

DUREZA

INTRODUCCIÓN:

Se define dureza como la mayor o menor resistencia que un cuerpo opone a ser rayado o penetrado por otro o bien, de un cuerpo respecto a otro tomado como elemento de comparación. La determinación de la dureza por cualquiera de los posibles procedimientos a adoptar, nos dará una idea muy aproximada de la resistencia del material a la tracción, de la intensidad del tratamiento térmico y de su aptitud al desgaste y mecanizado.

En la actualidad, se han generalizado los métodos que permiten obtener la dureza de los materiales por la resistencia que oponen a la penetración de otros más duros en determinadas condiciones, dando lugar, esta penetración, a una deformación del material denominada "impresión". El procedimiento mencionado es el empleado en la determinación de la dureza Rockwell, Brinell y Vickers.

Otro método de mucha difusión es el Shore, que consiste en medir el rebote de un cuerpo duro al caer desde una altura fija sobre la superficie del material que se ensaya.

Dureza Rockwell:

Normas consultadas:

- IRAM-IAS U 500-105: Ensayos de dureza Rockwell B y C en acero
- ASTM E18: Ensayo de dureza Rockwell y dureza Rockwell superficial
- DIN 50103: Ensayo de dureza Rockwell

Es uno de los métodos de ensayo por penetración. Se utiliza tanto en materiales blandos como duros, siendo los penetradores bolillas de acero endurecido o conos de diamante industrial. El ensayo consiste en aplicar dos cargas, una consecutiva a la otra, la primera llamada carga inicial (P_0) y la segunda carga adicional ($P_{ad.}$). La dureza Rockwell se basa en el incremento de la penetración debido a la carga adicional y una vez eliminada la misma.

Con el objeto que a mayor dureza del material ensayado, le corresponde un número representativo mayor, se invirtió la escala del dial o cuadrante indicador. Para obtener la dureza Rockwell no es necesario hacer ningún cálculo ni aplicar ninguna fórmula, sino que se lee directamente del dial o cuadrante de la máquina.

Nomenclatura :

HR= dureza Rockwell
E= escala total del dial
e= incremento de la penetración

$$\text{Dureza Rockwell} = \text{HR} = E - e$$

La escala se obtiene combinando penetradores y cargas totales y se elige de acuerdo a la combinación de ambos y al material a ensayar. En el siguiente cuadro se dan las escalas conocidas del sistema:

Número	Escala	Penetrador	Carga Total (Kg/f)
1	"A"	Diamante	60
2	"D"	"	100
3	"C"	"	150
4	"F"	Bolilla 1/16	60
5	"B"	"	100
6	"G"	"	150
7	"H"	Bolilla 1/8	60
8	"E"	Bolilla 1/8	100
9	"K"	"	150
10	"L"	Bolilla 1/4	60
11	"M"	"	100
12	"P"	"	150
13	"R"	Bolilla 1/2	60
14	"S"	"	100
15	"V"	"	150

De estas 15 escalas, las más utilizadas son "A", "B" y "C" y de estas tres, las dos últimas, "B" para los blandos y "C" para los duros, las cuales se analizarán con mayor detenimiento.

Escala "B":

- ♦ **Nomenclatura:** es dependiente de la escala, la carga y el penetrador utilizado.

$$\text{HRB} = \text{Dureza Rockwell "B"}$$

- ♦ **Cargas empleadas:**

$$P_o = \text{carga inicial} = 10 \text{ Kgf. (para todas las escalas)}$$

$$P_{ad.} = \text{carga adicional} = 90 \text{ Kgf}$$

$$P_t. = \text{carga total} = 100 \text{ Kgf}$$

Como señalamos, la carga inicial es siempre 10 kgf sin importar la escala utilizada y tiene como objeto establecer un nivel de partida uniforme, despreciando cualquier irregularidad en la superficie del material. Este paso se realiza a través de un resorte calibrado en el cabezal de la máquina que se alcanza cuando la aguja indicadora dio dos vueltas en el dial de la misma.

La lectura debe efectuarse en los números de color rojo, cuando se utiliza bolilla de acero como penetrador y en los números de color negro cuando se utiliza cono de diamante.

♦ **Penetrador:**

El penetrador es una bolilla de acero endurecida cuya dureza mínima no debe ser menor a 850 Vickers (HV 10/15=850 kgf/mm²), pulida y engarzada en un porta-penetrador de un diámetro $D=1,5875 \text{ mm} \pm 0,003 \text{ mm}$ ó 1/16".

♦ **Divisiones del dial o cuadrante indicador:**

Tiene 130 divisiones y como la circunferencia del dial está dividida en 100 partes, el 0 está desplazado 30 unidades hacia atrás.

$$E = \text{escala total del dial} = 130 \text{ divisiones}$$

Cada división = 0,002 mm.

$$\text{Por lo tanto,} \quad E = 130 \times 0,002 \text{ mm.} = 0,260 \text{ mm.}$$

Siendo ésta la máxima penetración que se puede alcanzar en la escala "B".

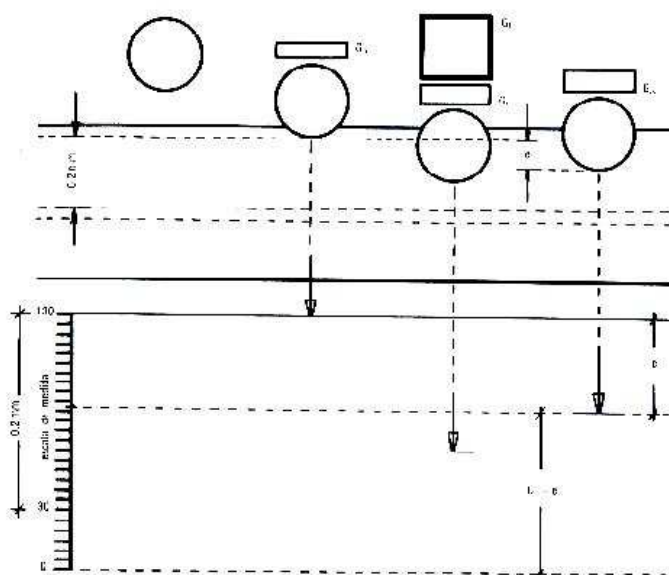
$$\text{Entonces:} \quad \text{HRB} = E - e = 130 - e$$

♦ **Gama de empleo:**

Se aconseja entre un mínimo de HRB = 20/30 y un máximo de HRB = 110/120.

♦ **Aplicación:**

Se emplea tanto en metales ferrosos como aceros con tratamientos térmicos como el recocido, normalizado y revenido, etc., fundiciones, y no ferrosos como latón, bronce, aleaciones de aluminio o aleaciones blandas.



♦ **Primera posición:**

Tanto la carga inicial P_o como la adicional P_{ad} no están aplicadas y la bolilla no toca la superficie de la probeta S_p

♦ **Segunda posición:**

Se aplica la carga inicial $P_o = 10 \text{ kgf}$ introduciéndose la bolilla la distancia AB desde la S_p . Con esta carga se desea obtener una sujeción firme de la probeta y establecer un plano de referencia como origen de la medición OM, que no sea la superficie de la probeta S_p dado que la misma puede tener imperfecciones y por lo tanto afectar la medición.

El cuadrante o reloj en el cabezal no es más que un comparador de profundidad milesimal. Subiendo la mesa, hasta que la aguja indicadora dé dos vueltas, se fija la posición de la misma sobre la escala entre 0 y 30. Rectificado E, en la parte inferior del esquema, se observa que el origen de la medición es 130. Aquí se comprende claramente el porqué fue necesario invertir la escala para que a mayor dureza, mayor número representativo.

♦ **Tercera posición:**

Se aplica la carga adicional $P_{ad} = 90 \text{ kgf}$ alcanzando una carga total:

$$P_t = P_o + P_{ad} = 100 \text{ kgf}$$

El penetrador pasa de la posición B a la posición C (la aguja del reloj retrocede de la posición fija [B] a una posición que estará en función de la dureza del material[C]). La velocidad de la aplicación de la carga adicional está regulada por un amortiguador hidráulico.

♦ **Cuarta posición:**

Se elimina la carga adicional quedando aplicada la carga inicial y pese a que la impresión es una deformación plástica, el fondo de la misma se recupera elásticamente, pasando de la posición C a la posición D, cuya diferencia es el valor "e", que es el incremento de la penetración debido a la carga adicional una vez eliminada la misma. (BC-CD= Verdadera medida de la dureza).

La dureza convencional será la medida desde 0 (es decir $HRB = E - e = 130 - e$). En el reloj la aguja avanza desde la posición C a la D que indica la dureza Rockwell B leída en los números rojos.

Importante:

Cuando el penetrador utilizado es bolilla de acero siempre se debe leer en la escala con números de color rojo

♦ **Plaquetas patrón:**

Una de las ventajas del sistema es la de poseer bloques de dureza certificada que permiten controlar la veracidad de las mediciones efectuadas.

En caso de pequeñas discrepancias se puede efectuar igualmente el ensayo compensando el resultado obtenido en más o menos lo indicado en la probeta patrón.

Generalmente las máquinas de dureza traen tres bloques patrones con distintos niveles de dureza (baja, media y alta).

HRB = 40 ± 1

Baja

HRB = 70 ± 1

Media

HRB = 100 ± 1

Alta

Escala "C"

- ♦ **Nomenclatura:** es dependiente de la escala, la carga y el penetrador utilizados.

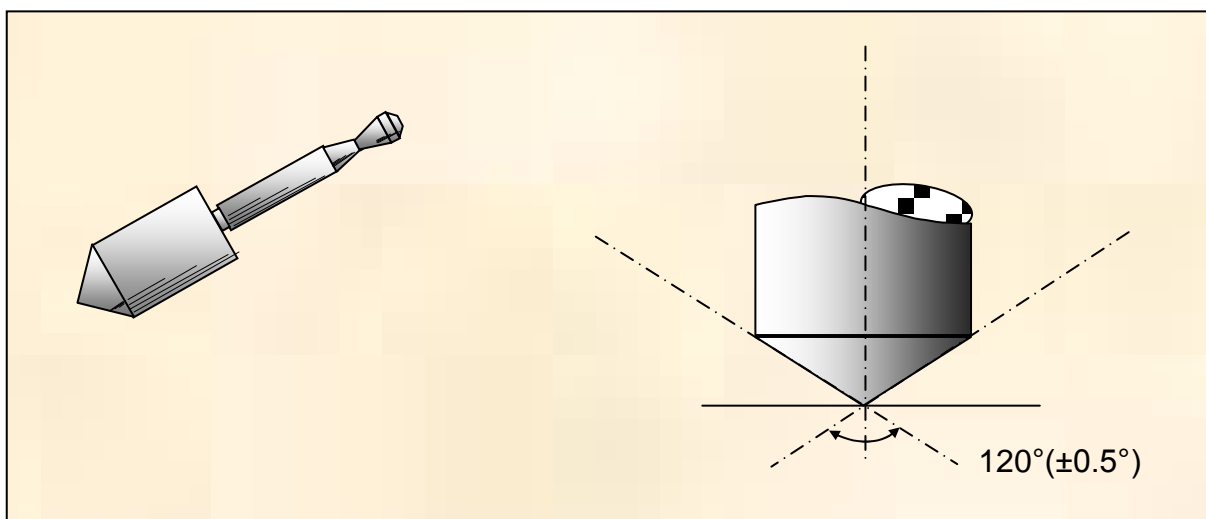
HRC = Dureza Rockwell "C"

- ♦ **Cargas empleadas:**

P_o =	carga inicial	= 10 Kgf.
$P_{ad.}$ =	carga adicional	= 140 Kgf
$P_t.$ =	carga total	= 150 Kgf

- ♦ **Penetrador:**

Es un diamante industrial esfero-cónico (cono circular recto) engarzado en un porta-penetrador con un ángulo de 120° y un radio de punta de 0,2 mm.



♦ **Divisiones del dial o cuadrante indicador:**

Tiene 100 divisiones marcadas en la circunferencia exterior de 0 a 100.

$E = \text{escala total del dial} = 100 \text{ divisiones c/div. } 0,002 \text{ mm.}$

$E = 100 \times 0,002 = 0,20$ - máxima penetración que se puede alcanzar en la escala Rockwell "C"

Dureza Rockwell "C" = HRC = $E - e = 100 - e$

Siendo e = incremento de la penetración

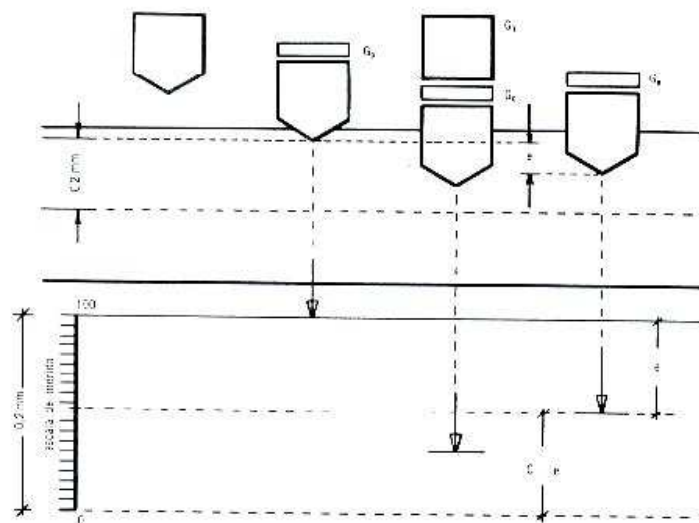
♦ **Gama de empleo:**

Se aconseja el empleo de la escala "C" entre un mínimo de HRC = 20 y un máximo de HRC = 70. No es de conocimiento industrial un material metálico con dureza superior a HRC = 66/67

♦ **Aplicación:**

Se emplea la escala "C" en materiales endurecidos mediante tratamientos térmicos. (templados, templados y revenidos, tratados termoquímicamente).

♦ **Mecanismo de Ensayo:**



♦ **Primera posición:**

Tanto la carga inicial P_0 como la adicional P_{ad} no están aplicadas y el diamante no toca la superficie de la probeta S_p

♦ **Segunda posición:**

Se aplica la carga inicial $P_o = 10 \text{ kgf}$ y el extremo del diamante se introduce la distancia AB desde la superficie de la probeta (SP). Con esta carga inicial, al igual que en la escala "B" se desea obtener una sujeción firme de la probeta y establecer un plano de referencia como origen de la medición OM, que no sea la superficie de la probeta (SP) que puede tener imperfecciones y por lo tanto afectar la medición. En la escala observamos que precisamente el origen de la medición es "100", comprendiéndose por esto, porque fue necesario invertir la escala para que a mayor dureza, mayor número representativo.

♦ **Tercera posición:**

Se aplica la carga adicional $P_{ad} = 140 \text{ kgf}$ alcanzando una carga total:

$$P_t = P_o + P_{ad} = 150 \text{ kgf}$$

El sistema del penetrador pasa de la posición B a la posición C. La velocidad de la aplicación de la carga adicional está regulada por un amortiguador hidráulico. (4 a 6 segundos)

♦ **Cuarta posición:**

Se elimina la carga adicional quedando aplicada la carga inicial y por recuperación elástica en la deformación plástica, el fondo de la impresión se eleva de la posición C a la posición D, quedando finalmente el valor "e", que es el incremento de la penetración debido a la carga adicional una vez eliminada la misma:

BC-CD= (Verdadera medida de la dureza).

La dureza convencional será la medida desde 0:

(es decir $HRC = E - e = 100 - e$)

En el reloj la aguja avanza desde la posición C a la D que indica la dureza Rockwell C leída en los números negros.

Importante:

Cuando el penetrador utilizado es cono de diamante siempre se debe leer en la escala con números de color negro.

♦ **Plaquetas patrón:**

Al igual que en la escala "B", el sistema posee bloques de dureza certificada que permiten controlar la veracidad de las mediciones efectuadas.

Las gamas son:

HRC = 35 ± 1

Baja

HRC = 45 ± 1

Media

HRC = 60 ± 1

Alta

Condiciones del ensayo: *(para cualquier escala)*

- ♦ La máquina debe ubicarse en un ambiente exento de vibraciones y atmósfera corrosiva.
- ♦ Al preparar una probeta debe evitarse toda alteración de la misma por el calor o el trabajo en frío.
- ♦ La superficie a ensayar debe ser lisa, plana y libre de suciedad, grasa, aceite, óxido, pinturas, etc.
- ♦ El ensayo debe realizarse a temperatura ambiente, (se entiende entre 5° y 40° C)
Los ensayos bajo condiciones normalizadas se realizan entre 20° C \pm 2° C.
- ♦ Al comenzar el ensayo se deben desechar las dos primeras lecturas y luego efectuar tres por cada determinación. El valor correspondiente, será el promedio de las tres lecturas.
- ♦ El espesor de la probeta debe ser tal que, en la cara opuesta a la que se realiza la impresión, no debe quedar ninguna marca.
- ♦ La dureza del yunque o apoyo debe ser por lo menos:

HV 10/15 = 700 kg/mm² (700 Vickers)