

Ejercicio 1

Ensayo de Dureza

Metalúrgica

Teoría

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA METALÚRGICA

SEMESTRE 2021 - I



Índice

- Definición de dureza metalúrgica
- Dureza Brinell
- Dureza Rockwell
- Dureza Vickers
- Bibliografía

Definición de dureza metalúrgica

¿Qué es la dureza?

¿Por qué nos interesa conocer la dureza de un material?

¿Por qué existen diferentes escalas de dureza?

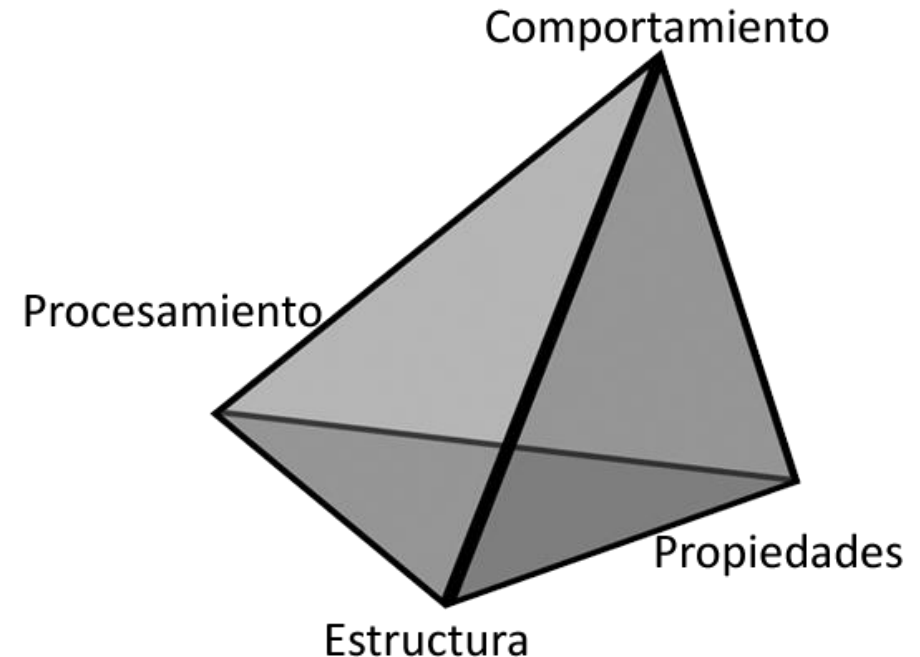
Definición de dureza metalúrgica

Es difícil definir el concepto de **dureza**, aunque en términos generales se puede decir que son las características generales de **la deformación en una pequeña región de la superficie de un material**, o bien, **la resistencia de un material a la deformación plástica (permanente) localizada**.

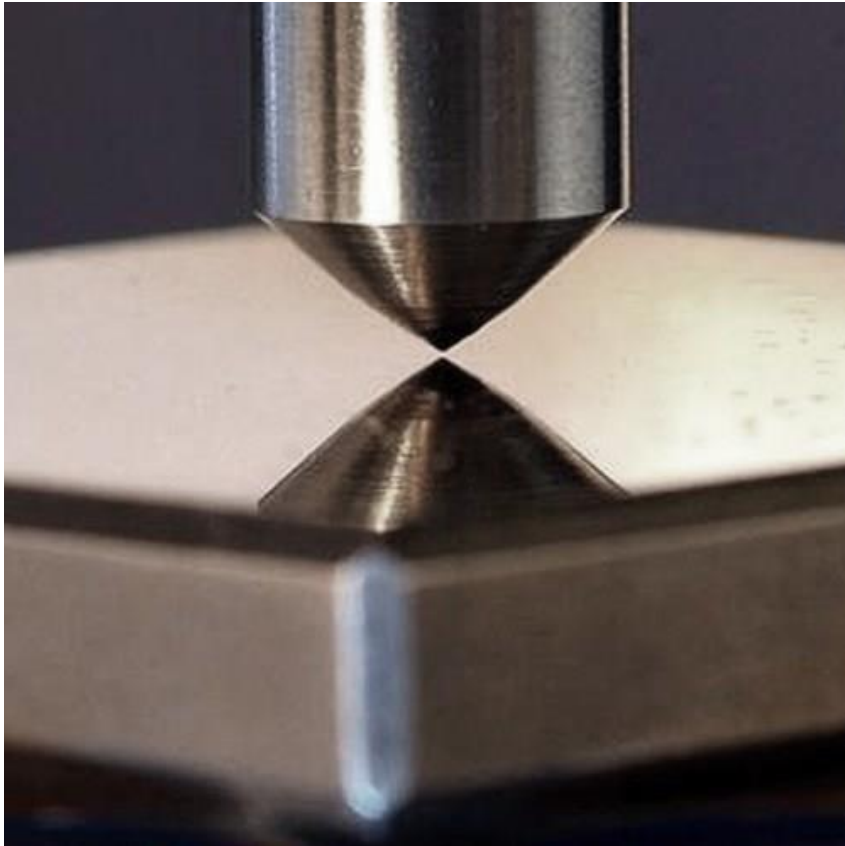
La dureza no es una propiedad fundamental, sino que está relacionada con las propiedades elásticas y plásticas de un material.

Métodos de medición de dureza:

- Resistencia al corte o abrasión
- Resistencia elástica
- Resistencia a la penetración



Definición de dureza metalúrgica



La **dureza**, desde el punto de vista **metalúrgico**, es la **resistencia** que presenta un material a la **deformación plástica** causada por la penetración de un **indentador** bajo la acción de una **carga**, es decir, la facilidad o dificultad en que se genere una huella permanente en la superficie del material.

Es por ello que la **determinación** de dureza metalúrgica implica la medición de la huella que deja un indentador sobre la superficie del material a ensayar al aplicarle una carga dada, ya sea **midiendo** la **profundidad** o la **superficie** de la de la **huella** formada.

Definición de dureza metalúrgica



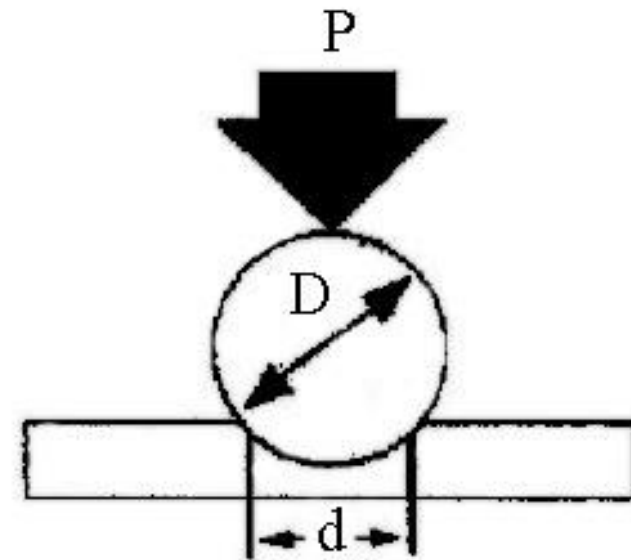
Definición de dureza metalúrgica



Dureza Brinell

La **dureza Brinell** se fundamenta en medir la **superficie de la huella** dejada tras aplicar una determinada **carga** sobre una superficie plana. La carga se aplica mediante un **penetrador esférico** de acero endurecido (HBS) o de carburo de tungsteno (HBW).

Para medir la superficie dejada tras el ensayo, se mide el diámetro de la huella (d), el cual depende no solo de la dureza del material, sino de la carga aplicada (P) y el diámetro del penetrador (D).



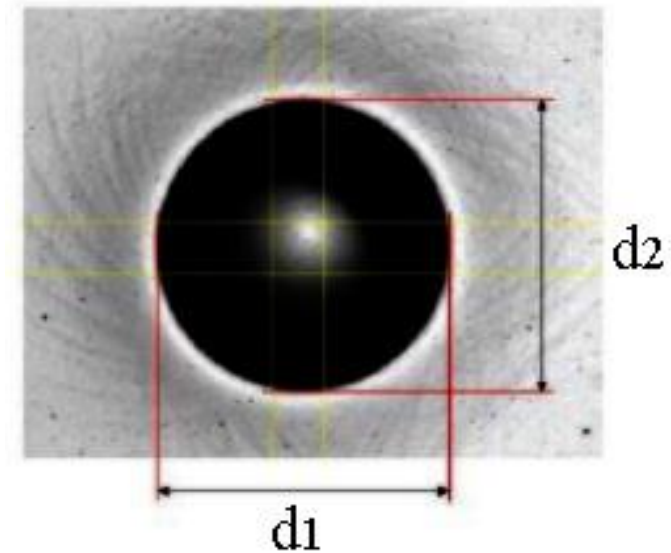
Dureza Brinell

Para medir la superficie de la huella se consideran al menos dos medidas del diámetro, ya que la huella puede no ser completamente simétrica, por lo que el diámetro de la misma se calcula de la siguiente manera:

$$d = \bar{d} = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{d_1 + d_2 + \dots}{n}$$

De tal manera que la superficie dejada tiene como área:

$$A_s = \frac{\pi D}{2} (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$



Dureza Brinell

La carga aplicada depende del diámetro del indentador y de las características del material, y se calcula (en kgf) mediante la siguiente expresión:

$$P = K D^2$$

Donde K es una constante que depende del tipo de material, tomado como valores:

- 5: Para materiales no ferrosos “blandos” (aleaciones bases Pb, Sb, Bi, etc.)
- 10: Para materiales no ferrosos “duros” (aleaciones base Cu, Al, Ni, etc...)

- 30: Para materiales ferrosos (aleaciones base Fe).

El tiempo de aplicación (t) de la carga también considera la posible recuperación elástica del material, por lo que para un material ferroso se debe aplicar al menos 10 segundos y para un material no ferroso al menos 30 segundos.

Los diámetros de penetrador más comunes son 10 mm, 5 mm, 2.5 mm y 1.25 mm.

Dureza Brinell

El **número de dureza Brinell** se calcula mediante la relación carga/superficie de la huella:

$$NDB = \frac{P}{A_s}$$

Es decir:

$$NDB = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Colocando la carga en kgf y los diámetros en mm, es decir, midiendo la dureza Brinell en kgf/mm².

Para reportarlo se puede hacer únicamente colocando el número obtenido seguido de NDB o HBN:

50 NDB

O bien, con la siguiente nomenclatura:

50	NDBS	10/3000/10
↓	↓	↓
Número de dureza	S acero W tungsteno	D/P/t

Quedando:

50 NDBS 10/3000/10

Dureza Brinell

Para la medición del número de dureza Brinell, se deben tener las siguientes consideraciones:

- La superficie de la probeta debe estar preparada para no presentar residuos y ser plana en la medida de lo posible.
- La distancia del borde de la probeta a la huella debe ser de $2.5 d$ y entre huellas en una misma probeta de $3 d$.
- El espesor de la probeta debe ser de al menos 8 veces la profundidad de la indentación.

La norma ASTM asociada al ensayo es la **E 10 Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials**

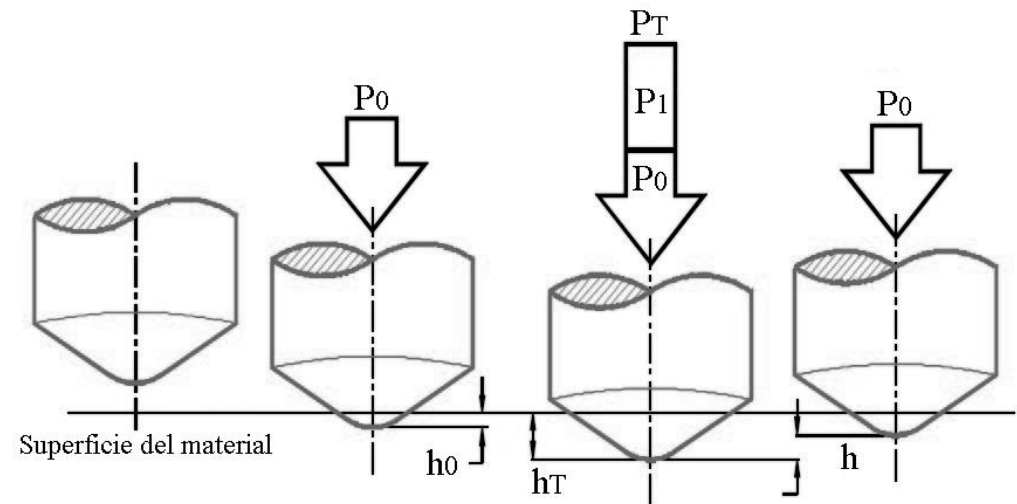
Dureza Rockwell

La **dureza Rockwell** se fundamenta en medir la **profundidad de la huella** (h) dejada por un **penetrador** tras aplicarle una **carga** al mismo.

Para ello se comienza aplicando una precarga (P_0), alcanzando con esto una profundidad de indentación inicial (h_0).

Se aplica la carga complementaria (P_1) con lo que se alcanza la carga total del ensayo (P_T) y la profundidad máxima de indentación (h_T).

Finalmente se retira la carga complementaria y se mide la profundidad de indentación (h).



Dureza Rockwell

El número de dureza Rockwell se mide entonces con base en la medida de profundidad (S) que es de 0.002 mm, mediante la siguiente expresión:

$$HR = N - \frac{h}{S}$$

Donde N es una constante, que toma el valor de 100 cuando se usa un penetrador de punta de diamante esfero-cónica, o 130 cuando se emplea un penetrador esférico ya sea de acero endurecido o de carburo de tungsteno.



Dureza Rockwell

Existen mediciones de dureza Rockwell y mediciones de dureza Rockwell superficial, las cuales varían en las cargas totales aplicadas en el ensayo.

- Para dureza Rockwell: 150 kgf, 100 kgf o 60 kgf.
- Para dureza Rockwell superficial: 45 kgf, 30 kgf o 15kgf.

Siendo la carga preliminar de 10 kgf para los ensayos de dureza Rockwell y de 3 kgf para los ensayos de dureza Rockwell superficial.

Los penetrados empleados en son, o bien una punta de diamante esfero-cónica, o bien una esfera de acero endurecido o de carburo de tungsteno con diámetros de 1/2, 1/4, 1/8, o 1/16 de pulgada.

Al tener tres posibles cargas y cinco posibles indentadores se cuentan con quince escalas de dureza Rockwell y quince escalas de dureza Rockwell superficial, que se eligen dependiendo del material a ensayar.

Dureza Rockwell

Símbolo de la Escala	Indentador	Carga total (kgf)	Aplicaciones típicas
B	1/16	100	Aleaciones base cobre, aceros suaves, aleaciones base aluminio, etc.
C	Diamante	150	Acero, hierros colados, aleaciones base titanio, etc.
A	Diamante	60	Carburos, aceros delgados, piezas de acero huecas, etc.
D	Diamante	100	Aceros delgados, aceros con endurecimiento medio, etc.
E	1/8	100	Hierros colados, aleaciones base aluminio o manganeso, etc.
F	1/16	60	Aleaciones base cobre recocidas, metales suaves, etc.
G	1/16	150	Hierros maleables, aleaciones níquel-cobre, etc.
H	1/8	60	Aluminio, zinc, plomo, etc.

Dureza Rockwell

Símbolo de la Escala	Indentador	Carga total (kgf)	Aplicaciones típicas
K	1/8	150	Metales preciosos u otros materiales suaves. Use esferas mas pequeñas y cargas mayores en la medida de lo posible, sin llegar a afectar la platina.
L	1/4	60	
M	1/4	100	
P	1/4	150	
R	1/2	60	
S	1/2	100	
V	1/2	150	

Dureza Rockwell

Al ser complicado medir con precisión la profundidad de indentación, el equipo empleado en la prueba generalmente arroja el resultado del ensayo ya sea de manera análoga o digita.

El resultado debe expresarse de la siguiente manera:

50	<i>HRC</i>
↓	↓
<i>Dureza medida</i>	<i>Dureza Rockwell con una letra que representa la escala usada en la medición</i>

La dureza Rockwell se mide con consideraciones similares a la dureza Brinell en cuanto a preparación de la muestra.

La norma ASTM asociada al ensayo es la **E 18**

Standard Test Method for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials

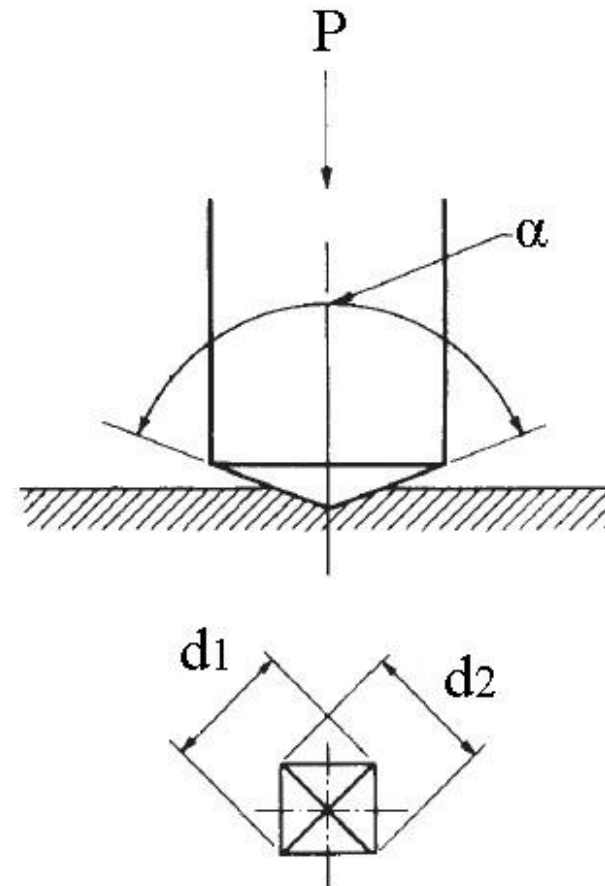
Dureza Vickers

La **dureza Vickers** tiene un fundamento similar al de la dureza Brinell, al medirse **la superficie de la huella** dejada tras la aplicación de una carga, en este caso con un indentador de diamante con forma piramidal y empleándose para evaluar la **dureza superficial** del material.

En este caso se mide la distancia diagonal de la huella (d):

$$d = \bar{d} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

La carga aplicada (P) va desde 1 kgf, hasta 120 kgf, aunque para fines prácticos la mayor carga difícilmente no pasa de 5 kgf.



Dureza Vickers

El calculo de dureza se realiza mediante la siguiente expresión:

$$HV = \frac{P \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{\frac{d^2}{2}}$$

Donde α es el ángulo entre las caras del indentador, que es de 136° .

Se reporta de la siguiente manera:

50	<i>HV</i>
↓	↓
<i>Dureza medida</i>	<i>Dureza Vickers</i>

La norma ASTM asociada al ensayo es la **E 92**

Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials

Bibliografía

- Askeland, Donald R. *Ciencia e ingeniería de los materiales*. 2004.
- González, B., et al. "Microdaño por indentación aguda Vickers en acero eutectoide progresivamente trefilado." *Anal Mecán Fract* 23 (2006): 85-90.
- Arango, Jorge A. Montoya, Héctor Álvaro González, and Jose Rubiel Bedoya. "Dureza brinell y la influencia de la humedad relativa del ambiente, de la edad y la altura a lo largo del tramo en la especie de bambú guadua angustifolia kunth." *Scientia et technica* 2.34 (2007): 619-624.
- Ramírez, Alfredo Esparza, and Jorge C. Torres Guzmán. "LA MEDICIÓN DEL NÚMERO DE DUREZA: LABORATORIO DE DUREZA EN CENAM."

Bibliografía

- Standard, A. S. T. M. "E6 – 02 Standard Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing" *Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: ASTM (2002): pp. 10.*
- Standard, A. S. T. M. "E10 – 01 Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials" *Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: ASTM (2001): pp. 9.*
- Standard, A. S. T. M. "E18 – 03 Standard Test Method for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials" *Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: ASTM (2003): pp. 22.*
- Standard, A. S. T. M. "E92 – 82 Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials" *Annual book of ASTM standards. Philadelphia, PA: ASTM (2003): pp. 9.*