

Ensayo de dureza

Concepto de dureza

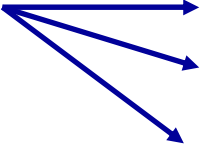
- Diferentes conceptos asociados con el comportamiento de la superficie de los cuerpos.
- Tipos: ->por rayado
 - >por penetración
 - >por rebote
- Por penetración: diferentes indentadores.
- Definiciones más comunes: dureza Brinell
 - >dureza Meyer
 - >dureza Vickers
- Condiciones generales del ensayo
- Ensayo de dureza Rockwell
- Ensayos de microdureza

Dureza

Ensayo No destructivo

Se evalúa la resistencia de un material a ser indentado por otro.

- Se aplica una carga a un penetrador sobre el material que se quiere caracterizar y se mide el tamaño de la huella. Máquina se llama durómetro

Los indentadores pueden ser  Esferas
Pirámides
Conos

- Se puede estimar la resistencia a la tracción.

Algunas de las escalas más empleadas son:

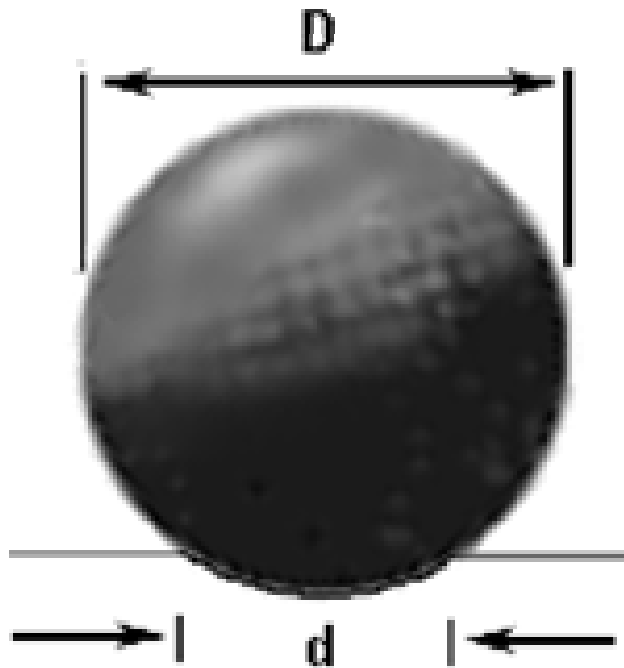
- **HBN** (Hardness **Brinell** Number)
- **HRA, HRB, HRC, ..** (Hardness **Rockwell** series A, B, C, ...)
- **VHN o HV** (Hardness **Vickers** Number)
- **KHN o HK** (Hardness **Knoop**)

Otros ensayos de dureza por penetración

- Ensayo Vickers: indentador piramidal de diamante, $DPH = 1.854P/L^2$.
- Ensayo Rockwell: Utiliza la profundidad de indentación como medida de la dureza, se registra en divisiones (es adimensional). Se debe indicar la carga y el penetrados (ej. $R_C 70$).
- Precauciones (generales) del ensayo:
 - >instrumental y muestra limpios, secos y libres de óxido
 - >superficie de la muestra plana y perpendicular al indentador
 - >control del espesor y espaciado respecto de bordes y marcas
 - >velocidad de aplicación de la carga
- Conversión de relaciones de dureza: no hay relaciones de conversión universales porque no se mide una propiedad bien definida y los ensayos no se basan en el mismo tipo de mediciones.
- Hay normas para aceros (ASTM, ASM, SAE, IRAM, etc).
- Dependencia con la temperatura: $H = A \exp\{-BT\}$.

Ensayo BRINELL

Indentador: Esfera de 10mm de acero con carburo de tungsteno. Carga: 3000kg



$$\text{HBN} = \frac{2P}{\pi D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}$$

Donde:

P: carga

D: diámetro de la esfera

d: diámetro de la impronta

Dureza Brinell

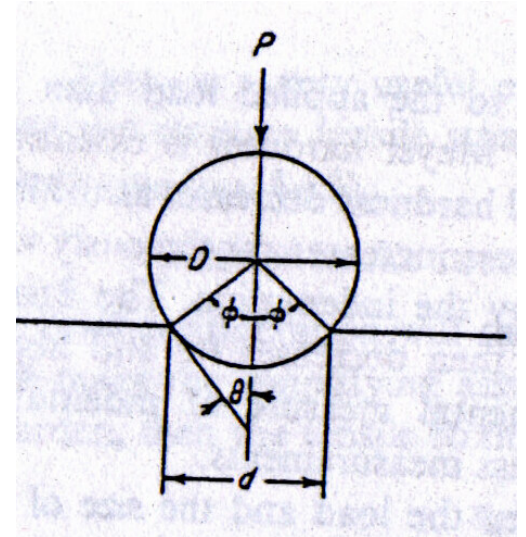
- Indentador: bolilla de acero de 10mm diam. con una carga de 3000kg de 10-15s (para materiales más blandos, 500kg o menos).
- Número de Brinell: carga/(área superficial)

$$BHN = \frac{P}{\pi \frac{D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{\pi D t} = \frac{P}{(\pi / 2) D^2 (1 - \cos \phi)}$$

Relación de similitud geométrica:

$$\frac{P_1}{D_1^2} = \frac{P_2}{D_2^2} = \frac{P_3}{D_3^2}$$

- Observaciones: varía con la carga y tiene un máximo en un valor intermedio, está influenciado por el acabado superficial



Ensayo ROCKWELL A, C, D (HRA, HRC, HRD)

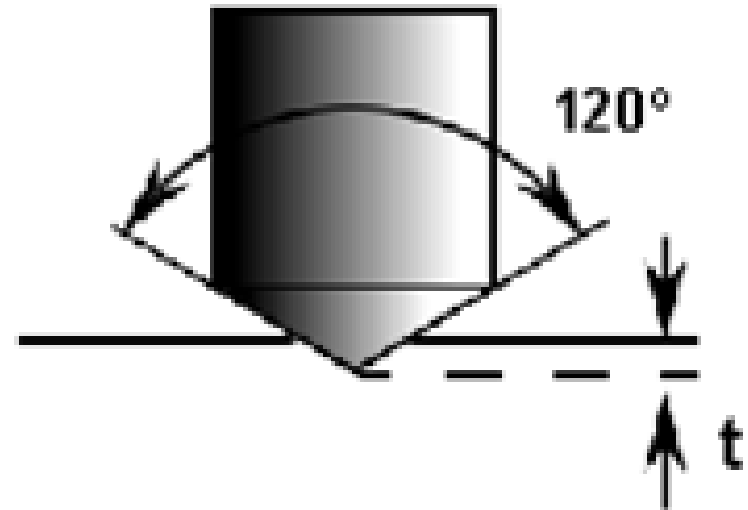
Indentador: Cono de diamante.

Cargas:

$P_A = 60 \text{ Kg}$

$P_C = 150 \text{ Kg}$

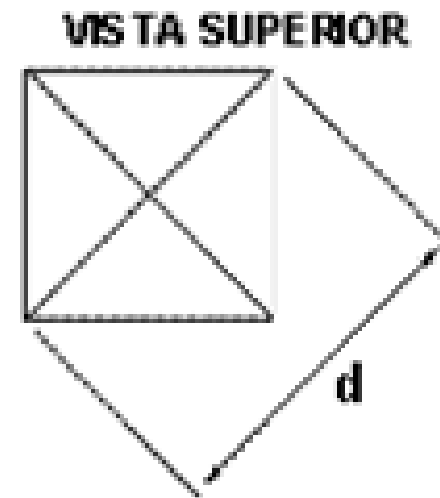
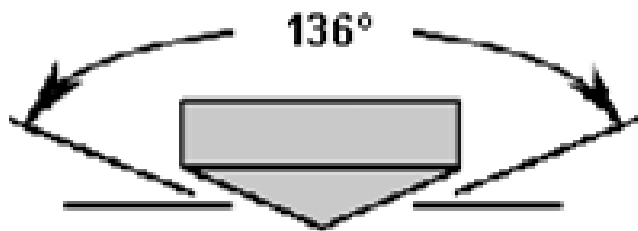
$P_B = 100 \text{ Kg}$



Formula: $HRA, HRC, HRD = 100 - 500t$

Ensayo VICKERS

Indentador: Pirámide de diamante



$$\bullet \text{HVN} = 1,854 \frac{P}{d^2}$$

Dureza Meyer

- **Dureza Meyer:** carga / (área proyectada)

$$MH = \frac{4P}{\pi d^2} = p_m$$

- **Relación de Meyer:** $P = kd^{n'}$

(limitada si hay región plástica completa bajo la indentación)

- **Observaciones:** Menos sensible a la aplicación de carga; para materiales trabajados en frío es casi constante y para metales recocidos crece con la carga. Relación entre la ley de Meyer y la relación de Hollomon.

Durómetros



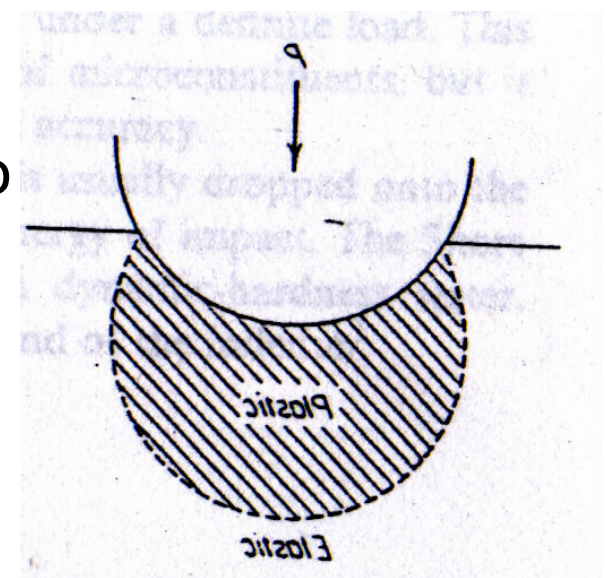
Curva de tensión-deformación verdaderas a partir de un ensayo de dureza

- Del modelo elastoplástico resulta que el material desplazado por el indentador es tenido en cuenta por el decrecimiento de volumen en la región elástica (alrededor de la zona plastificada inmediata a la impronta), por lo que resulta:

$$p_m = 3\sigma_0$$

- Método empírico (Tabor) con buenos resultados para muchos metales en la región elastoplástica, usando la relación anterior para cada valor de d/D y

$$\varepsilon = 0.2d / D$$



Trabajo Práctico Laboratorio Nº2

Estimación de la curva Tensión-
Deformación mediante ensayos de
indentación

Objetivos

- Obtener mediante ensayos de indentación información sobre el comportamiento elastoplástico de materiales.
- Evaluar la aplicabilidad de la técnica experimental empleada para los distintos materiales analizados.

Procedimiento Experimental

- Sobre las probetas de tracción ensayadas se realizarán ensayos de indentación.
- Se empleará una bolilla de 5 mm de diámetro y se indentarán las probetas con distintas cargas (desde 30 hasta 250 kg).
- Para cada carga se realizarán dos indentaciones y se medirá el diámetro de la impronta en cada caso, en dos direcciones ortogonales, obteniéndose un valor promedio.
- A partir de las expresiones presentadas anteriormente para cada punto P, d se determinarán σ y ε , obteniéndose un punto de la curva tensión verdadera-deformación verdadera.

Análisis de Resultados

- A partir de los puntos obtenidos de la curva $\sigma - \epsilon$, se ajustarán y se obtendrá la expresión de Hollomon, para cada material, la cual será comparada con la obtenida en el ensayo de tracción, tanto gráficamente como a partir de los valores de las constantes K y n .

Ley de Meyer

(limitada si hay región plástica
completa bajo la indentación)

$$P = kd^{n'}$$

$$n' = n + 2$$

- A partir de los puntos P, d se verificará el cumplimiento de la Ley de Mayer para los materiales analizados

Cálculo de Dureza – Estimación de Resistencia

- A partir de los valores obtenidos durante el ensayo se podrá calcular la dureza Brinell para los distintos materiales, teniendo en cuenta la semejanza geométrica (relación P, D) y la constante de cada material (C).
- A partir de la dureza de cada material se pueden estimar los valores de límite 0,2% y resistencia a la tracción para los distintos materiales analizados, a través de las siguientes expresiones y compararlos con los valores obtenidos en el ensayo de tracción.

$$3.4 * HB = \sigma_{uts}(\text{MPa})$$

$$\sigma_{0,2}(\text{MPa}) = HB * (0.1)^{(n'-2)} / 3 * 9.81$$