

OpenCourseWare

Protección Ligera de Sistema Móviles (PLSM)

Tema 5: Mecánica de Impacto en materiales metálicos (Terminal Ballistics)

Jesús Pernas Sánchez
José Alfonso Artero Guerrero
Fernando Naya Montáns

Universidad Carlos III de Madrid

uc3m

Universidad
Carlos III
de Madrid



Índice

Introducción

Perforación y penetración de metales
Piercing vs Plugging

uc3m

Universidad
Carlos III
de Madrid

Introducción

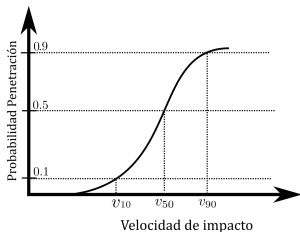


Figura: Probabilidad penetración

- Perforación: Evento durante el cual el proyectil crea una discontinuidad en la superficie original del blanco.
- La luz deberá verse a través del blanco
- Límite balístico
 - Parámetro estadístico.
 - V_{10} , V_{50} , V_{90}

Introducción

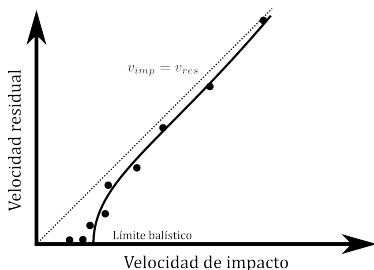


Figura: Límite balístico (v_r vs v_i)

- Dureza del blanco
- Ángulo de impacto (Ricochet)
- Forma del proyectil
- Ratio longitud/diámetro del proyectil

Introducción

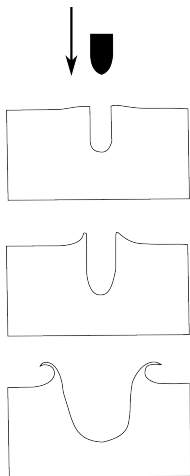


Figura: Regímenes de velocidades

Regímenes

- Baja velocidad: la profundidad del cráter es proporcional a la velocidad de impacto elevada a $4/3$
- Régimen de transición o régimen a alta velocidad está ilustrado en las tres figuras intermedias
- Régimen de hipervelocidad: las características resistentes de los materiales dejan de poseer un papel relevante, comportándose estos mas bien como fluidos que como sólidos

Introducción

Regímenes

1. Baja velocidad: presiones bajas
2. Régimen de transición o régimen a alta velocidad
3. Régimen de hipervelocidad:

¿En que fases se produce el impacto y la penetración?

Regímenes

1. proyectil indeformable
2. Deformación plástica, posibilidad de rotura del proyectil
3. Erosión de ambos, y su comportamiento como fluidos

uc3m

Universidad
Carlos III
de Madrid

Introducción

Fases

1. Contacto inicial: Ondas de compresión se propagan tanto en el proyectil como en el blanco.
2. En el proyectil estas ondas se reflejan en la superficies laterales y provocan en el centro un estado de altas tensiones de tracción (Impacto normal u oblicuo estados tensionales diferentes)
3. En el blanco, se reflejará sobre la superficie libre en forma de tracción pudiéndose provocar la fractura del mismo

Perforación y penetración de metales

Modos de fractura

1. Piercing: Materiales dúctiles
2. Petalling: Materiales dúctiles, tensiones radiales y circunferenciales altas
3. Spalling (frágil): resultado de la reflexión de la onda en la cara trasera de la protección. Común en materiales con $\sigma_C > \sigma_T$.
4. Scabbing: similar al anterior pero es debido a grandes deformaciones en la placa y la rotura suele comenzar en una heterogeneidad del material.

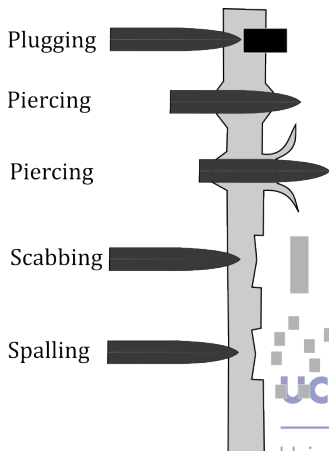


Figura: Modos de fallo en metales

Perforación y penetración de metales 1/2

- **Plugging:** se forma una especie de tapón (plug) del material del blanco, de un radio similar al del proyectil deformado, y que se desprende junto al proyectil; la tendencia a este tipo de rotura aumenta con el valor de la tensión de cedencia del material o con su dureza Brinell, lo que puede ser explicado si se tiene en cuenta que, cuanto más duro sea el material del blanco, más difícil resulta moverlo en dirección radial, por lo que aparece una concentración de grandes deformaciones tangenciales plásticas en una zona estrecha, delante de la cabeza del proyectil y en la vecindad de su periferia. Suele dar lugar al fenómeno conocido por Bandas adiabáticas de cortante: se ve acentuado en procesos de impacto a alta velocidad dado que la localización de la deformación se produce en estrechas bandas, el calor que proviene del trabajo plástico no es capaz de conducirse y disiparse, por lo que se generan una localización del calor. Estas altas temperaturas reducen la resistencia del material, facilitando la aparición del tapón o plug. (Blunt vs hemispherical)

Piercing vs Plugging

Supongase un proyectil de cabeza plana y diámetro d que impacta a una velocidad $v_0 < 1000m/s$ contra un blindaje de espesor h .

Piercing (Ductile hole Growth)

La energía cinética del proyectil debe ser la suficiente para deformar plásticamente ($\sigma > \sigma_y$) el metal:

$$KE_{\text{proyectil}} = \text{Fuerza} \cdot \text{distancia}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \sigma \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$$

Reorganizando:

$$\frac{mv_0^2}{d^3} = \sigma \frac{\pi}{2} \frac{h}{d}$$

Plugging

Normalmente existe fallo por cortadura, por lo que repitiendo el anterior balance (con $A_2 = \pi h d$ y τ como shear strength)

$$KE_{\text{proyectil}} = \text{Fuerza} \cdot \text{distancia}$$

$$\frac{1}{2}mv_0^2 = \tau \pi d h \cdot h$$

Reorganizando:

$$\frac{mv_0^2}{d^3} = 2\tau \pi \left(\frac{h}{d}\right)^2$$

Piercing vs Plugging

Supongase un proyectil de cabeza plana y diámetro d que impacta a una velocidad $v_0 < 1000\text{m/s}$ contra un blindaje de espesor h .

Piercing (Ductile hole Growth)

$$\frac{mv_0^2}{d^3} = \sigma \frac{\pi}{2} \frac{h}{d}$$

Plugging

$$\frac{mv_0^2}{d^3} = 2\tau\pi \left(\frac{h}{d}\right)^2$$

Algunos autores consideran una buena aproximación $\tau \sim 0,6\sigma$:

Piercing (Ductile hole Growth)

$$E_{\text{piercing}} = \frac{\pi}{4} \sigma d^3 \frac{h}{d}$$

Plugging

$$E_{\text{plugging}} = 0,6\sigma\pi d^3 \left(\frac{h}{d}\right)^2$$

Piercing vs Plugging

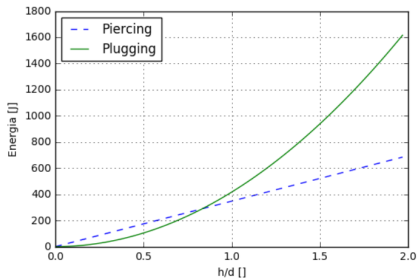







Figura: Piercing vs Plugging $\sigma = 500MPa$ and $d = 7,62mm$

Bibliografía

-  Sidney S. Jacobson Donald E. Carlucci, Donald E. Carlucci.
Ballistics: Theory and design of guns and ammunition, second edition.
CRC Press, 2013.
-  P J Hazell.
Armour:materials, theory and design.
CRC Press, 2016.
-  Marc André Meyers.
Dynamic behaviour of materials.
Wiley and sons, 1994.
-  Johnson W.
Impact strength of materials.
Edward Arnold, 1972.
-  Jonas A. Zukas.
Impact dynamics.
Wiley, 1982.

OpenCourseWare

Protección Ligera de Sistema Móviles (PLSM)

Salvo indicación expresa, todas las imágenes son de la autoría de los autores del curso. Contenido distribuido bajo la licencia “Creative Commons **Attribution - Non-commercial - Non Derivatives**”.

