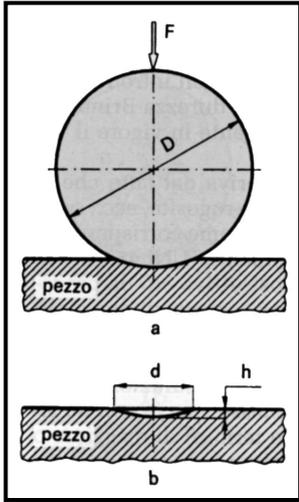


**PROVE DI DUREZZA****Prova di durezza Brinell (HB)**Descrizione della prova

La **prova di durezza Brinell** consiste nel premere una sfera di acciaio con *diametro D*, sulla superficie del pezzo (o della provetta) con un *carico di prova F*, per un prestabilito intervallo di tempo. Si definisce *durezza Brinell HB* il rapporto fra il valore del carico *F* (N) e l'*area della superficie S della calotta d'impronta* rilevata a carico tolto (impronta elastica) in  $\text{mm}^2$ .

Pertanto: **HB = F/S**

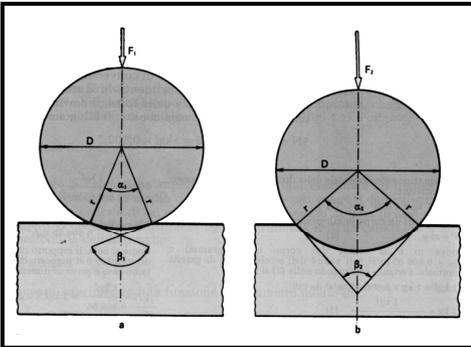
Essendo *S* l'area della superficie dell'impronta una *calotta sferica* di *diametro d* e di *altezza h*, il suo valore vale  $S = \pi \cdot D \cdot h$ ; che, esprimendo *h* (*profondità dell'impronta*) in funzione del

diametro *d* diventa:  $S = \frac{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$

Il valore di durezza risulta perciò essere:  $HB = \frac{F}{S} = \frac{2 \cdot 0,102 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

dove il *fattore di conversione* 0,102 serve per conservare immutati i valori delle durezza con il sistema originariamente adottato, prima dell'introduzione del Sistema Internazionale; infatti:

$1 \text{ N} = 1 \text{ Kgf} / 9,81 = 1 \text{ Kgf} \cdot 0,102$ .

Limiti di accettabilità

L'equazione **HB = F/S** ha un limite di accettabilità, in quanto i valori di durezza così dedotti dipendono dalla relazione fra il carico **F** e il diametro **D** della sfera. In definitiva si può dire che non esiste un paragone di risultati ottenuti con prove di durezza Brinell, nelle quali il rapporto **F/D** è differente. Per verificare questo si eseguano due prove Brinell sullo stesso materiale e con lo stesso penetratore di diametro **D**, ma applicando due carichi di prova diversi  $F_1 \neq F_2$ : non si ottiene, come ci aspettiamo, lo stesso valore della durezza Brinell **HB**, ma due valori diversi, infatti risulta  $F_1/S_1 \neq F_2/S_2$ .

In conclusione si ha che la paragonabilità e l'accettabilità sono soddisfatte solo quando è costante il *rapporto d/D*, cioè quando l'*angolo di penetrazione beta* è costante.

Teoricamente il valore normale di questa costante è stato ritenuto uguale a:

$d/D = 0,375$ , al quale corrisponde un angolo di penetrazione  $\beta = 136^\circ$ .

Si definisce allora *prova ideale* quella in grado di soddisfare tale relazione; tuttavia in pratica questo valore non è rigido, ma si tollerano delle piccole variazioni. L'esperienza ha insegnato che la possibilità di confronto è data da:

$d/D = 0,24 \div 0,6$ , al quale corrispondono angoli di penetrazione  $\beta = 152^\circ \div 106^\circ$ .

Diametro delle sfere

La *prova normale* richiede l'utilizzo di una sfera del diametro **D = 10 mm**. Per prove particolari possono essere usate sfere di diametro inferiore, in ogni caso non minore di 1 mm. Le sfere che vengono più usate hanno diametro **D = 10; 5; 2,5; 2 e raramente 1 mm**.

Durezza delle sfere

Solitamente le sfere sono in acciaio temprato con un indice di durezza **HV ≥ 850**. Se il provino è d'acciaio molto duro, maggiore cioè di 350 ÷ 400 HB, la sfera può essere costituita da carburi di tungsteno (al fine di evitare l'errore dovuto alla deformabilità della sfera); in generale si preferisce, però, passare ad altro tipo di prove di durezza (Rockwell, Vickers).

Spessore minimo del pezzo

Lo spessore minimo del pezzo da provare deve essere almeno 8 volte la profondità dell'impronta: **s ≥ 8 · h**.

Posizione delle impronte

Le impronte devono avere *distanza minima a dai bordi* e *distanza minima b fra due impronte consecutive*; le limitazioni sono espresse in rapporto al diametro **d** dell'impronta:  $a \geq 2,5 \cdot d$  se **HB ≥ 150**;  $a \geq 3 \cdot d$  se **HB ≤ 150**;  $b \geq 3 \cdot d$

Carico di prova

Il carico di prova **F** deve essere proporzionato al diametro della sfera ed alla qualità del materiale da provare, nel miglior caso, si verifica la legge  $d/D = 0,375$ . Il carico applicato viene gestito tramite l'aumento o la diminuzione della massa applicata.

Il carico di prova in condizioni standard per acciaio è **F = 29.400 N** (corrispondente ad una massa **m = 3.000 kg**).

**PROVE DI DUREZZA**

materiale	durezza Brinell	$0,102 \frac{F}{D^2}$
Acciaio		30
Ghisa*	< 140	10
	≥ 140	30
Rame e sue leghe	< 35	5
	da 35 a 200	10
	> 200	30
Metalli leggeri e leghe leggere	< 35	1,25
		2,5
	da 35 a 80	5
		10
		15
		> 80
		15
Piombo, stagno		1
		1,25

\* Per prove sulla ghisa, il diametro nominale della sfera deve essere 2,5, 5 o 10 mm.

simbolo della durezza	diametro della sfera D (mm)	$0,102 \frac{F}{D^2}$	carico di prova F (valore nominale)
HBS(HBW) 10/3 000	10	30	29,42 kN
HBS(HBW) 10/1 500	10	15	14,71 kN
HBS(HBW) 10/1 000	10	10	9,807 kN
HBS(HBW) 10/500	10	5	4,903 kN
HBS(HBW) 10/250	10	2,5	2,452 kN
HBS(HBW) 10/125	10	1,25	1,226 kN
HBS(HBW) 10/100	10	1	980,7 N
HBS(HBW) 5/750	5	30	7,355 kN
HBS(HBW) 5/250	5	10	2,452 kN
HBS(HBW) 5/125	5	5	1,226 kN
HBS(HBW) 5/62,5	5	2,5	612,9 N
HBS(HBW) 5/31,25	5	1,25	306,5 N
HBS(HBW) 5/25	5	1	245,2 N
HBS(HBW) 2,5/187,5	2,5	30	1,839 kN
HBS(HBW) 2,5/62,5	2,5	10	612,9 N
HBS(HBW) 2,5/31,25	2,5	5	306,5 N
HBS(HBW) 2,5/15,625	2,5	2,5	153,2 N
HBS(HBW) 2,5/7,812 5	2,5	1,25	76,61 N
HBS(HBW) 2,5/6,25	2,5	1	61,29 N
HBS(HBW) 2/120	2	30	1,177 kN
HBS(HBW) 2/40	2	10	392,3 N
HBS(HBW) 2/20	2	5	196,1 N
HBS(HBW) 2/10	2	2,5	98,07 N
HBS(HBW) 2/5	2	1,25	49,03 N
HBS(HBW) 2/4	2	1	39,23 N
HBS(HBW) 1/30	1	30	294,2 N
HBS(HBW) 1/10	1	10	98,07 N
HBS(HBW) 1/5	1	5	49,03 N
HBS(HBW) 1/2,5	1	2,5	24,52 N
HBS(HBW) 1/1,25	1	1,25	12,26 N
HBS(HBW) 1/1	1	1	9,807 N

- 1) Scelta del carico della prova Brinell in funzione del materiale e del livello di durezza
- 2) Valori normali dei carichi della prova Brinell

**Indicazioni della durezza Brinell**

Nella prova eseguita con il diametro di sfera **D = 10 mm**, il carico **F = 29.400 N** e il tempo di applicazione del carico **t = 15 s** il simbolo utilizzato è soltanto **HB**.

In condizioni di prove particolari si pone alla destra del simbolo HB un indice che specifichi nell'ordine: il diametro della sfera D (mm) / il carico di prova F (N) · 0,102 (cioè la massa m (kg) che corrisponde al carico F) / il tempo di applicazione del carico t (s).

Esempio:

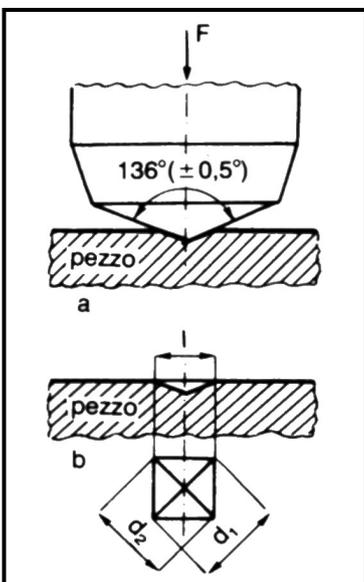
**HB<sub>5/250/20</sub> = 350** → durezza 350 Brinell ottenuta con sfera di diametro D = 5 mm, carico di prova F = 2.451 N (m = 250 kg) e tempo di applicazione del carico t = 20 s.

**Conversioni**

Non esiste un metodo generale preciso di conversione tra i valori di durezza Brinell ottenuti con carichi diversi, in altre scale di durezza o con i valori del carico unitario di rottura a trazione. Occorre pertanto evitare di compiere tali conversioni, tranne che in quei casi particolari in cui, grazie a prove comparative, si disponga di una valida base statistica per effettuare la conversione.

Dall'indice di durezza HB si può dedurre, in via approssimativa e solo per gli acciai, il carico unitario di rottura a trazione: **R<sub>m</sub> = (0,34 ÷ 0,35) HB ≈ 0,345 HB**.

**Prova di durezza Vickers (HV)**



**Descrizione della prova**

La **prova di durezza Vickers** consiste nel premere un penetratore a forma di piramide retta a base quadrata sulla superficie del pezzo con un *carico di prova F*, per un prestabilito intervallo di tempo. Si definisce **durezza Vickers HV** il rapporto fra il valore del carico F (N) e l'*area della superficie S della piramide d'impronta* rilevata a carico tolto (impronta elastica) in mm<sup>2</sup>.

Pertanto: **HV = F/S**

Essendo S l'area della superficie dell'impronta una *piramide retta a base quadrata di lato l*, di *altezza h* e di *apotema a*, il suo valore vale quattro volte l'area del triangolo che è la faccia laterale

**S = 4 · (l · a)/2 = 2 · l · a**; che, esprimendo il lato l e l'apotema a in funzione della diagonale d dell'impronta diventa: **S =  $\frac{d^2}{2 \cdot \text{sen}(136^\circ/2)}$**

Il valore di durezza risulta perciò essere: **HV = 0,102 · 1,854 ·  $\frac{F}{d^2}$**

dove il *fattore di conversione* 0,102 serve per conservare immutati i valori delle durezze con il sistema originariamente adottato, prima dell'introduzione del Sistema Internazionale.

## PROVE DI DUREZZA

### Caratteristiche della prova Vickers

#### Penetratore

Il penetratore è costituito da una *piramide retta a base quadrata, di diamante sintetico, con angolo al vertice fra le facce opposte di 136°*. L'angolo al vertice di 136° corrisponde al valore dell'angolo di penetrazione  $\beta$  della prova di durezza Brinell ideale.

simbolo	carico di prova F valore nominale	tempo intercorrente tra l'inizio dell'applicazione del carico e il raggiungimento del carico completo	tempo di mantenimento del carico di prova	velocità di avvicinamento del penetratore
HV 0,2	1,961 N	≤ 10 s	da 10 a 15 s	≤ 0,2 mm/s
HV 0,3	2,942 N			
HV 0,5	4,903 N			
HV 1	9,807 N			
HV 2	19,61 N			
HV 2,5	24,52 N			
HV 3	29,42 N			
HV 5	49,03 N			
HV 10	98,07 N			
HV 20	196,1 N			
HV 30	294,2 N	da 2 a 8 s		
HV 50	490,3 N			
HV 100	980,7 N			

È ammessa una variazione del carico nominale entro  $\pm 1\%$ .  
Per l'acciaio il tempo di mantenimento del carico di prova è di 10 + 15 s. Per altri materiali è opportuno un tempo di mantenimento del carico più lungo, indicato nella specificazione relativa ai singoli materiali; in questo caso il tempo deve essere controllato con una tolleranza di  $\pm 2$  s.

Le quattro facce sono levigate e si incontrano in un punto o in una linea lunga al massimo  $1 \div 2 \mu\text{m}$ .

#### Carico di prova

Il carico di prova normale per l'acciaio è **F = 294,2 N** (m = 30 kg).

Le norme UNI consentono carichi compresi fra F = 1,96 N (m = 0,2 kg) e F = 980 N (m = 100 kg) – tabella a fianco.

#### Spessore minimo del pezzo

Lo spessore del pezzo da provare non deve essere minore di 1,5 volte la diagonale **d** dell'impronta: **s  $\geq$  1,5 · d**.

Questa condizione si può esprimere anche come:

$$s \geq 0,625 \cdot \sqrt{\frac{F}{HV}}$$

#### Applicazione del carico di prova

Il carico di prova deve essere applicato gradatamente, senza urti e raggiungere il suo valore massimo senza interruzioni nel tempo previsto di 10 ÷ 15 secondi; anche la durata di permanenza del carico massimo è precisata in **t = 10 ÷ 15 s** nel caso dell'acciaio.

Per materiali diversi il tempo è indicato nella specificazione relativa ai singoli materiali.

#### Posizione delle impronte

Le impronte devono avere *distanza minima a dai bordi* e *distanza minima b fra due impronte consecutive*; le limitazioni sono espresse in rapporto alla diagonale **d** dell'impronta: **a  $\geq$  4 · d**; **b  $\geq$  4 · d**

#### Indicazioni della durezza Vickers

Il simbolo **HV** senza ulteriori specificazioni indica che la prova è stata eseguita con il carico normale **F = 294,2 N** (m = 30 kg) e con tempo di applicazione del carico normale **t = 10 ÷ 15 s**.

In condizioni di prova diverse da quelle espresse si pone alla destra del simbolo HV un indice che specifichi, nell'ordine, il carico di prova F (N) · 0,102 (cioè la massa m (kg) che corrisponde al carico F) / il tempo di applicazione del carico t (s).

Esempi:

**500 HV<sub>30/20</sub>** → durezza 500 Vickers ottenuta con carico di prova F = 294,2 N (m = 30 kg) e tempo di applicazione del carico t = 20 s.

**320 HV<sub>20</sub>** → durezza 320 Vickers ottenuta con carico di prova F = 196,1 N (m = 20 kg) e tempo di applicazione del carico normale t = 15 s.

#### Differenze fra Brinell e Vickers

La prova di durezza Vickers è applicabile:

- oltre i limiti di applicabilità della prova Brinell
- su pezzi finiti e con superfici di elevata finitura superficiale (impronte microscopiche)
- su pezzi comunque piccoli e di piccolo spessore
- per misurare la durezza degli spessori interessati da trattamenti superficiali (protezione, trattamenti termici, ecc.)

Rispetto alla prova Brinell presenta dei notevoli vantaggi, ma anche degli svantaggi.

#### Vantaggi:

- il campo di applicazione è praticamente illimitato e senza cambiare il penetratore, ma solo variando il carico applicato
- la durezza Vickers non dipende dal carico di prova (corrisponde alla prova Brinell ideale con  $\beta = 136^\circ$ )
- la durezza Vickers si può eseguire anche su materiali non metallici
- la prova Vickers è sempre valida (per qualunque profondità di penetrazione)

#### Svantaggi:

- è necessaria una finitura superficiale del pezzo più accurata
- il volume interessato dal penetratore è comunque piccolo rispetto alla prova Brinell, quindi i risultati delle prove sullo stesso pezzo sono più variabili