ударом стального шарика диаметром 5,55 мм, разгоняемого до скорости 7,4 км/с. По таким параметрам, как размеры кратера и прогиб откольного слоя, отмечено достаточно хорошее соответствие с результатами, полученными в условиях менее интенсивного нагружения. Выявлено не фиксируемое ранее повреждение в виде трещины, проходящей через преграду на уровне донной поверхности кратера.

Процесс повреждения преград конечной толщины из мягкой углеродистой стали при высокоскоростном ударе стальными шариками изучался в работе [1]. Для шариков диаметром 1–4 мм определены зависимости глубины кратера и предельной толщины пробивания от скорости удара, отмечено слабое влияние масштабного фактора. В данной работе рассматривается характер повреждения стальной преграды при более интенсивном нагружении. Преградой служила плита из углеродистой стали Ст.3 толщиной 30 мм. Ударник — шарик из шарикоподшипниковой стали ШХ6 диаметром 5,55 мм — разгонялся до скорости 7,4 км/с использованием усовершенствованного газокумулятивного заряда взрывчатого вещества [2].

Сечение поврежденного участка, вырезанного из преграды, показано на рис. 1. Здесь наряду с типичными повреждениями — ярко выраженным кратером и существенно прогнувшимся тыльным откольным слоем — присутствует не фиксировавшееся ранее в опытах [1] повреждение, которое имеет вид трещины довольно значительного размера, проходящей через преграду на уровне донной поверхности кратера. Наблюдаются также небольшие трещины, выходящие на боковую поверхность кратера и направленные так, что их продолжения сходятся примерно в центре донной поверхности кратера.

Структура материала преграды в различных зонах сечения показана на рис. 2. Вблизи донной поверхности кратера ее вид обусловлен оплавлением поверхностного слоя. На рис. 2,б приведен фрагмент верхней части боковой поверхности кратера. Здесь формирование структуры происходит путем отрыва материала в твердом состоянии. Характер разрушения в области тыльного откола и в зоне трещины, проходящей на уровне донной поверхности кратера, соответствует характеру откольного разрушения стали Ст.3, наблюдаемому ранее [3].

Условия нагружения преграды, реализуемые в данной работе, соответствуют максимальному начальному давлению в точке удара 280 ГПа и кинетической энергии ударника 19 кДж. Размеры образующегося кратера достаточно хорошо согласуются с зависимостью глубины кратера от скорости удара, полученной в [1]. Это позволяет оценить (для условий настоящих экспериментов) предельную толщину преграды из стали Ст.3; при

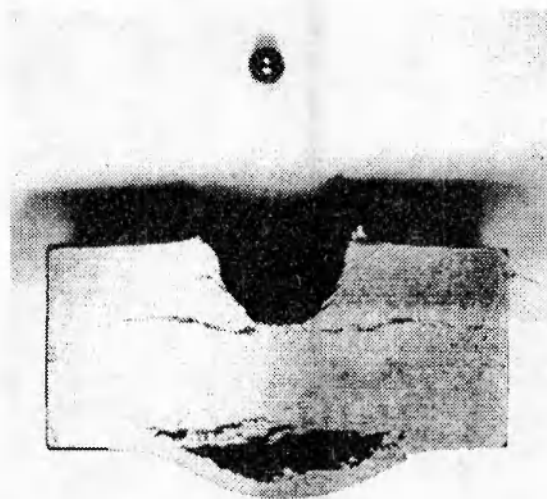


Рис. 1. Сечение поврежденного участка преграды

меньшей толщине возможно сквозное пробивание преграды. На основе данных [1] оценка дает значение 23 мм.

В работе [4] в качестве параметра повреждения при высокоскоростном ударе преграды из хромоникельмолибденовой стали толщиной 25,4 мм использовали величину прогиба тыльного откольного слоя. При ударе стальным шариком диаметром 11,53 мм, обладающим кинетической энергией ~ 19 кДж, прогиб откольного слоя в [4] был в ~ 3 раза меньше, чем в данной работе. Однако динамический предел текучести подобной легированной стали также в ~ 3 раза превышает таковой для мягкой углеродистой стали Ст.3. Работа по пластическому прогибу толстой мембраны, каковой, по существу, является тыльный откольный слой, пропорциональна произведению величин прогиба и предела текучести. С учетом этого результаты данной работы и [4] по прогибу откольного слоя вполне сопоста-

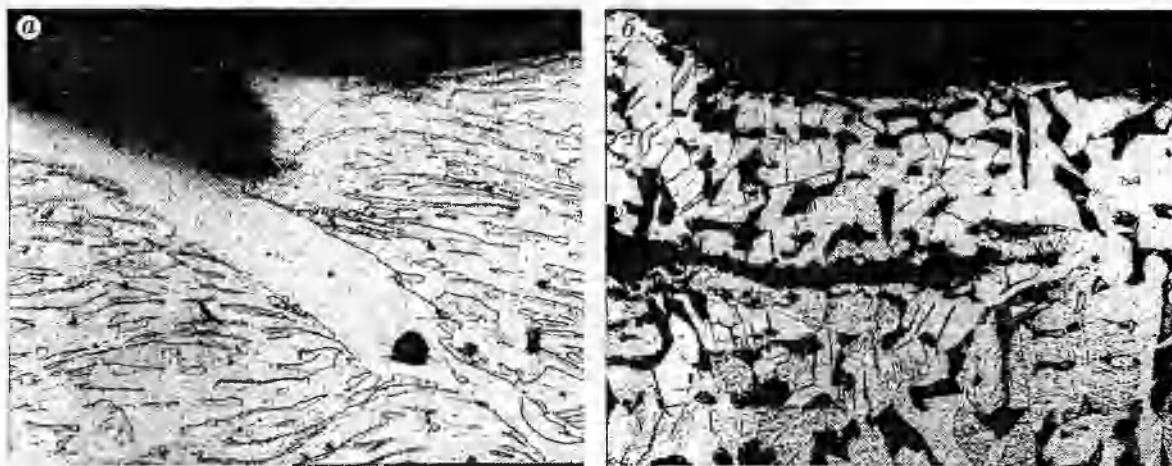


Рис. 2. Структура материала у донной (а) и боковой (б) поверхностей кратера ($\times 200$)

вимы. В [4] также отмечено, что трещины, выходящие на боковую поверхность кратера, обусловлены процессом локализации сдвиговой деформации, а их направление в значительной степени связано с величиной акустического импеданса материала ударника. Что же касается крупной трещины, проходящей через преграду на уровне донной поверхности кратера, то определяющую роль в ее образовании, по-видимому, играет взаимодействие волн разрежения, отраженных от тыльной и лицевой поверхностей преграды.

В заключение авторы выражают благодарность В. И. Чижову и Е. П. Дякину за помощь в подготовке и проведении эксперимента, а также Г. С. Смирнову за поддержку в работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Титов В. М., Фадеев Ю. И. Сквозное пробивание при метеоритном ударе // Косм. исследования. 1972. Т. 10, вып. 4. С. 589–595.
2. Титов В. М., Швецов Г. А. Лабораторные методы высокоскоростного метания твердых тел взрывом // Физика горения и взрыва. 1970. Т. 6, № 3. С. 401–404.
3. Голубев В. К., Новиков С. А., Соболев Ю. С., Юкина Н. А. Влияние температуры и времени нагружения на прочность и разрушение железа и сталей Ст.3 и 12Х18Н10Т при отколе // Проблемы прочности. 1985. № 6. С. 28–34.
4. Shockey D. A., Curran D. R., De Carli P. S. Damage in steel plates from hypervelocity impact. 1. Physical changes and effects of projectile material // J. Appl. Phys. 1975. V. 46, N 9. P. 3766–3775.

Поступила в редакцию 2/VI 1995 г.
