

PROVE DI DUREZZA

PROVE DI DUREZZA

La durezza H (hardness) può essere definita come:

- la resistenza alla deformazione elasto-plastica (concetto fisico);
- la resistenza alla scalfittura (concetto mineralogico);
- la resistenza che la superficie di un materiale oppone alla sua penetrazione (concetto tecnologico).

PROVE DI DUREZZA

Prove statiche, che si basano sulla misura dell'impronta lasciata sulla superficie del saggio o provetta da un penetratore adeguatamente caricato. Appartengono a questa classe le misure di durezza **Brinell, Vickers, Rockwell e Knoop**.

Si distinguono per:

- tipo di penetratore usato
- carico applicato,
- tecnica di rilevamento della dimensione dell'impronta lasciata sul saggio.

PROVE DI DUREZZA

Prove di rimbalzo, in cui un oggetto di massa e dimensioni definite e' fatto cadere o proiettato sulla superficie da provare misurandone il rimbalzo. Le superfici più dure sono meno plastiche e fanno rimbalzare maggiormente ogni oggetto che le urti. Appartengono a questa classe le prove di durezza sclerometriche **Shore** e quelle degli strumenti elettronici portatili (Equotip, Eseyey, ecc.)

PROVE DI DUREZZA

Prove di rigatura (scratch test) per le quali l'oggetto più duro incide il più tenero. Appartiene a questa classe la prova alla lima ed ogni prova atta a classificare i materiali secondo la [scala di Mohs](#).

Prove sclerometriche, in cui un utensile (microaratro), generalmente di diamante ed adeguatamente caricato, viene trascinato sulla superficie con velocità costante. La durezza, anche locale, è valutata misurando l'ampiezza del solco.

PROVE DI DUREZZA

Prove di smorzamento, in cui si misura la diminuzione dell'ampiezza dell'oscillazione d'un pendolo attrezzato con un perno duro che sfreggi sulla superficie del pezzo da provare. Il pendolo di **Herbert** appartiene a questa classe.

Prove di taglio, nelle quali si misura la forza necessaria per tagliare un truciolo d'opportune dimensioni dalla superficie del pezzo da provare, tramite un utensile standardizzato.

PROVE DI DUREZZA

Prove d'abrasione, nelle quali la superficie del pezzo da provare striscia, sotto adeguato carico, contro un disco rotante. La misura della durezza è valutata in base all'usura.

Prove d'erosione, in cui un abrasivo, in particelle di date dimensioni, è proiettato contro la superficie da provare. La variazione di peso darà una valutazione della durezza.

PROVE DI DUREZZA

I **vantaggi** della prova di durezza risiedono:

- nella sua facilità e rapidità;
- nella sua economicità;
- nel fatto di non essere una prova distruttiva.

Gli **svantaggi** sono legati:

- Alla inefficacia del solo valore della durezza nel giudizio dello stato del materiale. (*E' condizione necessaria ma non sufficiente affinché il componente metallico posseda le caratteristiche di progetto*).
- Alla dipendenza del valore della durezza dalle condizioni e metodologia di prova

PROVE DI DUREZZA

Per identificare la durezza di un materiale e' bene ricordare l'esistenza della **scala di Mohs** usata particolarmente in mineralogia: essa e' formata da dieci sostanze naturali standard la cui collocazione dipende dalla capacità che hanno di scalfire, consumare o deformare il materiale che occupa una posizione più in basso.

Minerale	N°	Caratteristiche
diamante	10	materiali duri non rigabili con una punta d'acciaio
corindone	9	"
topazio	8	"
quarzo	7	"
ortoclasio	6	materiali semiduri rigabili con una punta d'acciaio
apatite	5	"
fluorite	4	"
calcite	3	"
gesso	2	materiali teneri rigabili con l'unghia
talco	1	"

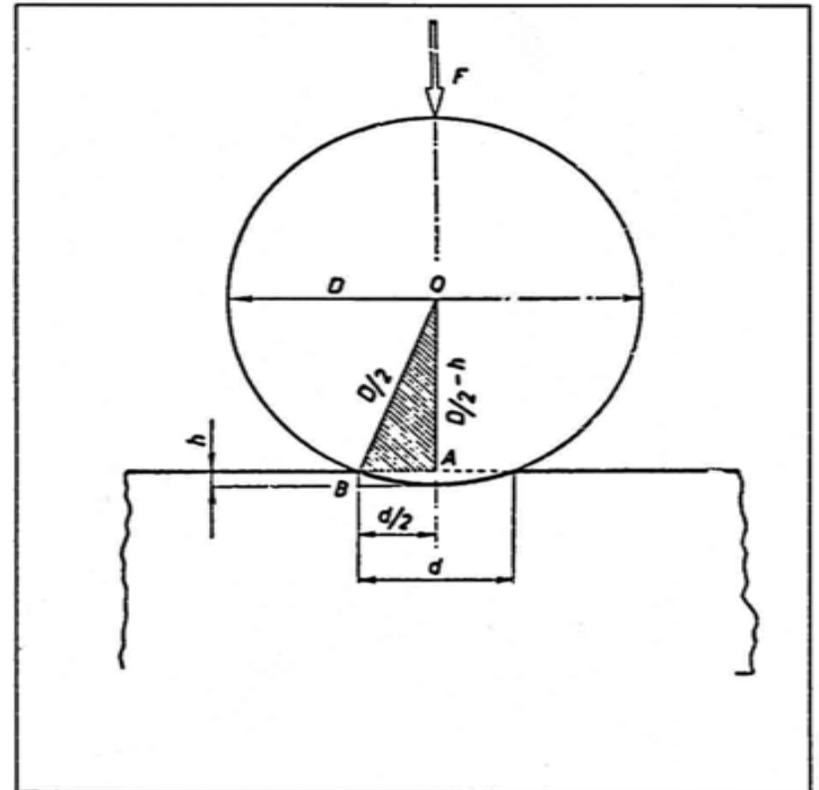
PROVA DI DUREZZA BRINNEL

Questo metodo consiste nel premere una sfera di acciaio temprato o di lega dura sinterizzata (tipo Widia) di diametro prestabilito.

Si definisce durezza Brinnell (**HB**) il rapporto tra il valore del carico F (kg) applicato e la superficie A (mm²) dell'impronta ottenuta e viene calcolata con la seguente equazione:

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

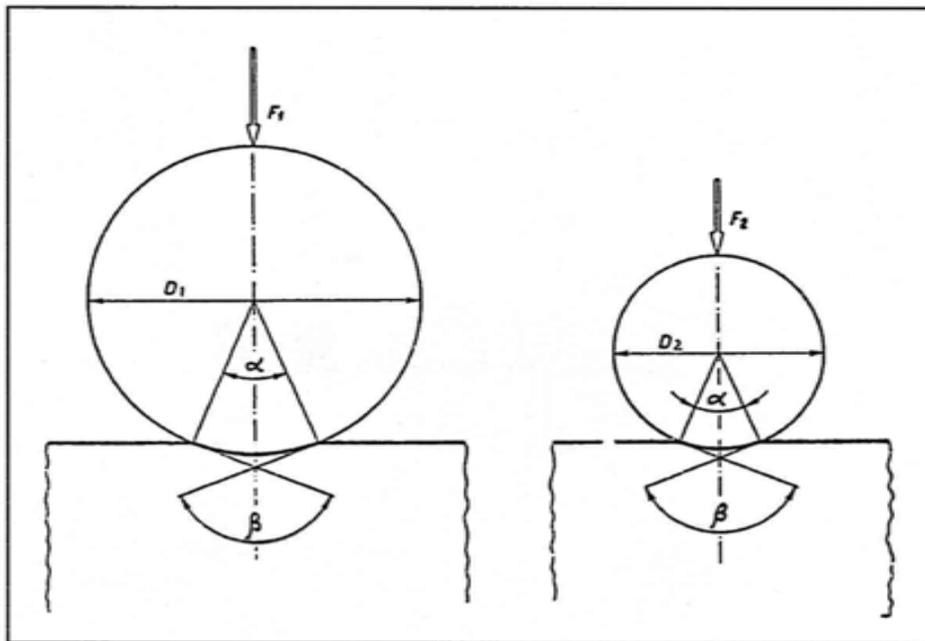
Dove D è il diametro della sfera [mm], d il diametro dell'impronta [mm].



PROVA DI DUREZZA BRINNEL

I risultati della prova dipendono dalla relazione fra il carico F applicato e il diametro D della sfera.

La comparabilità dei risultati delle prove dipende dagli *angoli di penetrazione* β . Se per prove effettuate con F e D diverse questi sono uguali allora le misure sono comparabili.



$d/D = \text{costante}$

PROVA DI DUREZZA BRINNEL

Per ottenere buoni valori di HB ci deve essere la seguente relazione tra D e d :

$$0,25 D < d < 0,50 D \text{ (condizioni ideali per } d/D=0,375)$$

che viene rispettata mantenendo costanti i valori di

$$F/D^2$$

per gli acciai $F/D^2 = 30,$

per le leghe di rame $F/D^2 = 10$

Per le leghe leggere $F/D^2 = 2,5 - 5$

PROVE DI DUREZZA BRINNEL

La sfera viene pressata sulla superficie del provino:

- per un tempo standard (da 10 a 30 secondi)
- sotto un carico costante fissato, **che non deve essere impulsivo**, variabile tra 500 e 3000 Kg

Questa prova richiede inoltre l'uso di provini con superfici lucide e piate.

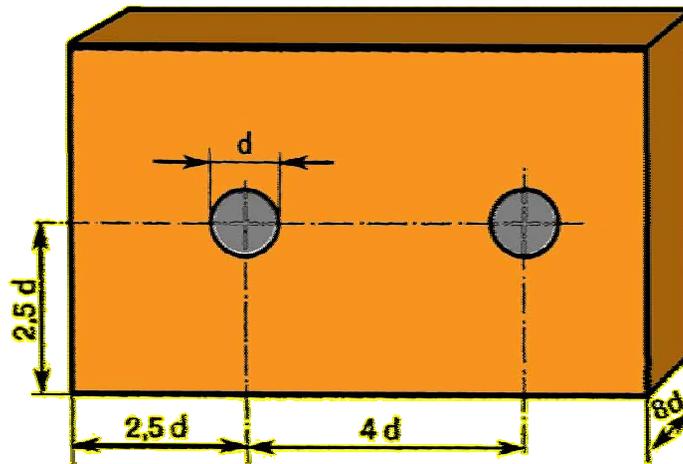
PROVE DI DUREZZA BRINNEL

L'impronta **non deve**:

raggiungere la superficie opposta del provino (lo spessore minimo deve essere almeno otto volte la profondità dell'impronta)

$$h = F/\pi D \cdot HB$$

essere troppo vicina al suo bordo o ad un'impronta precedente (**osservazioni valide peraltro anche nelle altre prove**).



PROVE DI DUREZZA BRINNELL

La prova normale richiede una sfera con **diametro 10 mm**.

Esistono però anche sfere di diametro 1, 2, o 5 mm per prove particolari; allora, in condizioni di test diverse dalle standard, i risultati vengono indicati facendo seguire al simbolo HB un indice che specifichi nell'ordine:

- il diametro della sfera in mm;
- il carico in kg;
- la permanenza del carico in secondi.

(esempio **HB_{5/250/15}**)

PROVE DI DUREZZA BRINNELL

Limiti di tale prova sono le seguenti:

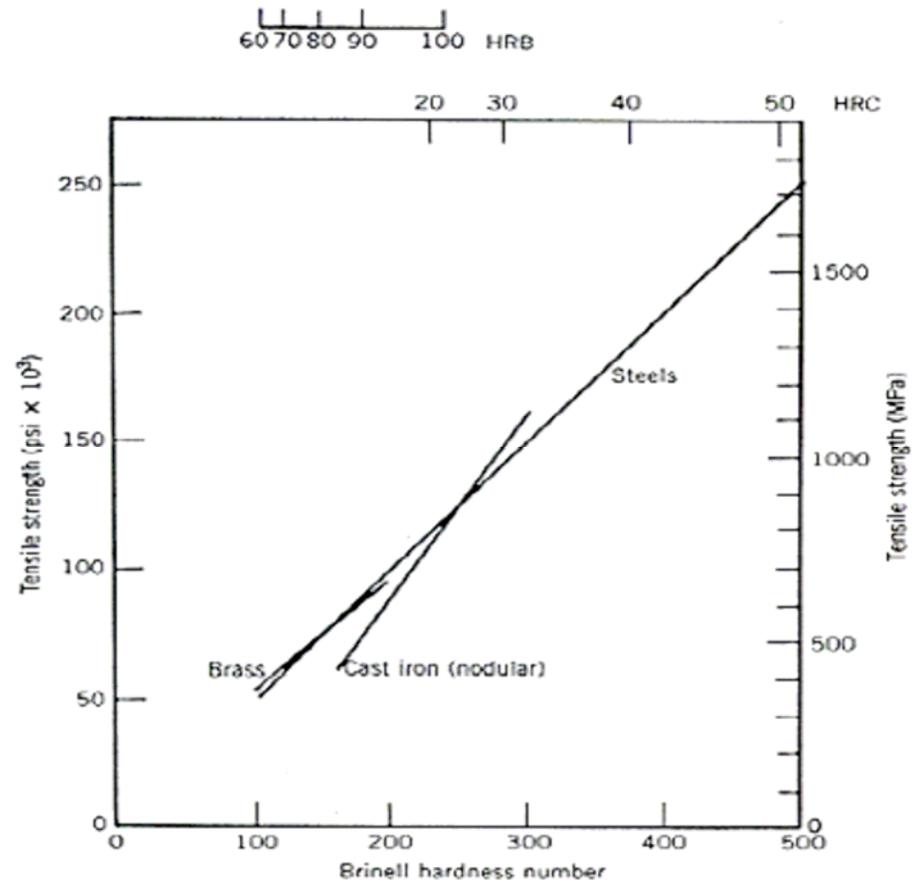
- nel caso di materiali molto duri ci può essere una deformazione della sfera ;
- se l'impronta e' larga la sfera può agire da innesco per rotture;
- non ci sono limiti al valore del carico, è necessario però evitare penetrazioni eccessive.

PROVE DI DUREZZA BRINNELL

E' stata rilevata una relazione lineare tra durezza e resistenza meccanica per gli acciai (esclusi gli austenitici) è:

$$R_m = 3,40-3,60 \text{ HB}$$

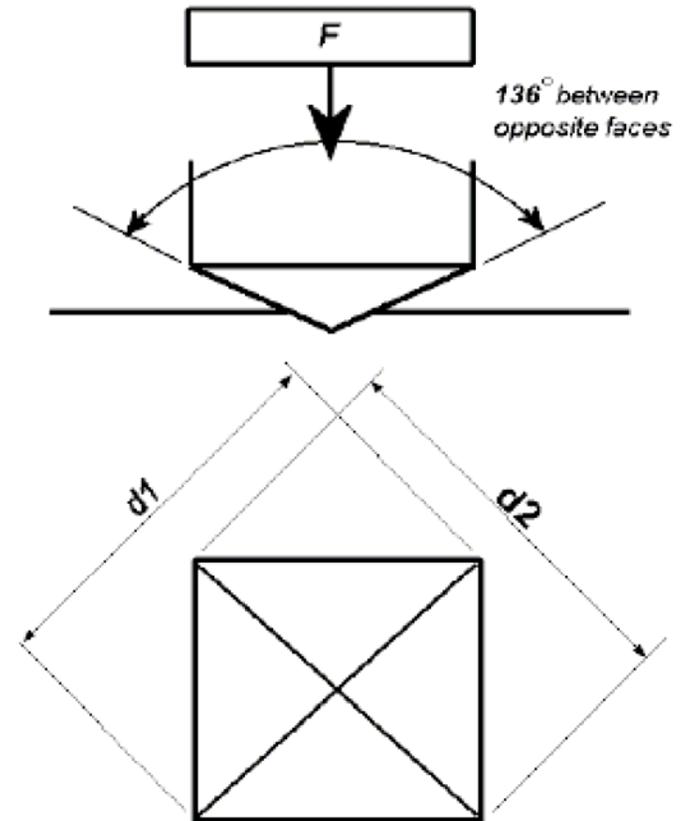
- E' applicabile sino a HB=430
- La relazione è di tipo statistico
- La relazione non è accettata per prove di collaudo



PROVE DI DUREZZA VICKERS

Si definisce durezza Vickers (HV) il rapporto tra il valore del carico F (kg) applicato e la superficie A (mm²) dell'impronta ottenuta con un penetratore di diamante a forma di piramide a base quadrata e con angolo al vertice ϕ di 136 :

$$HV = \frac{F}{A} = \frac{2 F \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1,854 \frac{F}{d^2}$$



Il carico F deve raggiungere il suo valore massimo entro 10-15 secondi e permanere per un tempo uguale.

PROVE DI DUREZZA VICKERS

La prova richiede in condizioni standard $F = 30 \text{ kg}$ e una permanenza di 10 -15 secondi;

In condizioni di test diverse i risultati vengono indicati facendo seguire al simbolo HV un indice che specifichi nell'ordine:

- il carico impiegato e
- la durata di permanenza

(esempi $HV_{30/20}$ - $HV_{5/15}$)

PROVE DI DUREZZA VICKERS

E' un perfezionamento del metodo Brinell.

Vantaggi:

- Un campo applicazione illimitato, sia per durezza che dimensioni del saggio;
- Un numero di durezza Vickers indipendente dal carico applicato.

Svantaggi:

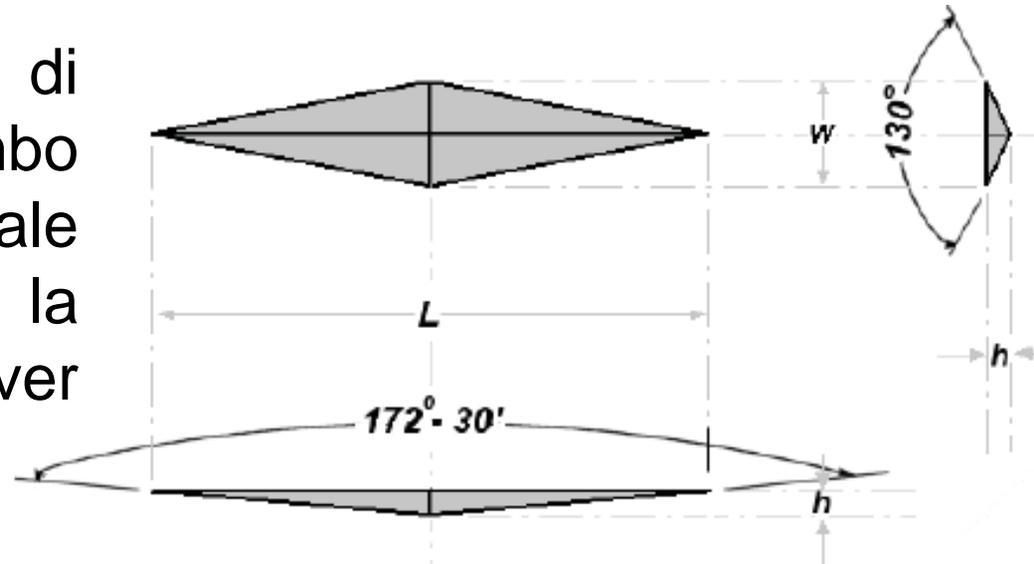
- L' accurata preparazione del campione.
- Il limitato volume di materiale interessato dalla prova.

PROVE DI DUREZZA KNOOP

Il principio di funzionamento di questa prova e' lo stesso di quella Vickers eccetto per il fatto che qui viene usata una piramide di diamante a base rombica con un rapporto tra le diagonali 7 a 1.

L'impronta lasciata, di profondità t , sarà un rombo allungato di diagonale maggiore l e minore b ; la durezza si ricaverà dopo aver misurato l .

$$HK = \frac{F}{A} = 14,2 \frac{F}{l^2}$$



PROVE DI DUREZZA KNOOP

Vantaggi:

- Le impronte Knoop presentano quindi una maggiore facilità e rapidità di lettura rispetto alle Vickers;
- Il metodo e' indicato per misurare la durezza dei materiali molto fragili o molto sottili o induriti superficialmente.
- Dalle prove Vickers e Knoop si possono avere dati di tenacità e di modulo di Young per materiali fragili.

Svantaggi:

- L' accurata preparazione del campione.
- Il limitato volume di materiale interessato dalla prova.

PROVE DI DUREZZA

La Commissione ISO nel 1975 ha abolito l'unita' di misura dimensionale della durezza Brinell, Vickers e Knoop, i cui valori sono oggi numeri adimensionali.

PROVE DI DUREZZA ROCKWELL

E' il metodo più utilizzato per la semplicità e rapidità d'esecuzione.

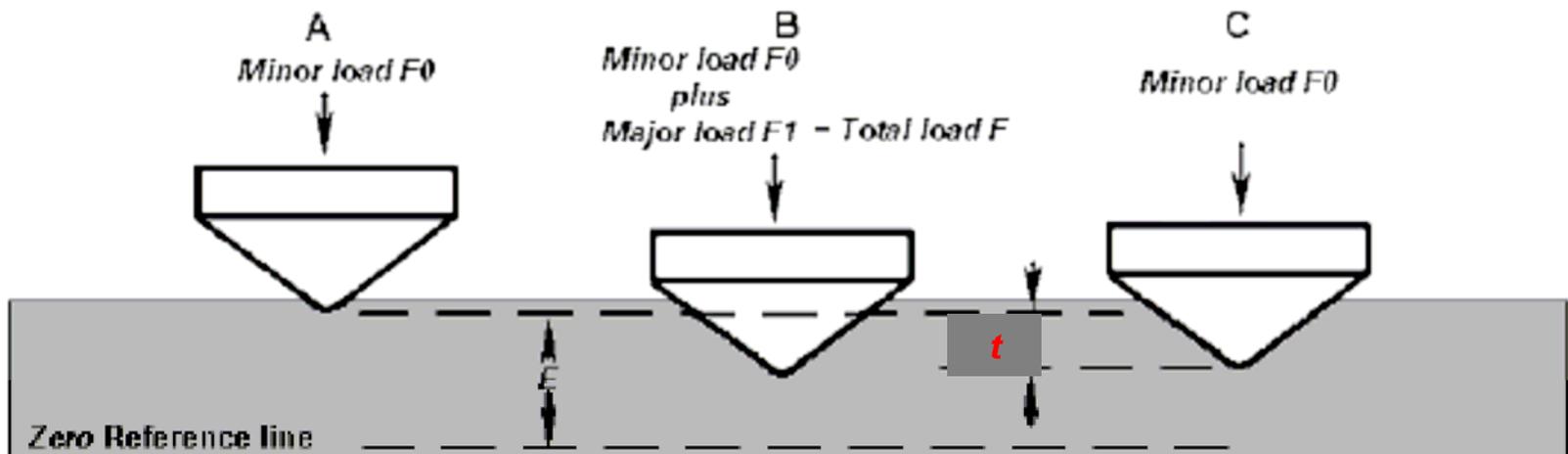
A differenza dei precedenti metodi, questo si basa sulla misura della profondità t permanente di penetrazione, il valore della durezza è funzione di questa.

In tale prova il penetratore può essere una sfera d'acciaio o, per materiali più duri, un cono con la punta di diamante con un angolo interno di 120° .

PROVE DI DUREZZA ROCKWELL

Il **carico usato** e il **tempo d'applicazione** variano in base alle dimensioni e tipo di penetratore ed al suo utilizzo.

L'operazione di carico viene preceduta da una di **precarico** in modo da posizionare bene la punta sotto la superficie del provino impedendo così che le irregolarità della stessa influenzino la prova.



PROVE DI DUREZZA ROCKWELL

Dalla misura della profondità t dell'impronta lasciata (in mm) si calcola la durezza con l'equazione corrispondente al carico utilizzato.

Nei test durezza più diffusi si usano il cono o la sfera con un **precarico di 10 kg** e **carichi variabili da 60 a 150 kg**; ogni possibile combinazione viene indicata con delle lettere dalla A alla K.

Simbolo scala	Penetratore	Carico [Kg]	Durezza
HRA	Cono	60	100-500 t
HRB	sfera D=1,5875 mm	100	130-500 t
HRC	Cono	150	100-500 t
HRD	Cono	100	100-500 t
HRE	sfera D=3,175 mm	100	130-500 t
HRF	sfera D=1,5875 mm	60	130-500 t
HRG	sfera D=1,5875 mm	150	130-500 t
HRH	sfera D=3,175 mm	60	130-500 t
HRK	sfera D=3,175 mm	150	130-500 t

PROVE DI DUREZZA ROCKWELL

Esiste la possibilità' di eseguire test di durezza superficiale utilizzando sugli stessi penetratori un precarico di 3 kg e un carico di 15, 30 o 45 kg: anche in questo caso le possibili combinazioni sono identificate da un numero, rappresentante il carico, seguito da una lettera in base al tipo di penetratore

Simbolo scala	Penetratore	Carico [Kg]
HR15N	Cono	15
HR30N	Cono	30
HR45N	Cono	45
HR15T	sfera D=1,5875 mm	15
HR30T	sfera D=1,5875 mm	30
HR45T	sfera D=1,5875 mm	45
HR15W	sfera D=3,175 mm	15
HR30W	sfera D=3,175 mm	30
HR45W	sfera D=3,175 mm	45

PROVE DI MICRODUREZZA

Microdurezza: una durezza effettuata con un carico inferiore al 1 kg.

Viene utilizzata:

- Per oggetti di limitate dimensioni o per durezza superficiali;
- Per valutare la variazione di durezza in funzione della profondità dalla superficie del pezzo;
- Per materiali fragili.

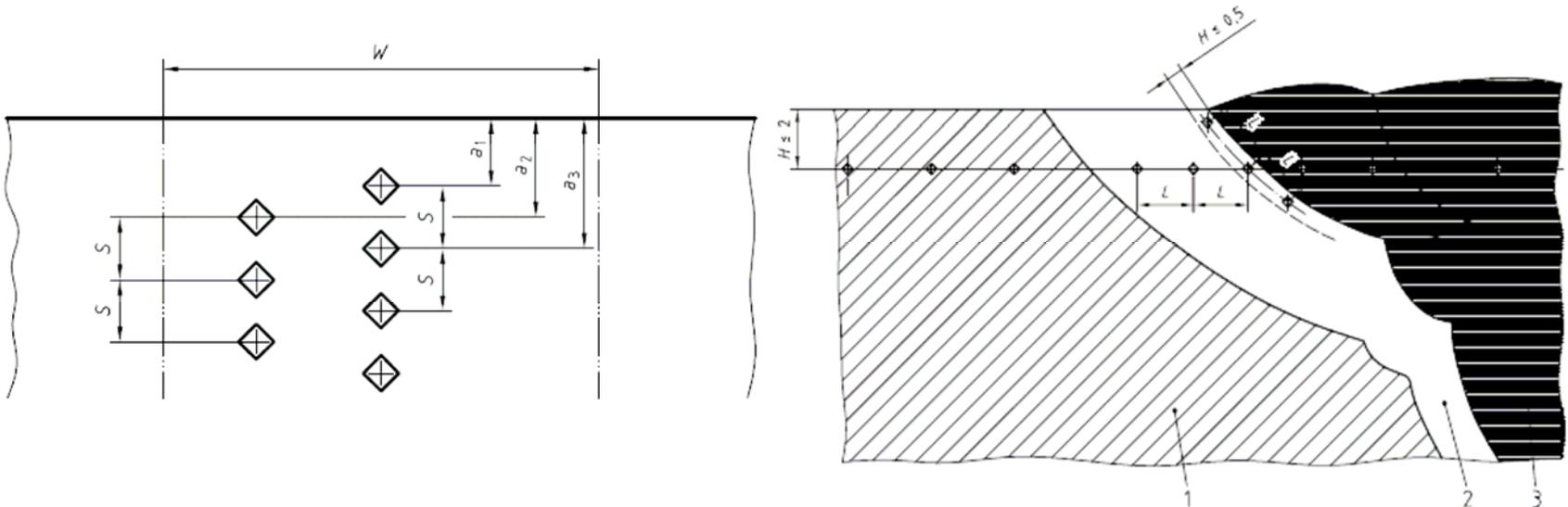
PROVE DI MICRODUREZZA

Possono essere effettuate test di microdurezza con:

La **prova Vickers**, con carichi da 1 a 1000 g.

La **prova Knoop**, con carichi da 25 a 3600 g.

Per il fatto di dover misurare accuratamente piccole lunghezze, richiedono che i provini abbiano una superficie lucidata e il più regolare possibile.



PROVE DI DUREZZA

confronto

VICKERS risulta essere: la più versatile, precisa, non distruttiva (per le modestissime dimensioni dell' impronta). E' valida in un intervallo di durezza illimitato e si presta anche per le misure di microdurezza. Risente delle eterogeneità della provetta e risulta laboriosa.

BRINNEL risulta: meno laboriosa, ma può essere distruttiva. Risente meno delle eterogeneità ed è utilizzata per materiali fortemente eterogenei quali le ghise grigie. Valori ottenuti con sfere di diverso diametro, sebbene caricate proporzionalmente, non sono generalmente paragonabili. La lettura del diametro dell' impronta richiede l'uso di una lente o di un microscopio. La misura è relativamente semplice, affidabile e generalmente meno complicata di quella Vickers.

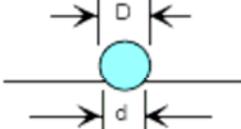
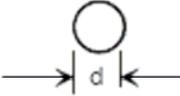
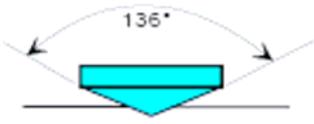
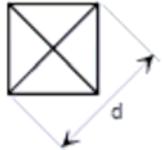
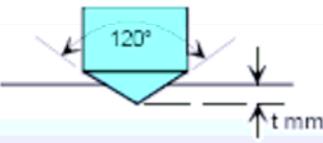
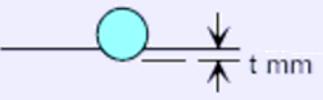
ROCKWELL: è la più semplice e rapida, ma anche la meno precisa ed affidabile. Infatti può dare valori errati per molteplici motivi; per esempio un cedimento dell' appoggio dovuto ad una qualsiasi causa

PROVE DI DUREZZA

Poiche' le prove di durezza sono generalmente di facile esecuzione e non danneggiano i pezzi si possono giustamente annoverare tra le **Prove Non Distruttive**.

Possono dare valori non attendibili quando non vengono rispettate tutte le condizioni poste dalle procedure sancite dalle norme nazionali od internazionali.

PROVE DI DUREZZA

Test	Indenter	Side View	Top View	Load kg
<u>Brinell 1900</u> HB	10 mm steel or Tungsten Carbide ball			500 1500 3000
<u>Vickers 1922</u> HV	Diamond Pyramid			1-120 $\frac{1.854P}{d^2}$
<u>Rockwell 1922</u> A HRA C HRC D HRD	Diamond Cone			60 150 100 - 500t 100
B HRB F HRF G HRG	$\frac{1}{16}$ - in dia steel ball			100 60 130-500t 150
E HRE	$\frac{1}{8}$ - in dia steel ball			100 130-150t
Plus many others				

PROVE DI DUREZZA

Metodo	Sigla	Penetratore	Materiale del penetratore	Carico, tempo	Grandezze misurate	Unità di misura	Riferimento UNI
Brinell	HB	Sfera	Acciaio temprato	Funzione di ϕ , del mat.	$\frac{\text{Carico}}{\text{sup.impronta}}$	kg/mm ²	560-75
Vickers	HV	Piramide quadrata	Diamante	294 N tempo var.	$\frac{\text{Carico}}{\text{sup.impronta}}$	kg/mm ²	1955-75
Rockwell B	HRB	Sfera	Acciaio temprato	t_0 : 98 N t_f : 980 N	Profondità di penetrazione	-	562-75/1 ^a
Rockwell C	HRC	Cono	Diamante	t_0 : 98 N t_f : 1470 N	Profondità di penetrazione	-	562-75/1 ^a

PROVE DI DUREZZA

Materiale	HB (*)	HRB	HRC	HV	HK
acciaio per getti	107-163	64-85	/-2	120-160	135-184
acciaio per utensili	575-630	/-/	56-61	690-840	688-815
acc tenac per lavor a caldo	417-565	114-/	44-57	440-670	441-670
acciaio nitrurato	665-757	/-/	63-69	900-1160	850-983
ghisa malleabilizzata	110-280	65-104	/-29	122-281	137-300
ghisa bianca	240-380	100-111	23-40	240-390	266-400
ghisa grigia	150-250	82-102	1,0-24	151-252	175-276
ghisa sferoidale	130-280	73-104	/-29	144-281	156-300
Al puro	15-25	/-/	/-/	/-/	/-/
leghe di Al per getti	40-115	/-67	/-/	/-129	/-141
bronzo al berillio per molle	150-420 (**)	82-114	1,0-44	151-440	175-443
ottone con piombo	70-110	33-65	/-/	/-122	91-137
ottone senza piombo	45-85	/-52	/-/	/-/	/-109

tabella 5: Valori approssimativi di durezza per alcuni materiali nelle diverse scale

(*) risultati ottenuti con sfera di diametro 10 mm carico di 5 Kg

(**) risultato ottenuto con sfera di diametro 10 mm e carico di 30 Kg

PROVE DI DUREZZA

NORMATIVE PER MISURE DI DUREZZA

- ISO 3738-1,2:1982 Hardmetals -- Rockwell hardness test (scale A) -- Part 1: Test method, Part 2: Preparation and calibration of standard test blocks
- ISO 3878:1983 Hardmetals -- Vickers hardness test
- ISO 4964:1984 Steel -- Hardness conversions
- ISO 6506-1,2:1999 Metallic materials -- Brinell hardness test -- Part 1: Test method, Part 2: Verification and calibration of testing machines
- ISO 6506-3:1999 Metallic materials -- Brinell hardness test -- Part 3: Calibration of reference blocks
- ISO 6507-1,2,3:1997 Metallic materials -- Vickers hardness test -- Part 1: Test method, Part 2: Verification of testing machines, Part 3: Calibration of reference blocks
- ISO 6508-1,2,3:1999 Metallic materials -- Rockwell hardness test -- Part 1: Test method (scales A,B, C, D, E, F, G, H, K, N, T), Part 2: Verification and calibration of testing machines (scales A, B, C, D,E, F, G, H, K, N, T), Part 3: Calibration of reference blocks (scales A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T)
- ISO 9385:1990 Glass and glass-ceramics -- Knoop hardness test
- ISO/TR 10108:1989 Steel -- Conversion of hardness values to tensile strength values
- ISO 10250:1994 Metallic materials -- Hardness testing -- Tables of Knoop hardness values for use in tests made on flat surfaces
- ISO/TR 14577:1995 Metallic materials -- Hardness test -- Universal test