

Химическая физика

УДК 532.539:536.711

О МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ЛАТУНИ КАК МАТЕРИАЛА ДЛЯ ОБЛИЦОВКИ БОЕПРИПАСОВ ТИПА «УДАРНОЕ ЯДРО»*И. И. Реут, А. Л. Кривченко*Самарский государственный технический университет,
443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244.

E-mails: enterfax@mail.ru, snex@rambler.ru

Проведён расчёт скорости торцевого метания пластин зарядами А-IX-1 и ТГ 50/50 по динамическим адиабатам метаемых элементов. Показано, что кинетический модуль для единицы массы при метании пластины из латуни зарядом А-IX-1 примерно на 4% выше и на 8% выше при её метании зарядом ТГ 50/50, чем при метании медной пластины.

Ключевые слова: ударная адиабата, латунь, экспресс-метод, торцевое метание.

1. Введение. В настоящее время одной из важнейших задач для разработки боеприпасов является поражение бронированных целей. В этом плане параметры поражающих факторов с бронёй (преградой) определяются ударной адиабатой соударяющихся тел. Одним из вопросов разработки систем кинетического оружия является разработка ударника и определение его свойств. Это также актуально для зарядов взрывного бурения, ударных возбудителей сейсмосигнала и кумулятивных перфораторов. В настоящее время наиболее изученным в качестве ударников являются медь (ударные ядра), сталь и вольфрам (броневойные и подкалиберные снаряды). Характеристики же композиционных сплавов в качестве ударников изучены неполно, хотя многие, особенно на основе d-металлов, являются наиболее перспективными в этом плане.

Сложные динамические взаимодействия представляют самостоятельный интерес для различных областей науки и техники, в том числе и для разработки новых систем динамического оружия. В настоящее время не существует теоретических методов оценки эффективности действия композиционных материалов для облицовки боеприпасов типа «ударное ядро». Подбор материалов ограничен экспериментальными данными в основном по меди и стали. Поэтому в настоящей работе рассматривается латунь в качестве облицовки боеприпасов типа «ударное ядро».

Критерием оценки эффективности действия металла может стать кинетический модуль E для единицы массы облицовки:

$$E = W^2/2,$$

где W — скорость метания облицовки. Для этого необходимо разработать с достаточно высокой достоверностью теоретический экспресс-метод оценки скорости метания, основанный на ударно-волновом анализе.

2. Определение скорости торцевого метания пластины по динамическим адиабатам метаемых элементов. Наиболее удобная форма задания ударной адиабаты в координатах « $D - U$ » имеет вид

$$D = \alpha + \lambda U, \quad (1)$$

где D — скорость ударной волны, U — массовая скорость, α и λ — эмпирические коэффициенты. К настоящему времени константы α и λ определены для многих материалов. Константа α численно равна объёмной скорости звука C , соответствующей начальной адиабатической объёмной сжимаемости вещества.

Игорь Игоревич Реут, аспирант, каф. защиты в чрезвычайных ситуациях. Александр Львович Кривченко (д.т.н., доц.), профессор, каф. защиты в чрезвычайных ситуациях.

Величину $\lambda = dD/dU$ в (1) можно рассматривать как производную в некоторой промежуточной точке ударной адиабаты. Значение λ меняется вдоль адиабаты Гюгонио с увеличением плотности вещества в ударной волне [1]. В работе [2] на основе анализа экспериментальных ударных адиабат, взятых в основном из [1], показано, что ударные адиабаты элементов составляют две группы с одинаково меняющимися со степенью сжатия вещества во фронте ударной волны величинами λ .

Принято считать, что соотношение (1) может служить уравнением состояния химических элементов и сложных веществ, включая и сплавы [3]. К тому же линейные соотношения в координатах « $D - U$ », описывающие ударную адиабату в области более высоких давлений, будут иметь произвольные коэффициенты α и λ .

Для расчёта ударных адиабат при ударно-волновом взаимодействии необходимым условием является точный прогноз значения объёмной скорости звука в композиционном материале, в который входит ударная волна. Согласно данным [4], объёмная скорость звука, даже если она не определена экспериментально, с высокой степенью точности рассчитывается по правилу симметричного 8-элементного окружения данного элемента в таблице периодического закона Д. И. Менделеева. Согласно данному правилу объёмная скорость звука C определяется как среднеарифметическое всех восьми окружающих элементов:

$$C = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 C_i,$$

где C_i — объёмная скорость звука элементов окружения.

Аналогичным методом определяется коэффициент λ :

$$\lambda = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 \lambda_i,$$

где λ_i — значения коэффициентов у элементов окружения.

Расчёт массовой скорости U для ударной адиабаты осуществляется по методу акустического приближения и скорости метания в первом отражении ударных волн. Схематически метод представлен на рис. 1.

Данные для расчёта скорости звука и коэффициента ударной адиабаты λ на примере латуни приведены в таблице.

Расчётная и экспериментальная ударные адиабаты для латуни и её компонентов в координатах « $D - U$ » приведены на рис. 2, из которого видно, что имеет место близость хода экспериментальной и вычисленной ударных адиабат на основе расчётных значений объёмной скорости звука и коэффициента ударной адиабаты λ ,

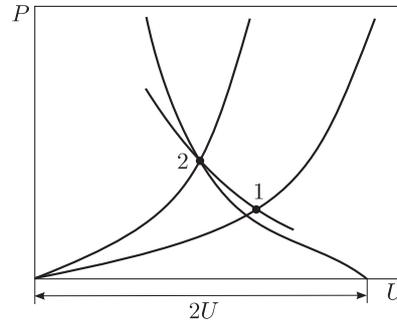


Рис. 1. Схема определения параметров ударной волны, входящей в металлическую пластину, и скорости её метания в первом импульсе: точка 1 — параметры детонации на адиабате продуктов детонации; точка 2 — зеркальное отражение адиабаты продуктов детонации на данную адиабату металлической пластины; $2U$ — скорость метания пластин при выходе ударной волны на свободную поверхность

Характеристики латуни и её компонентов

Металл	ρ , г/см ³	λ	C , м/с	Массовая доля
Zn	7,14	1,45	3300	0,235
Cu	8,96	1,48	3980	0,765
Cu+Zn	8,63	1,51	3725	—

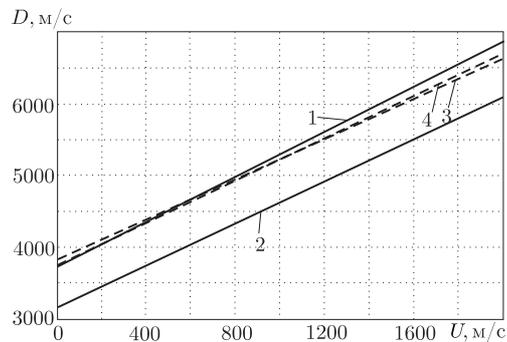


Рис. 2. Ударные адиабаты: 1 — экспериментальная ударная адиабата меди [5]; 2 — экспериментальная ударная адиабата цинка [5]; 3 — экспериментальная адиабата латуни [1]; 4 — расчётная адиабата латуни

полученных методом «правила симметричного окружения», и практически полного их совпадения в диапазоне массовых скоростей U в от 700 до 1600 м/с. Именно в этом диапазоне лежат массовые скорости материала пластины, которые для меди и латуни при их нагружении зарядом А-IX-1 составляют 955 м/с и 987 м/с соответственно, а при нагружении этих облицовок зарядом ТГ 50/50 — 730 м/с и 763 м/с соответственно. Кинетический модуль для единицы массы при метании пластины из латуни зарядом А-IX-1 примерно на 4% выше и на 8% выше при её метании зарядом ТГ 50/50, чем при метании медной пластины.

3. Выводы. Разработанный экспресс-метод оценки эффективности действия взрывчатых веществ вполне применим для металлических материалов поражающих элементов боеприпасов типа «ударное ядро» и даёт возможность определить наиболее оптимальный материал, хотя и требует экспериментальной проверки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *van Thiel M., Kusubov A. S., Mitchell A. C.* Compendium of shock wave data: Technical Report UCRL-50108. Livermore, CA: Lawrence Radiation Lab., 1967.
2. *Анисичкин В. Ф.* Обобщённые ударные адиабаты элементов // *ПМТФ*, 1978. № 3. С. 117–121; англ. пер.: *Anisichkin V. F.* Generalized shock adiabats of the elements // *J. Appl. Mech. Tech. Phys.*. Vol. 19, no. 3. Pp. 376–379.
3. *Андреев С. Г., Бабкин А. В., Баум Ф. А. и др.* Физика взрыва: в 2-х томах. Т.1 / ред. Л. П. Орленко. М.: Физматлит, 2004. 823 с. [*Andreev S. G., Babkin A. V., Baum F. A., et al.* Physics of Explosion. Vol. 1 / ed. L. P. Orlenko. Moscow: Fizmatlit, 2004. 823 pp.]
4. *Кривченко А. Л., Кривченко Д. А., Реут И. И., Чуркин О. Ю.* Расчет ударных адиабат d-металлов и их сплавов с использованием периодического закона Д. И. Менделеева / В сб.: *Ударные волны в конденсированных средах*. СПб., 2008. С. 253–255. [*Krivchenko A. L., Krivchenko D. A., Reout I. I., Churkin O. Yu.* Calculation of shock adiabats for d-metals and their alloys on the basis of Mendeleev periodic law / In: *Shock waves in condensed matter*. St. Petersburg, 2008. Pp. 253–255].
5. *Иванченко Е. С.* Прецизионные модели ударных адиабат и база ТЕФИС: Автореф. дисс. ... канд. физ.-мат. наук: 05.13.18. М.: ИММ РАН, 2009. 22 с. [*Ivanchenko E. S.* Precise models of shock adiabatic and TEFIS database: Ph. D. Thesis (Phys. & Math.). Moscow: IMM RAN, 2009. 22 pp.]

Поступила в редакцию 27/IX/2011;
в окончательном варианте — 13/X/2011.

MSC: 80A30

ON ASSESSMENT METHOD OF BRASS AS THE MATERIAL FOR EXPLOSIVELY FORMED PENETRATOR LINING

I. I. Reout, A. L. Krivchenko

Samara State Technical University,
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russia.
E-mails: enterfax@mail.ru, snex@rambler.ru

The calculation of a front tossing speed of plates by A-IX-1 and Cyclotol-50/50 charges was made on the basis of tossing elements dynamic adiabats. It is shown that as opposed to copper plate the kinetic module for the mass unit is about 4% higher for tossing the brass plate in case of using A-IX-1 and is about 8% higher in case of using Cyclotol-50/50.

Key words: shock adiabat, brass, express method, front tossing.

Original article submitted 27/IX/2011;
revision submitted 13/X/2011.

Igor I. Reout, Postgraduate Student, Dept. of Protection of Extremal Situation. *Alexander L. Krivchenko* (Dr. Sci. (Techn.)), Professor, Dept. of Protection of Extremal Situation.