

# ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ РАЗДЕЛ

УДК 621.96

## О динамическом разрезании кожухов обтекателей боевых частей из алюминиевого сплава АМгб

В. К. Голубев, В. А. Медведкин

Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Россия

*Экспериментально получена зависимость длины прорезания кожухов боевых частей типа 9Е-1028 из алюминиевого сплава АМгб толщиной 1,0 мм от начальной скорости разогнанного с помощью взрыва массивного ножа. На основе этих данных определена сила сопротивления резу. Соответствующее этой силе среднее напряжение на поверхности прорезания сопоставимо с пределом текучести сплава АМгб.*

### Обозначения

- $m_e$  – масса заряда взрывчатого вещества
- $m_k$  – масса ножа
- $v_k$  – скорость ножа
- $l$  – длина прорезания
- $E$  – кинетическая энергия ножа
- $F$  – сила сопротивления резу
- $\bar{F}$  – среднее значение силы
- $s_n$  – стандартное отклонение для выборки
- $s_F$  – стандартное отклонение для среднего значения силы
- $S_c$  – площадь участка прорезаемой поверхности
- $\sigma_c$  – среднее напряжение на участке прорезаемой поверхности
- $\sigma_{0,2}$  – предел текучести

В настоящее время проблема разборки и утилизации боеприпасов, снятых с вооружения и с истекшим сроком хранения, является весьма актуальной и довольно сложной. Ее решение связано с безопасностью, экономикой и экологией. Процесс разборки конкретного боеприпаса, как правило, включает в себя разрушение корпуса или его отдельных элементов, извлечение из него заряда взрывчатого вещества (ВВ), токсичных или радиоактивных материалов, других узлов и деталей снаряжения. Разрушение корпуса производится путем его разрезания с использованием удлиненных кумулятивных зарядов, водяной струи высокого давления с абразивными

частицами, металлорежущих станков с автоматизированным приводом и дистанционным управлением. При решении одной конкретной задачи была разработана простая, экономичная и безопасная установка [1] для разрезания тонкостенных алюминиевых корпусов целого класса боевых частей типа АБ-62, 9Е-1028, а также содержащих поражающие элементы из обедненного урана.

Установка представляет собой закрепленные на одной раме взрывную камеру, разгонный отсек и барабан с пятью гнездами для разбираемых боевых частей. В качестве режущего инструмента используется поршень с закрепленным на нем ножом с пятью лезвиями (рис. 1). Лезвия ножа из инструментальной стали толщиной 5,6 мм имеют обратную стреловидность с углом  $60^\circ$  по отношению к направлению рабочего движения. Углы заточки режущей и внешних кромок лезвия также составляют  $60^\circ$ . Разгон поршня до необходимой скорости осуществляется за счет подрыва во взрывной камере небольшого заряда ВВ. Скорость ножа измеряется с помощью двух электромагнитных датчиков, размещаемых на корпусе разгонного отсека. Для перехода от одного типа боевой части к другому необходимо произвести лишь замену установочных барабанов.

В данной работе приведены результаты одного из этапов отработки методики, а именно: результаты определения динамического усилия, необходимого для разрезания кожухов обтекателей боевых частей типа 9Е-1028. Собственно, кожух представляет собой цилиндр из алюминиевого сплава АМг6 длиной 173 мм внешним диаметром 170 мм и толщиной стенки 1,0 мм. В экспериментах использовали кожухи, полученные при предшествующей разборке боевых частей. В установочные гнезда барабана вставляли по пять кожухов таким образом, чтобы их разрезание проводилось в местах, примерно диаметрально противоположных предшествующим прорезам. Для разгона ножа использовали ВВ НИЛ-2 с плотностью наполнения  $0,41 \text{ г/см}^3$ . Подрыв заряда ВВ производили с помощью капсуля-детонатора АТЭД 4.000.8, устанавливаемого непосредственно во взрывной камере. В каждом эксперименте двумя электромагнитными датчиками измеряли скорость ножа при его подходе к барабану. После окончания эксперимента визуально наблюдали вид разреза и измеряли его длину для каждого из кожухов.



Рис. 1. Режущий инструмент для разрезания тонкостенных алюминиевых корпусов боевых частей.



Рис. 2. Внешний вид одного из разрезанных кожухов обтекателя боевой части 9Е-1028.

## Результаты опытов по неполному разрезанию кожухов обтекателей боевых частей

$m_e$ , г	$v_k$ , м/с	$l$ , мм	$E$ , Дж	$F$ , кН
0,55	8,4	53	399	7,52
0,80	9,6	75	521	6,94
1,10	11,0	96	684	7,12
1,30	11,1	92	696	7,57
1,50	11,0	105	684	6,51
1,55	10,9	98	671	6,85
1,85	12,3	120	855	7,12
2,20	14,1	170	1123	6,61
2,90	17,1	236*	1652	7,00

\* Устанавливали по два кожуха в каждое гнездо, реальная длина прорезания составляла 118 мм.

Полученные экспериментально данные представлены в таблице, где  $m_e$  – масса заряда ВВ НИЛ-2;  $v_k$  – экспериментально зарегистрированная скорость ножа;  $l$  – длина прорезания;  $E$  – кинетическая энергия ножа;  $F$  – оцененное значение силы сопротивления резу. В одном из экспериментов в каждое гнездо устанавливали по два кожуха. В этом случае реальная длина прорезания составила  $l/2$ . В качестве примера на рис. 2 показан внешний вид одного из разрезанных кожухов.

Исходя из предварительного анализа данных можно было сразу же предположить, что в рассматриваемом диапазоне скоростей нагружения сила сопротивления резу является величиной постоянной, не зависящей от скорости ножа. Приведенные в таблице значения получены в результате элементарной оценки величины  $F = E/l$ , где  $E = m_k v_k^2 / 2$ ;  $m_k$  – масса ножа,  $m_k = 11,3$  кг. Согласно данным таблицы, среднее значение этой силы  $\bar{F} = \sum F_i / n$  составляет 7,03 кН, стандартное отклонение для выборки  $s_n = 0,36$  кН, стандартное отклонение  $s_F = 0,12$  кН. Оценить среднее значение силы сопротивления резу можно также несколько другим способом. Представив результаты в координатах  $l - E$  и построив линию регрессии, проходящую через нулевую точку, определим коэффициент ее наклона. Он также будет характеризовать среднее значение силы сопротивления  $\bar{F}$ , равное в нашем случае 6,94 кН и имеющее стандартное отклонение  $s_F = 0,10$  кН.

Экспериментальная и расчетная зависимости  $l(v_k)$  приведены на рис. 3. При  $\bar{F} = 6,94$  кН усилие, затрачиваемое на прорезание одного кожуха, составляет 1,39 кН, энергия, необходимая для его полного разрезания, – 0,240 кДж.

Представляется целесообразным сопоставить полученные результаты по условиям разрезания кожухов с данными по механическим свойствам сплава АМг6. Используемый режим прорезания обусловлен пластической деформацией сплава в зоне нагружения с характерным размером, близким к толщине лезвия ножа. Оценим среднее напряжение  $\sigma_c$  на участке прорезаемой поверхности кожуха шириной, равной толщине лезвия ножа. Площадь этого участка  $S_c = 5,6$  мм<sup>2</sup>, поэтому для  $\sigma_c = \bar{F} / 5S_c$  получим

значение 248 МПа. Согласно справочным данным [2], для листов из сплава АМг6 толщиной 2 мм предел текучести  $\sigma_{0,2}$  в зависимости от степени нагартовки изменяется от 180 МПа в отожженном состоянии до 300 МПа при степени нагартовки 20% и далее до 345 МПа при последующей нагартовке до 30%. Таким образом, оцененное значение  $\sigma_c$  соответствует пределу текучести сплава АМг6 со степенью нагартовки около 10%.

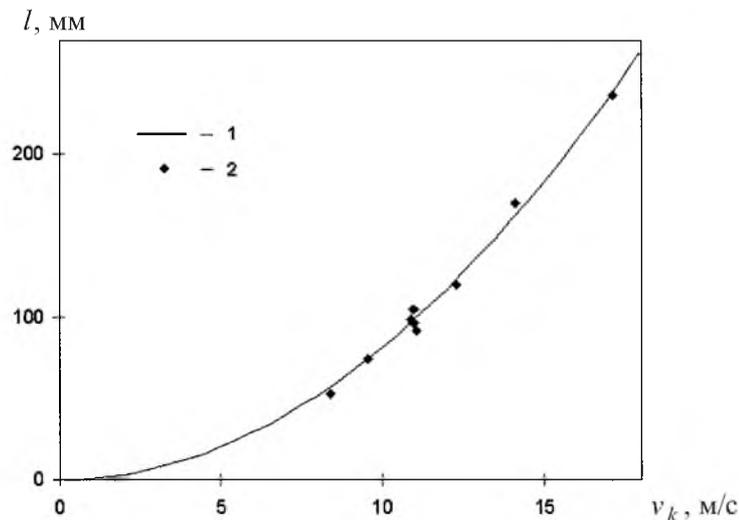


Рис. 3. Зависимость длины прорезания от скорости режущего инструмента: 1 – расчет с использованием значения  $\bar{F} = 6,94$  кН; 2 – экспериментальные данные.

В работе [3] приведено решение задачи о вдавливании жесткого клина в пластическую среду. Из решения следует, что при использовании клина с углом  $60^\circ$  напряжение  $\sigma_c$ , соответствующее усилию вдавливания, будет равно  $1,5\sigma_{0,2}$ . Решение указанной задачи относится к условиям плоского деформированного состояния. В нашем случае реализуются условия плоского напряженного состояния, поэтому снижение величины  $\sigma_c$  до уровня  $\sigma_{0,2}$  является вполне закономерным.

Можно отметить, что полученные результаты по определению силы сопротивления резу и их корреляция с пределом текучести позволяют прогнозировать условия разрезания корпусов боеприпасов, выполненных из других алюминиевых сплавов и имеющих иные размеры и толщины кожухов.

## Резюме

Експериментально отримано залежність довжини прорізання кожухів бойових частин типу 9Е-1028 з алюмінієвого сплаву АМг6 товщиною 1,0 мм від початкової швидкості масивного ножа, що розганяється за допомогою вибуху. На основі цих даних визначено силу опору розрізу. Середнє напруження на поверхні прорізання, що відповідає цій силі, зіставлюване з границею текучості сплаву АМг6.

1. *Медведкин В. А.* Установка для разрезания корпусов боеприпасов: Патент на изобретение № 2129251 РФ // Бюллетень изобретений. – 1999. – № 11. – С. 409 – 411.
2. *Алиева С. Г., Альтман М. Б., Амбарцумян С. М. и др.* Промышленные алюминиевые сплавы: Справочник. – М.: Металлургия, 1984. – 528 с.
3. *Писаренко Г. С., Можаровский Н. С.* Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести: Справочное пособие. – Киев: Наук. думка, 1981. – 496 с.

Поступила 19. 07. 99