

УДК 623.4.082.6: 623.565: 621.9.04: 519.63

DOI: 10.18698/2308-6033-2020-10-2020

О влиянии технологии изготовления кумулятивной облицовки на характеристики высокоскоростного элемента

© В.И. Колпаков, Н.А. Кудюков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрены результаты математического моделирования функционирования кумулятивных зарядов, кумулятивные облицовки (КО) которых состоят из разных материалов. Эти заряды образуют в результате функционирования высокоскоростные элементы. Как правило, КО для таких зарядов изготавливают методом холодной штамповки. Альтернативным методом получения облицовок является ротационная вытяжка. При этом можно ожидать, что прочностные характеристики раскатанной облицовки будут выше по сравнению с характеристиками штампованной облицовки из того же материала и с теми же геометрическими параметрами. Для выявления закономерностей формирования высокоскоростных элементов из штампованных и раскатанных КО численно с использованием аппарата механики сплошных сред моделировалось действие кумулятивных зарядов, в составе которых имелись стальные или медные сегментные облицовки малого прогиба. Влияние способа изготовления КО учитывалось путем варьирования значений физико-механических характеристик материала облицовки. Конструктивные параметры моделируемого заряда (за исключением величины прогиба КО) на протяжении расчетного исследования оставались неизменными и соответствовали параметрам применяемых в настоящее время образцов. По результатам численных экспериментов показано, что высокоскоростные элементы, образованные из раскатанных облицовок, менее склонны к разрушению при формировании и обладают большей наполненностью материалом, чем элементы, образованные из штампованных КО.

Ключевые слова: *снарядоформирующий заряд, высокоскоростной элемент, кумулятивная облицовка, технология изготовления, штамповка, ротационная вытяжка, численное моделирование*

Введение. Одними из основных средств, традиционно применяющихся для пробития прочных преград, являются кумулятивные заряды [1]. В ракетной технике особое место среди них занимают снарядоформирующие заряды (СФЗ), состоящие из металлической кумулятивной облицовки (КО) малого прогиба, корпуса, детонатора и взрывчатого вещества (рис. 1, 2). В результате функционирования СФЗ происходят обжатие и деформирование КО с последующим образованием из такой облицовки — в зависимости от конструктивных параметров заряда — компактного или удлиненного высокоскоростного элемента (ВЭ) [1–4].

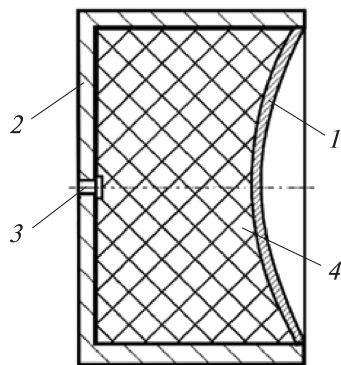


Рис. 1. Типовая схема снарядоформирующего заряда:

1 — облицовка; 2 — корпус; 3 — детонатор;
4 — заряд взрывчатого вещества

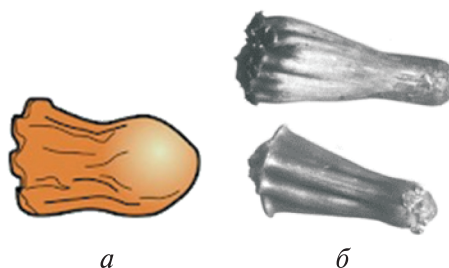


Рис. 2. Компактный (а) и удлиненные (б) высокоскоростные элементы

Для обеспечения заданных показателей функционирования СФЗ необходимо образование ВЭ требуемой формы (удлинения), не разрушающихся при формировании и сохраняющих свою целостность во время движения по траектории. Соответствие данному требованию особенно актуально для СФЗ, применяемых в составе управляемых снарядов, самоприцеливающихся боевых элементов, специальных частей ракетных изделий, где перед облицовкой заряда располагается аппаратура управления и наведения, обладающая собственными прочностью и сжимаемостью.

Описание проблемы. Основным способом формирования ВЭ является использование в СФЗ конических или сегментных облицовок малого прогиба, которые ограничены сферическими поверхностями с радиусами кривизны, существенно превышающими диаметр заряда. Масса элементов, образованных такими СФЗ, может составлять до 90 % массы облицовки, а скорость достигать 2,5 км/с. При этом кинетическая энергия подобных ВЭ сопоставима с кинетической энергией артиллерийских бронебойных снарядов.

В зависимости от требуемых параметров действия по преграде необходимо создание компактных или удлиненных ВЭ, не разрушающихся при формировании и сохраняющих свою целостность на траектории. Компактные ВЭ характеризуются удлинением (отношением длины к диаметру) $\bar{l} \approx 1$. Такие элементы применимы для дейст-

вия по преградам, расположенным на небольшом удалении от заряда. С увеличением расстояния между СФЗ и преградой, которое может достигать 1000 калибров, целесообразно применение удлиненных ВЭ ($\bar{l} \geq 3...4$), имеющих достаточный запас аэродинамической устойчивости [1, 3, 4].

Механизм формирования и параметры высокоскоростных элементов зависят от множества параметров заряда: типа взрывчатого вещества (ВВ), конструктивных параметров, способа инициирования и т.д. Значительное влияние на параметры элемента оказывают также конструктивные и физико-механические характеристики КО [1, 3, 4].

В настоящее время в качестве материалов КО используется большая группа металлов, среди которых наибольшее распространение получили мягкая сталь, медь, тантал, никель и их сплавы с вольфрамом [1]. На практике чаще используются СФЗ со стальными КО (11ЮА, 08кп, 11кп), реже — с медными.

Как правило, облицовки для СФЗ изготавливают методом холодной штамповки. Дополнительно возможно применение механической обработки для обеспечения требуемых качества поверхности облицовки и переменной толщины вдоль ее образующей. Однако при механической обработке может возникать (наряду с другими) проблема закрепления заготовки в трехкулачковом патроне ввиду малости ширины закрепления (1...4 мм) [5].

Одним из альтернативных методов изготовления облицовок для СФЗ является ротационная вытяжка. Этот способ позволяет изготавливать облицовки сложного осесимметричного профиля, в том числе переменной толщины, и обеспечивать требуемое качество поверхности КО без дополнительной механической обработки. При этом можно ожидать, что раскатанная облицовка будет иметь более высокие прочностные характеристики, чем штампованная облицовка из того же материала, имеющая те же геометрические параметры.

Цель настоящей работы — исследование закономерностей формирования ВЭ кумулятивными зарядами с облицовками из различных материалов, изготовленные разными способами.

Постановка задачи. Для достижения поставленной цели численно с использованием аппарата механики сплошных сред в двумерной осесимметричной постановке [6] решались задачи формирования ВЭ кумулятивными зарядами, имеющими в составе медные (М2) или стальные (11ЮА) сегментные КО, изготовленные штамповкой или ротационной вытяжкой. Конструктивные параметры моделируемого заряда, за исключением величины прогиба облицовки, соответствовали актуальным и применяемым на сегодняшний день образцам и на протяжении всех расчетных исследований оставались неизменными (рис. 3):