

PROVA DI DUREZZA PROVA DI TENACITA' ALL'URTO

- Brinell HB
- Vickers HV
- Rockwell HR
- Knoop HK
- Charpy

Prova di durezza

La durezza di un materiale è la resistenza che esso oppone alla sua penetrazione da parte di un corpo esterno di materiale più duro

- Poco costosa
- Veloce
- Quasi Non Distruttiva
- Utilizzabile come controllo di qualità
- Correlazioni tra durezza e carico di rottura

Prova di durezza

La prova di durezza consente:

- a) Confronto tra diversi materiali
- b) Scelta del tipo di lavorazione
- c) Scelta dei parametri di taglio per lavorazioni alle macchine utensili (MU)
- d) Scelta degli utensili
- e) Scelta di materiali idonei per i componenti sottoposti ad usura

Le varie prove di durezza

- 1- Brinell HB
- 2- Vickers HV
- 3- Rockwell HR
- 4- Knoop HK



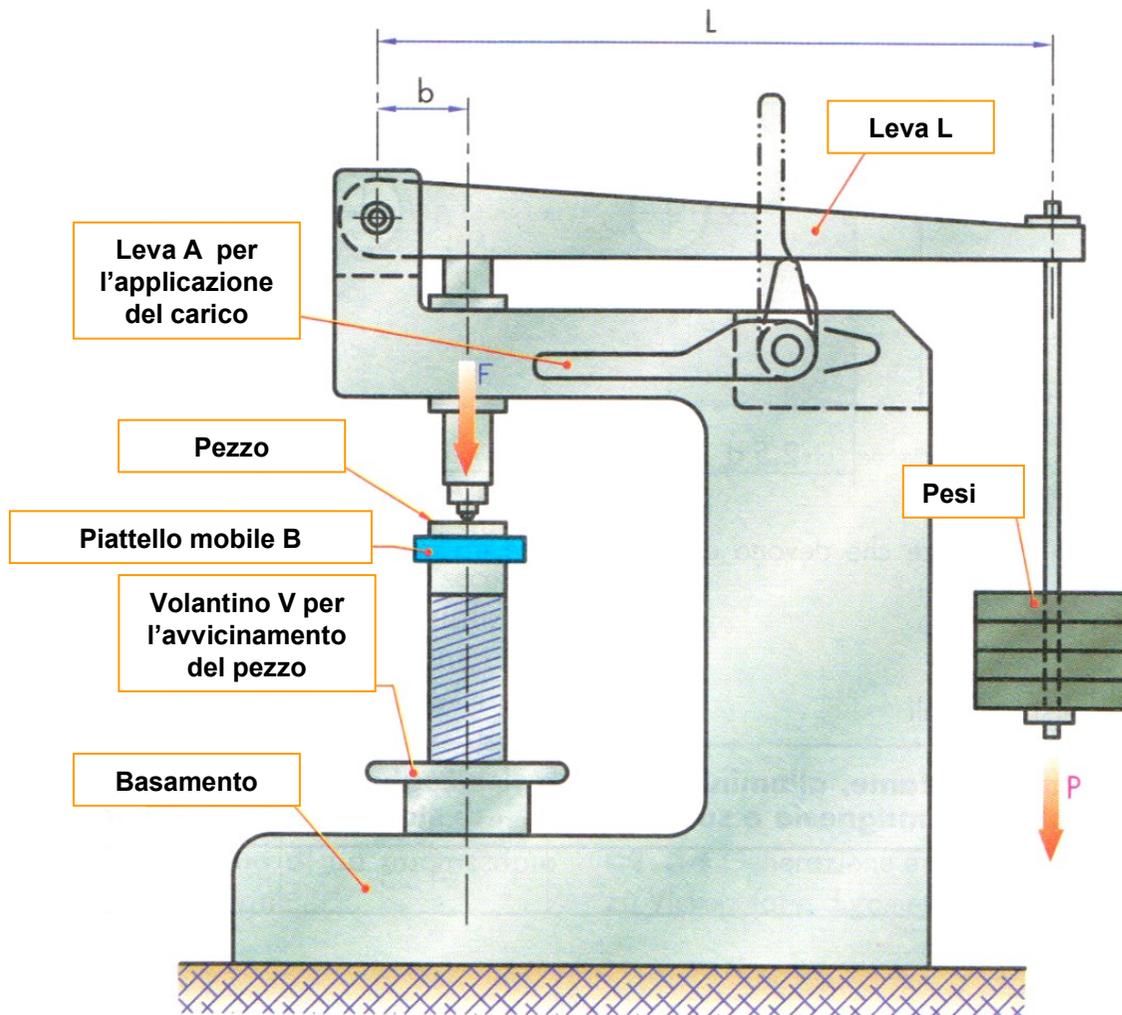
Il metodo più antico per valutare la durezza è il metodo inventato dall'ingegnere svedese Brinell ai primi del 900'



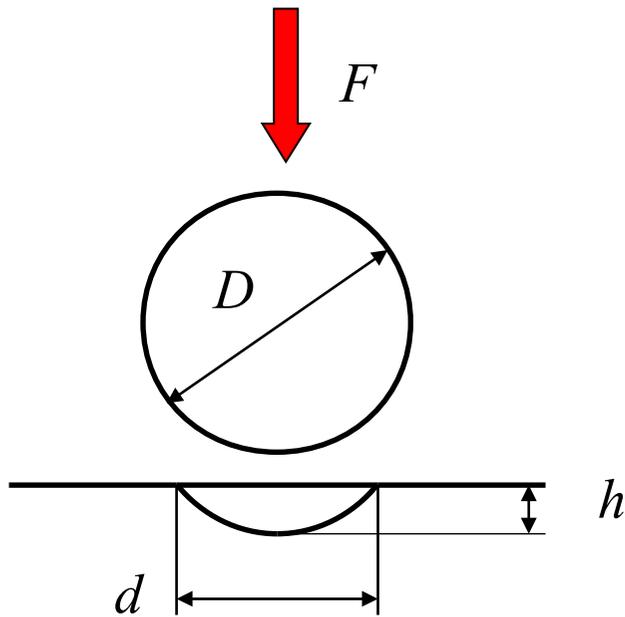
Durometro Brinell inizio 900

Durezza Brinell HB

→ Consiste nel far penetrare nel materiale una sfera di acciaio duro di diametro D , premuta con forza F (carico di prova)



Esecuzione prova Brinell (ISO 6506)



1. Applicazione del carico (10 – 15 s)
2. Scarico
3. Esame dell'impronta

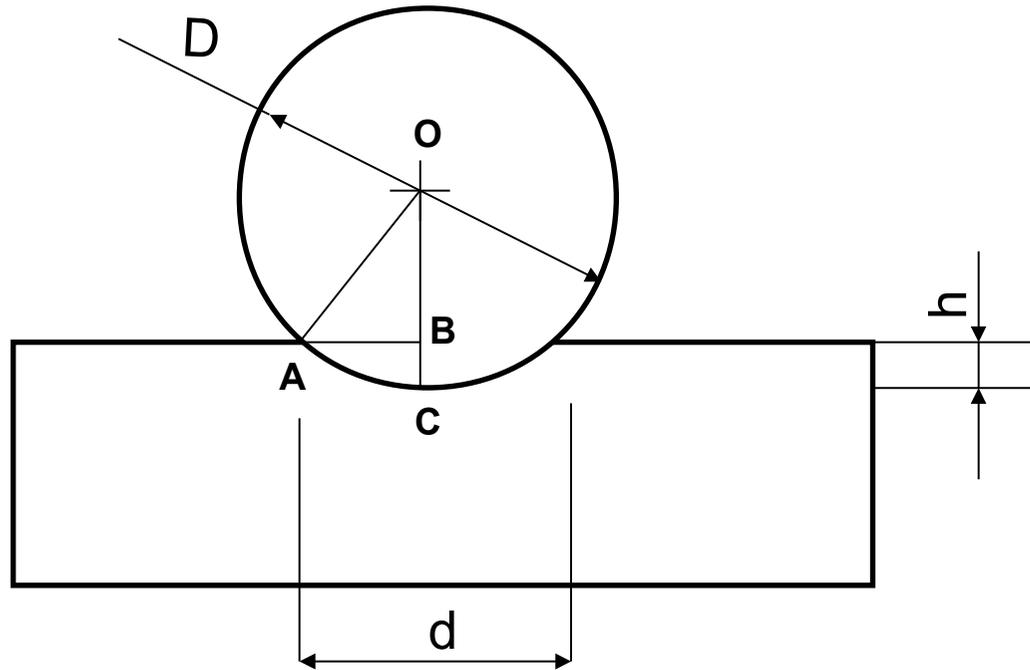
La sfera può avere diametri differenti a seconda dello spessore del pezzo:



Impronta Brinell su acciaio al
microscopio ottico

\varnothing sfera [mm]	1	2.5	5	10
Carico [kg]	1, 2.5, 5, 20, 30	6.25, 15.625, 31.25, 62.5, 187.5	25, 62.5, 125, 250, 750	100, 250, 500, 1000, 1500, 3000

Generazione e misurazione dei parametri della prova Brinell



Il carico è scelto in base alla relazione:

$$F = \frac{kD^2}{0.102}$$

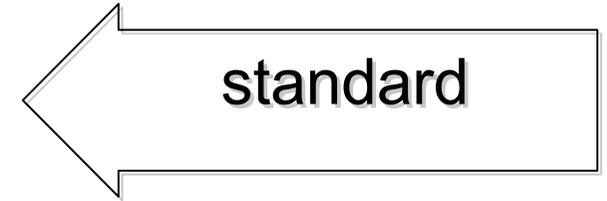
Materiale	k
Acciaio Ghisa	20 – 30
Leghe leggere	10
Bronzo Ottone	5
Materiali molto teneri	0.5 1.25 2.5

→ La durezza Brinell è espressa dalla relazione: $HB = \frac{0.102F}{S}$

$$HB = 2 \cdot 0.102 \frac{F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Condizioni di prova

$F = 29400 \text{ N}$ (3000 kg) $t = 10$ secondi;



$$0.25 < \frac{d}{D} < 0.5$$

$$h \leq \frac{1}{8} s$$

s : spessore del materiale

$$b \geq 2.5d$$

b : distanza dal bordo del provino

$$l \geq 4d$$

l : distanza tra i centri di due impronte

Peculiarità della prova Brinell

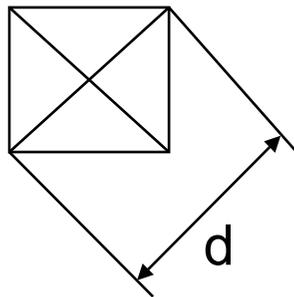
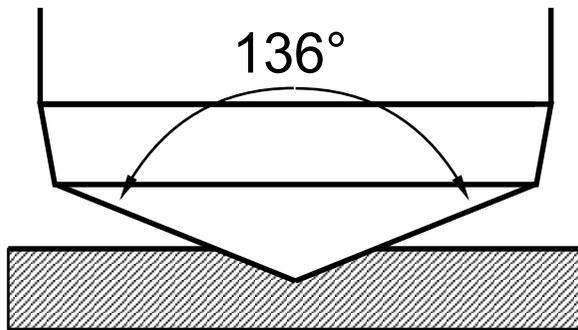
- Ripetibilità garantita solo tra indentazioni geometricamente simili ($d/D = \text{costante}$)
- La larghezza dell'impronta permette di uniformare le differenze locali
- Poco sensibile a rugosità e microdifetti superficiali
- La relativamente grande impronta rende spesso il particolare inutilizzabile
- Non utilizzabile su particolari troppo sottili od in prossimità di bordi
- Adatta per materiali teneri (Acciai dolci, ottoni, bronzi, leghe leggere)

Esempio: 450 HB 2 / 120 / 20

Diametro sfera [mm] ← ↓ → *Tempo di applicazione carico [s]*
Massa [kg]

Durezza Vickers (ISO 6507)

→ Analoga alla Brinell eccetto che il penetratore è di diamante e di forma piramidale



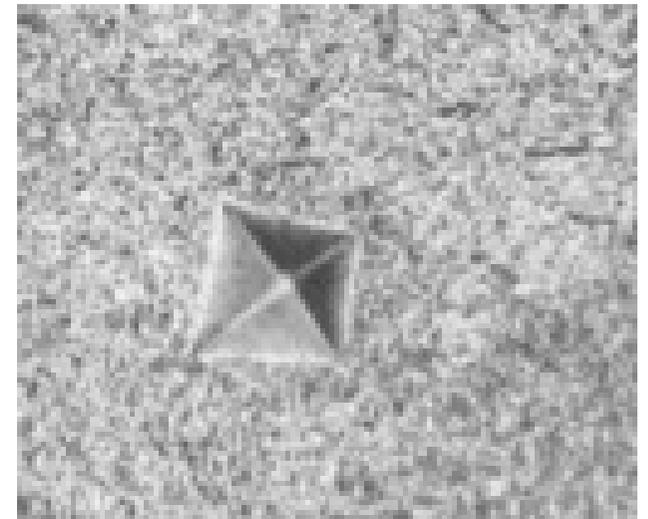
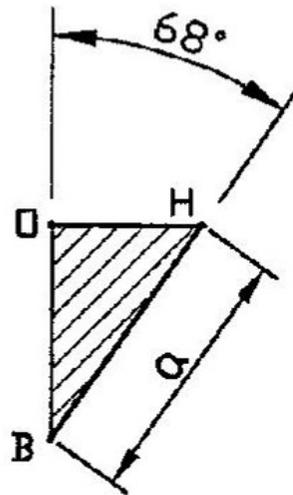
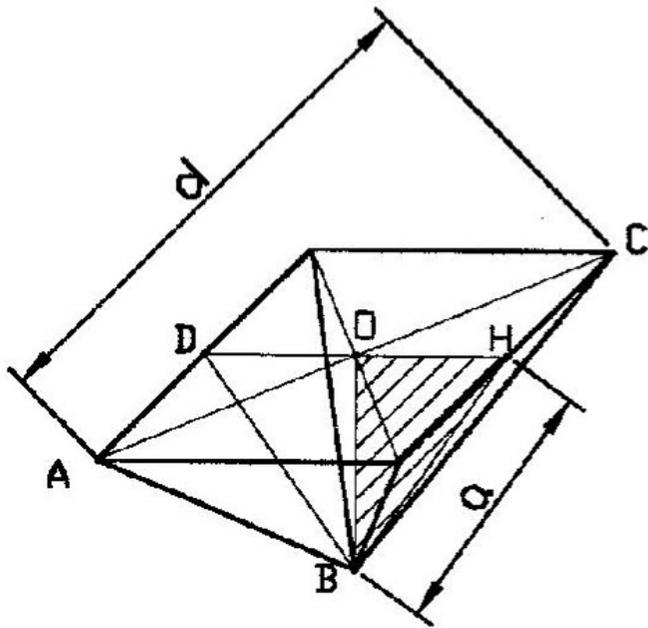
1. Applicazione del carico (10 – 15 s)
2. Scarico
3. Esame dell'impronta



Generazione e misurazione dei parametri della prova Vickers

$$HV = \frac{0.102F}{s}$$

$$HV = \frac{2 \cdot 0.102 F \sin(136/2)}{d^2} = 0.1891 \frac{F}{d^2}$$



Impronta Vickers su acciaio al
microscopio ottico

Carichi utilizzati e dimensioni della diagonale

Hardness test ^a		Low-force hardness test		Microhardness test	
Hardness symbol	Nominal value of the test force F N	Hardness symbol	Nominal value of the test force F N	Hardness symbol	Nominal value of the test force F N
HV 5	49,03	HV 0,2	1,961	HV 0,01	0,098 07
HV 10	98,07	HV 0,3	2,942	HV 0,015	0,147
HV 20	196,1	HV 0,5	4,903	HV 0,02	0,196 1
HV 30	294,2	HV 1	9,807	HV 0,025	0,245 2
HV 50	490,3	HV 2	19,61	HV 0,05	0,490 3
HV 100	980,7	HV 3	29,42	HV 0,1	0,980 7

^a Nominal test forces greater than 980,7 N may be applied.

	Durezza standard	Durezza a basso carico	Micro-durezza
Diagonale	20-211 micron	11-850 micron	56-1999 micron

Peculiarità della prova Vickers

- L'indentatore di diamante consente di provare ogni tipo di materiale
- Anche dal punto di vista geometrico il confronto tra le impronte è affidabile qualsiasi sia il rapporto F/d
- Nel caso di micro-durezza è molto sensibile allo stato superficiale del materiale che deve essere quindi lucidato

Esempio: 640 HV_{100/20}

Massa [kg] ← ———→ Tempo di applicazione carico [s]

video

Prova Rockwell (ISO 6508)

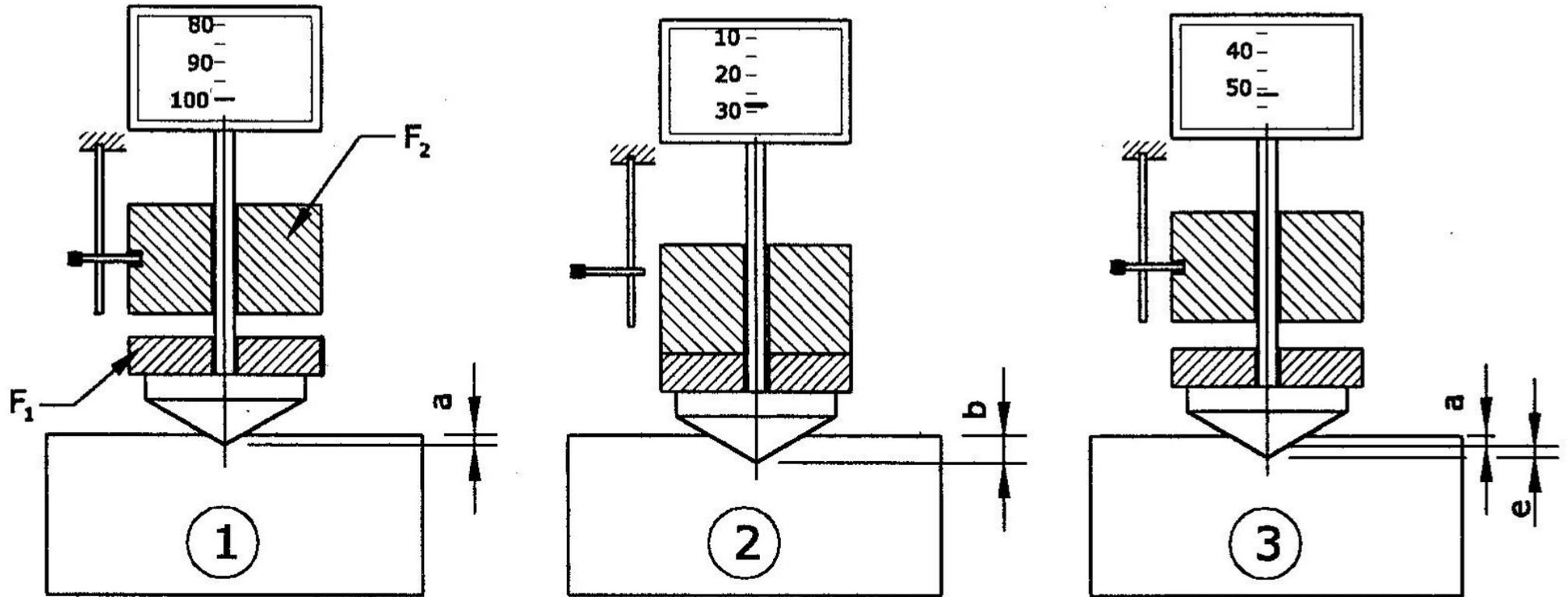
→ Indica la penetrazione di una sfera o cono nel materiale.

1. Applicazione del precarico (10 kg).
2. Applicazione del carico di prova.
3. Sottrazione del carico di prova.
4. Lettura della penetrazione residua.



HRA	cono di diamante	F = 60 kg	acciai cementati, parti sottili
HRB	sfera acciaio 1/16"	F = 100 kg	leghe di rame, alluminio, ferro
HRC	cono di diamante	F = 150 kg	acciaio, ghisa, titanio
HRD	cono di diamante	F = 100 kg	acciai mediamente induriti
HRE	sfera acciaio 1/8"	F = 100 kg	ghisa, alluminio, magnesio
HRF	sfera acciaio 1/16"	F = 60 kg	leghe molto dolci

Prova Rockwell HRB



1) Precarico $F_1 = 98\text{N}$ (10 kg_f)

2) $F_3 = F_1 + F_2 = 980\text{N}$ (10 s)

3) Si toglie F_2

$$\text{HRB} = 130 - 500 e$$

Peculiarità della prova Rockwell

- Rispetto alle precedenti la prova Rockwell è estremamente rapida e di lettura diretta
- E' meno precisa delle altre
- Indentazione molto piccola
- Non è possibile utilizzare la stessa scala per materiali molto diversi

Dettaglio sui tipi di prova Rockwell

Rockwell hardness scale	Hardness symbol	Type of indenter	Preliminary test force F_0	Additional test force F_1	Total test force F	Field of application (Rockwell hardness test)
A ^a	HRA	Diamond cone	98,07 N	490,3 N	588,4 N	20 HRA to 88 HRA
B ^b	HRB	Ball 1,587 5 mm	98,07 N	882,6 N	980,7 N	20 HRB to 100 HRB
C ^c	HRC	Diamond cone	98,07 N	1,373 kN	1,471 kN	20 HRC to 70 HRC
D	HRD	Diamond cone	98,07 N	882,6 N	980,7 N	40 HRD to 77 HRD
E	HRE	Ball 3,175 mm	98,07 N	882,6 N	980,7 N	70 HRE to 100 HRE
F	HRF	Ball 1,587 5 mm	98,07 N	490,3 N	588,4 N	60 HRF to 100 HRF
G	HRG	Ball 1,587 5 mm	98,07 N	1,373 kN	1,471 kN	30 HRG to 94 HRG
H	HRH	Ball 3,175 mm	98,07 N	490,3 N	588,4 N	80 HRH to 100 HRH
K	HRK	Ball 3,175 mm	98,07 N	1,373 kN	1,471 kN	40 HRK to 100 HRK
15N	HR15N	Diamond cone	29,42 N	117,7 N	147,1 N	70 HR15N to 94 HR15N
30N	HR30N	Diamond cone	29,42 N	264,8 N	294,2 N	42 HR30N to 86 HR30N
45N	HR45N	Diamond cone	29,42 N	411,9 N	441,3 N	20 HR45N to 77 HR45N
15T	HR15T	Ball 1,587 5 mm	29,42 N	117,7 N	147,1 N	67 HR15T to 93 HR15T
30T	HR30T	Ball 1,587 5 mm	29,42 N	264,8 N	294,2 N	29 HR30T to 82 HR30T
45T	HR45T	Ball 1,587 5 mm	29,42 N	411,9 N	441,3 N	10 HR45T to 72 HR45T

^a The field of application can be extended to 94 HRA for testing carbides.

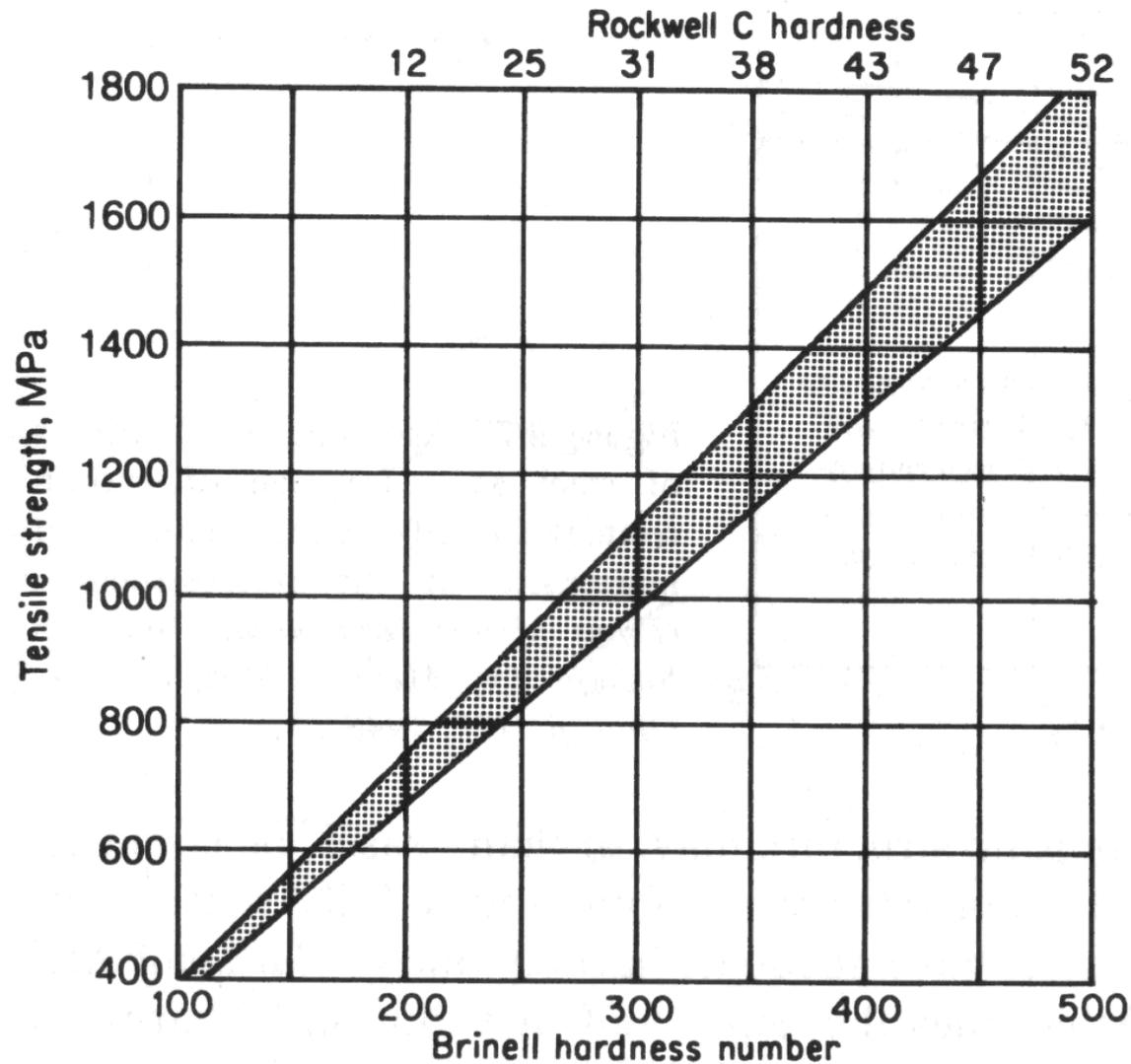
^b The field of application can be extended to 10 HRBW if specified in the product specification or by special agreement.

^c The field of application can be extended to 10 HRC if the indenter possesses the appropriate dimensions.

NOTE Indenter balls with diameter 6,350 mm and 12,70 mm may also be used, if specified in the product specification or by special agreement.

Durezza e Tensione

→ La durezza è ben correlata al valore della tensione di snervamento del materiale.



Confronto tra gli indici di durezza delle varie prove

	HB	HV	HRC	HRB
MATERIALI MOLTO DURI		1000	70	
		850	65	
		700	60	
		600	55	
		500	50	
MATERIALI DI MEDIA DUREZZA	400	400	40	
	300	300	30	
	200	200	20	100
MATERIALI TENERI	180	180		90
	160	160		85
	140	140		80
	120	120		70
	100	100		60

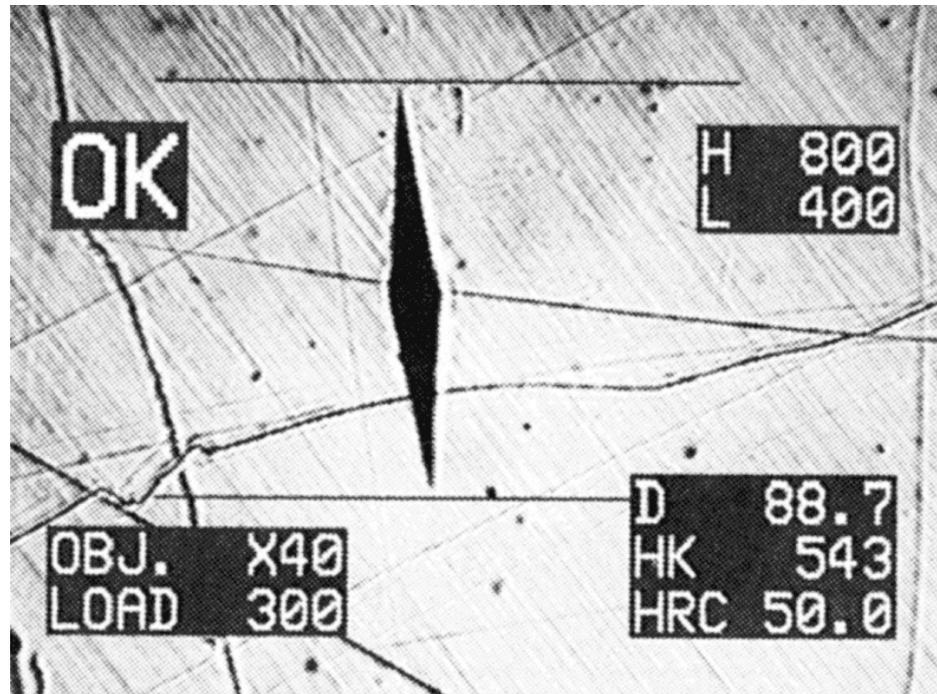
→ Come si può notare gli indici di durezza delle scale Brinell e Vickers coincidono per valori fino a 400 HB, mentre ad una durezza di circa 200 HB corrisponde una durezza pari a 20 HRC ed una durezza pari a 100 HRB

Confronto indici di durezza e resistenza

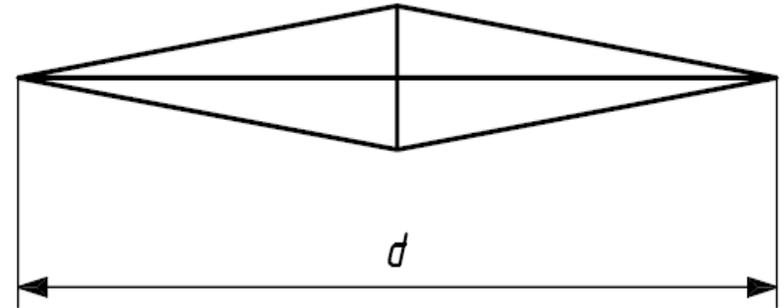
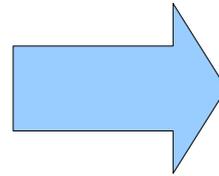
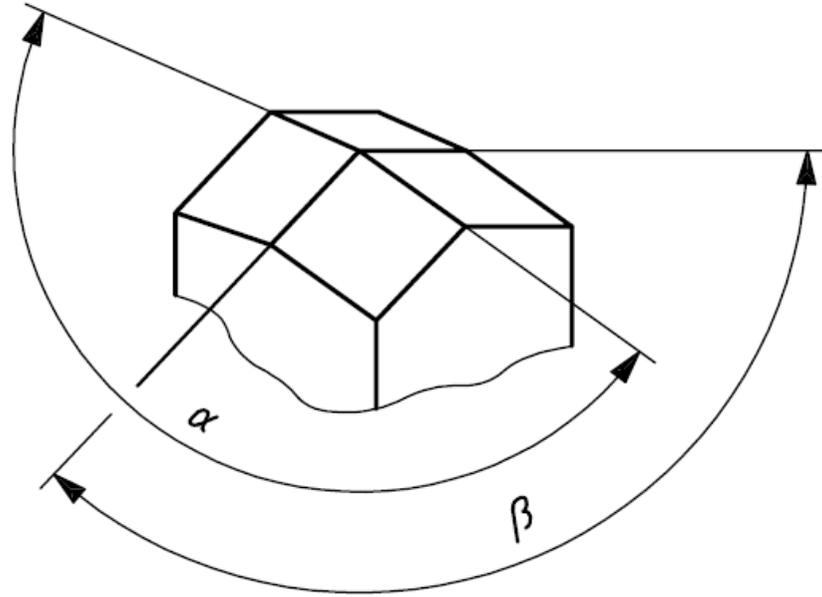
<i>Prova</i>	TRAZIONE	BRINELL	VICKERS	ROCKWELL B	ROCKWELL C
<i>Carico</i>		29.400	294	980	1470
<i>Penetratore</i>		Sfera ϕ 10	Piram. 136°	Sfera ϕ 1/16"	Cono 120°
<i>Materiale</i>		Acciaio	Diamante	Acciaio	Diamante
<i>Indice</i>	R (N/mm²)	HB	HV	HRB	HRC
	265	76	80	36	-
	330	95	100	56	-
	396	114	120	69	-
	463	133	140	78	-
	529	162	160	85	-
	594	171	180	91	-
	661	190	200	95	-
	793	228	240	-	20
	926	266	280	-	27
	1057	304	320	-	32
	1189	342	360	-	37
	1322	380	400	-	41
	1487	427	450	-	45
	1818	-	550	-	52
	2148	-	650	-	58

Prova Knoop (ISO 4545)

- Piramide a base romboidale
- L'impronta è molto piccola (occorre un microscopio).
- Prova di microdurezza, si possono valutare i singoli cristalli del materiale
- La massa applicata può variare da 10 g a 2 kg



Caratteristiche



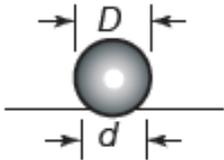
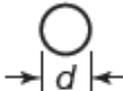
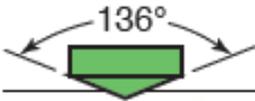
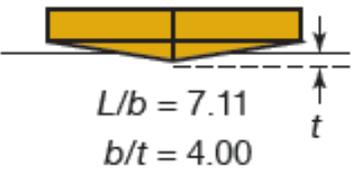
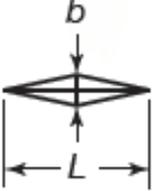
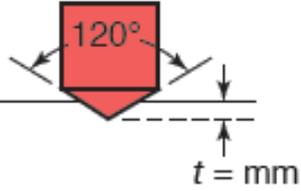
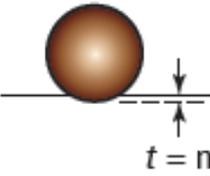
$$\alpha = 172.5^\circ, \beta = 130^\circ$$

$$HK = \frac{0.102F}{cd^2} \quad c = \frac{\tan \frac{\beta}{2}}{2 \tan \frac{\alpha}{2}}$$

Hardness symbol	Test force value, F	
	N	approximate kgf ^a equivalent
HK 0,01	0,098 07	0,010
HK 0,02	0,196 1	0,020
HK 0,025	0,245 2	0,025
HK 0,05	0,490 3	0,050
HK 0,1	0,980 7	0,100
HK 0,2	1,961	0,200
HK 0,3	2,942	0,300
HK 0,5	4,903	0,500
HK 1	9,807	1,000
HK 2	19,614	2,000

^a Not an SI unit.

Tabella riassuntiva

Test	Indenter	Shape of indentation		Load, P	Hardness number
		Side view	Top view		
Brinell	10-mm steel or tungsten carbide ball			500 kg 1500 kg 3000 kg	$HB = \frac{2P}{(\pi D)(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Vickers	Diamond pyramid			1-120 kg	$HV = \frac{1.854P}{L^2}$
Knoop	Diamond pyramid			25 g-5 kg	$HK = \frac{14.2P}{L^2}$
Rockwell					
A } C } D }	Diamond cone			60 kg 150 kg 100 kg	HRA } HRC } HRD } = 100 - 500t
B } F } G }	$\frac{1}{16}$ - in. diameter steel ball			100 kg 60 kg 150 kg	HRB } HRF } HRG } = 130 - 500t
E	$\frac{1}{8}$ - in. diameter steel ball			100 kg	HRE }