

PROPRIETA' MECCANICHE

Le proprietà meccaniche di un materiale determinano i limiti di impiegabilità del materiale stesso in applicazioni in cui esso debba sostenere un carico o resistere ad uno sforzo. La determinazione e la valutazione delle proprietà meccaniche dei materiali sono di fondamentale importanza nella normativa, anche se esiste il problema della discrepanza tra i valori di resistenza teorica e quelli di resistenza effettiva.

Il termine "resistenza" è ambiguo e deve essere specificato, poiché esistono vari tipi di resistenza meccanica: resistenza teorica, alla compressione, alla trazione, alla flessione, alla frattura, ecc..Per quanto detto vengono eseguite delle prove sui materiali.

PROVE SUI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali che si intende adoperare devono essere riconosciute per mezzo di prove, che pongono in evidenza la resistenza e il modo di deformarsi del materiale sotto l'azione delle forze esterne.

- Nelle prove statiche di rottura il carico cresce in misura piuttosto lenta;
- nelle prove ad urto il carico raggiunge il valore massimo in piccole frazioni di secondo;
- nelle prove di scorrimento, condotte soltanto a caldo, il carico è tenuto costante per lungo tempo;
- nelle prove a fatica si hanno variazioni di sforzo ripetute un gran numero di volte.

PROVE DI RESISTENZA

E' compito dei laboratori di tecnologia determinare i limiti di resistenza dei diversi materiali alle diverse sollecitazioni. In tali laboratori si preparano i "provini", cioè dei "pezzi" opportunamente sagomati e dimensionati, i quali vengono sottoposti a prove condotte secondo norme ISO. I risultati ottenuti sui provini vengono estesi agli oggetti costruiti con lo stesso materiale e sottoposti allo stesso tipo di azione.

Si conducono prove di trazione, di compressione, di flessione, di durezza ecc. che possono essere semplici o variamente combinate fra loro, di tipo statico o dinamico, periodiche o uniche, a freddo e a caldo, speciali e normali, ecc. a seconda delle esigenze.

Tutti i risultati vengono riportati su tabelle o su diagrammi per utilizzare relativi dati in occasioni successive. Anche se esistono questi diagrammi e tabelle spesso occorre eseguire delle prove sui materiali stessi per avere dati precisi.

Di queste prove la durezza è una delle più importanti per le sue caratteristiche che di seguito andranno illustrate.

SCOPO DELLA PROVA DI DUREZZA

Le prove di durezza sono eseguite per ottenere un indice convenzionale dal quale trarre informazioni sulle qualità e sulle proprietà del materiale.

La prova di durezza è una delle più importanti e delle più utilizzate che si eseguono in laboratorio, la definizione di durezza non è unica, infatti, si tratta di una proprietà convenzionale dei materiali che dipende dal metodo utilizzato per rilevarla.

I valori della durezza vengono determinati secondo vari metodi, fra i quali sono più comunemente impiegati quelli Brinell, Vickers e Rockwell. Ogni metodo usa un diverso penetratore e un valore diverso del carico. Se, su uno stesso materiale, eseguiamo prova di durezza con metodi differenti otteniamo indici differenti.

Perciò, nel fornire gli indici di durezza dei materiali, si deve sempre indicare il tipo di prova effettuata.

Dopo il numero che dà l'indice di durezza si deve indicare il tipo di prova: HB (Brinell), HR (Rockwell), HV (Vickers).

In metallurgia per durezza s'intende la resistenza che un materiale oppone alla penetrazione di un materiale più duro secondo una compressione localizzata.

Considerando la sola durezza metallurgica, le prove si dividono in:

- a) Prove di durezza per penetrazione statica;
- b) Prove di durezza per penetrazione dinamica.

Le prove del punto "a" costituiscono il gruppo maggiore ai fini industriali e si dividono in:

- a) Prove di macrodurezza;
- b) Prove di microdurezza.

Le prove di durezza sono molto in uso perché hanno diversi vantaggi:

- non richiedono provette, potendosi eseguire direttamente sul pezzo in esame;
- non distruggono né alterano l'organo sottoposto alla prova;
- forniscono indici di confronto per un giudizio sulle qualità dei materiali;
- consentono di stabilire il grado di lavorabilità alle macchine utensili di un pezzo;

- consentono di valutare con buona approssimazione, la resistenza a trazione degli acciai.

Al crescere della temperatura la durezza diminuisce.

PROVE DI DUREZZA

La durezza è una misura della resistenza di un metallo alla deformazione plastica permanente. La durezza di un metallo viene misurata comprimendo un penetratore sulla sua superficie; il penetratore, che è solitamente una sfera, una piramide o un cono, è costituito da un materiale molto più duro del materiale che viene provato, i materiali comunemente usati per i penetratori sono, per esempio, l'acciaio temperato, il carburo di tungsteno o il diamante. La maggior parte delle prove di durezza standardizzate prevede la lenta applicazione di una forza nota, che comprime il penetratore in direzione perpendicolare alla superficie del metallo in prova. Dopo aver realizzato l'impronta il penetratore viene tolto dalla superficie. Viene quindi calcolato o letto direttamente sulla macchina di prova un valore empirico di durezza, basato sull'area dell'impronta o sulla sua profondità.

Il valore della durezza con ciascuna delle prove Brinell, Vickers e Rockwell dipende dalla forma dell'impronta e dalla forza applicata.

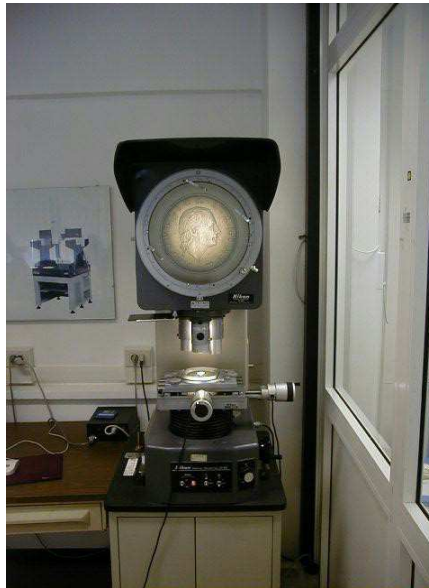
Essendo ricavati in modo sostanzialmente convenzionale, i valori di durezza ottenuti con metodi diversi o con scale diverse non sono correlabili tra loro. Se non per mezzo di tabelle di conversione di tipo prettamente sperimentale e valide per singoli classi di materiali.

Inoltre poiché la durezza di un metallo dipende dalla facilità con cui esso si deforma plasticamente; per singole classi di materiali si possono determinare empiricamente delle correlazioni tra durezza e resistenza meccanica, in particolare carico di rottura; questo tipo di correlazione è molto utile in quanto la prova di durezza è molto più semplice da realizzare della prova di trazione, e può essere praticamente di tipo non distruttivo (cioè la piccola impronta del penetratore può non essere dannosa ai fini dell'utilizzo di un oggetto); per queste ragioni, nell'industria si fa un ampio ricorso alla prova di durezza sia per avere una stima delle caratteristiche di resistenza di un materiale sia come metodo di controllo di qualità, in particolare per verificare l'efficienza di trattamento di indurimento dei materiali.

Molto importante dire che per le prove di durezza non si usano le macchine universali, ma macchine dedicate, dette durometri.



Durometro di Galileo



Proiettore di profili

Nelle nostre prove utilizziamo un durometro di Galileo che ci può indicare direttamente i valori di durezza dei materiali nella scala Rockwell B e C. Questo si utilizzerà sia per le prove Rockwell sia per le prove Brinell e Vickers, con la sola differenza che nelle ultime due prove dovremo rilevare il profilo dell'impronta sul pezzo, cui vogliamo rilevare la durezza, sul proiettore di profili.

Questo durometro ha un funzionamento molto semplice. Si sistema il provino sulla parte superiore del vitone, dopo di che si muove il volantino per avvicinare il provino al penetratore. Quando il provino tocca il penetratore sullo schermo viene individuato un movimento sulla scala, quindi tramite la ghiera si applica un precarico di 10 kg che si riesce ad individuare grazie a una linea di riferimento sullo schermo.

Il carico che andrà a sollecitare il provino sarà dato da un sistema di leve in modo tale da avere un carico elevato con dei pesi non eccessivi. Inoltre il carico deve essere applicato in modo graduale e questo avviene tramite un freno ad olio che impiega circa 8 secondi per applicarlo completamente. Dopo aver spiegato il funzionamento del durometro di Galileo si passerà ad analizzare una ad una i tre metodi di rilevamento della durezza.

DUREZZA BRINELL

La norma che illustra le modalità di esecuzione della prova di durezza Brinell è la UNI EN ISO 6506

Il metodo di durezza Brinell viene usato in prevalenza per materiali teneri, quali acciai dolci, ottoni, leghe leggere. Questo è stato ideato dal metallurgico Brinell e consiste nel premere una sfera

levigata d'acciaio temperato o di metallo duro di diametro "D", per un prestabilito intervallo di tempo, con una prestabilita forza "F"(carico di prova), contro la superficie del pezzo o della provetta in esame e nel misurare il diametro medio "d" dell'impronta dopo la rimozione del carico di prova.

La durezza risulta, per un certo carico, inversamente proporzionale alla superficie dell'impronta lasciata dalla sfera sul pezzo.

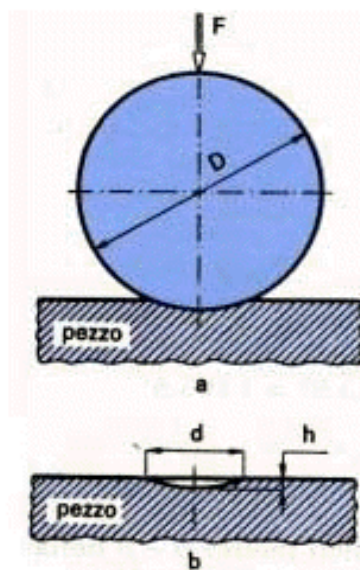
Il diametro D della sfera di solito è di 10mm e il carico F più usato è di 3000 Kg (29.400 N).

Per materiali più teneri, il carico può essere diminuito sino a 50 Kg (49 N), ciò per evitare che la sfera penetri interamente nel materiale, sfondandolo.

Il carico massimo deve essere raggiunto gradualmente e mantenuto per un tempo variabile da 10 a 15 secondi.

Lo spessore del pezzo in prova deve essere almeno 8 volte la profondità dell'impronta.

Il diametro dell'impronta d deve essere compreso fra un quarto e la metà del diametro della sfera D, altrimenti la prova non è valida.



Impronta:calotta sferica

L'indice di durezza Brinell è dato dal rapporto fra il valore del carico F e la superficie S dell'impronta riscontrabile sul materiale. Il suo simbolo è espresso con la sigla HB.

$$HB = 0,102 * \frac{F}{S}$$

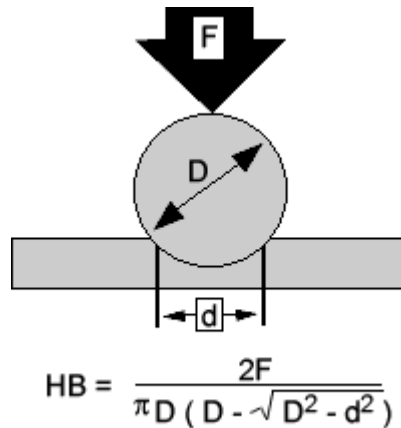
con F espresso in newton (N).

Il fattore 0,102 introdotto nella formula ha l'unico scopo di non mutare gli indici HB determinati in passato, esprimendo F in Kgf. Quindi si inserirà il fattore 0,102 solo se la forza la esprimiamo in newton.

Con il simbolo S si indica il valore della superficie dell'impronta che sarà una calotta sferica. Con la seguente formula si individua la superficie della calotta sferica:

$$S = \pi * d * h$$

Ma per individuare il valore dell'altezza occorre fare alcuni passaggi matematici che portano ad una formula definitiva della durezza brinell con le seguenti grandezze come riportata:



Si moltiplica per il valore 0.102 per ottenere i valori confrontabili con quelli delle prove precedenti all'uscita della normativa ISO, in cui i valori non si potevano più esprimere in Kgf, ma bisognava esprimerli in N.

Il carico che si applicherà al provino non sarà casuale ma dovrà seguire delle determinate regole e relazioni. La relazione a cui ci si deve attenere obbligatoriamente per svolgere una prova accettabile è la seguente:

$$F = K * D^2$$

Dove per "K" si indica una costante del materiale di cui si fa la prova. Facendo un esempio, volendoci calcolare il carico per materiale metallico (cui K=30) e ammettendo di voler usare un penetratore di diametro di 2,5 mm si avrà un carico:

$$F = 30 * (2.5)^2$$

$$F = 187.5 \text{ Kg}$$

Per poter individuare semplicemente i carichi da inserire esistono delle tabelle come riportato sotto cui viene indicato materiale e diametro penetratore.

Diametro D in mm	Spessore provino in mm	Acciai ghise K=30 F(Kg)	Alluminio Leghe leggere K=10 F(Kg)	Ottone K=5 F(Kg)	Materiali teneri K=2.5 F(Kg)	Piombo materiali più teneri K=1 F(Kg)	Materiali tenerissimi K=0.5 F(Kg)
10	>6	3000	1000	1500	100	100	50
5	3-6	750	250	125	25	25	11.5
2.5	1.5-3	187.5	62.5	31.25	6.5	6.5	3.1
2	1.5-3	120	40	20	4	4	2
1	<1.5	30	10	5	1	1	0.5

ACCETTABILITA' DELLA PROVA

L'equazione generale $HB = F/S$ ha un limitato campo di accettabilità, perché i valori della durezza da essa dedotti dipendono dalla relazione fra il carico di prova F e il diametro D della sfera.

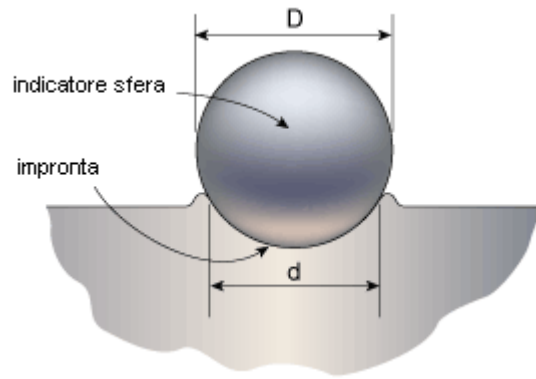
Per la comparabilità dei risultati della prova Brinell occorre che il rapporto fra il diametro dell'impronta d e il diametro della sfera D sia costante, in quanto ciò equivale alla costanza dell'angolo di penetrazione.

Teoricamente il valore nominale della costante è stato ritenuto di:

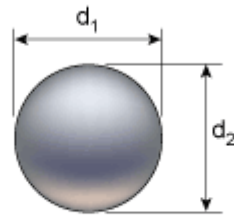
$$\frac{d}{D} = 0,375$$

e si definisce prova ideale quella eseguita in condizioni tali da soddisfarlo. Si può tollerare una variazione attorno al valore nominale:

$$\frac{d}{D} = 0,24 \div 0,60$$

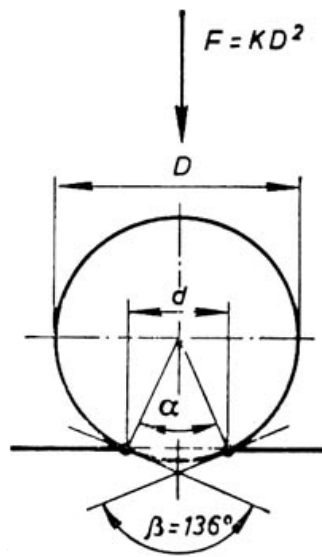


(a) Dentellatura Brinell



(b) misurazione dell'impronta del diametro

L'angolo di penetrazione ideale è di 136° e fa sì che il rapporto d/D sia compreso tra 0,24 e 0,60.



DIAMETRO DELLE SFERE

La prova normale richiede la sfera del diametro di 10 mm.

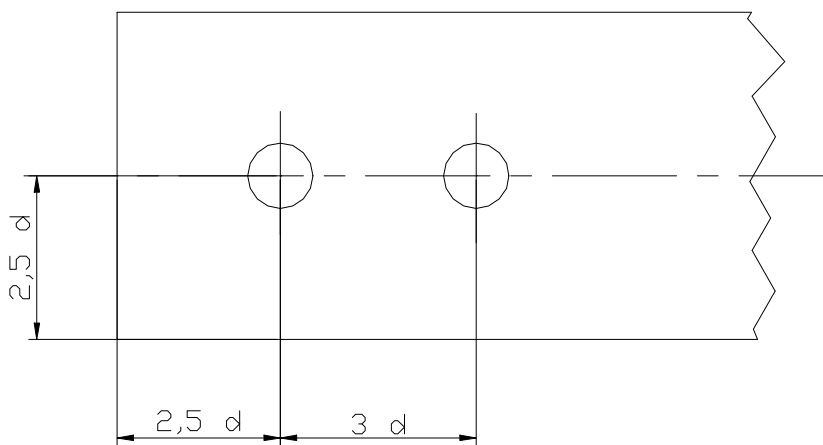
Per prove particolari possono essere usate sfere di diametro inferiore: vengono raccomandate quelle di 5 e 2,5 mm, comunque non inferiori ad 1 mm. Sono preferibili di diametro maggiore per la probabilità di un minor errore relativo di misura e per la possibilità di un valore di durezza più prossimo a quello medio, essendo interessato nella prova un maggior volume di materiale.

SPESSORE MINIMO DEL PEZZO

Lo spessore minimo s del pezzo da provare deve essere tale che, dopo la prova, nessuna deformazione deve essere visibile sulla faccia opposta a quella sulla quale è stato applicato il penetratore. Delle apposite norme stabiliscono che lo spessore del pezzo in esame deve essere 8 volte la profondità dell'impronta.

POSIZIONE DELLE IMPRONTE

La distanza del centro dell'impronta dai bordi del pezzo in prova non deve essere minore di $2,5 d$ e la distanza tra i centri di due impronte vicine non minore di $3 d$. Questo perché si vuole evitare il cedimento del materiale attorno all'impronta e il reciproco disturbo delle altre impronte.



APPLICAZIONI DEL CARICO DI PROVA

Secondo le norme UNI il carico di prova è applicato gradualmente in modo che raggiunga il valore massimo tra i 2 e gli 8 secondi; anche la durata di permanenza del carico massimo è precisato tra i 10 e i 15 secondi.

ALTRE CONDIZIONI DI PROVA

Ci sono anche altre condizioni da rispettare oltre a quelle già dette e sono:

1. il pezzo da provare deve appoggiare su un supporto rigido per evitare qualsiasi movimento durante la prova;
2. la superficie del pezzo sulla quale si esegue l'impronta deve essere liscia, piana ed esente da ossidi e da materie estranee. Per i pezzi grezzi l'asportazione dello strato superficiale deve raggiungere la zona non alterata ed in tutti casi la preparazione delle superfici non deve dare luogo ad alterazioni dello stato del materiale per incrudimento o riscaldamento.
3. il carico deve agire sulla sfera perpendicolarmente alla superficie da provare e raggiungere gradualmente il suo valore massimo senza interruzioni e nel tempo previsto;
4. per ogni impronta si assumono due diametri disposti ortogonalmente e si determina la media delle due letture. Gli strumenti di misura impiegati debbono permettere la lettura del diametro delle impronte con una precisione di circa $\pm 0,25\%$ del diametro della sfera e comunque con un errore non maggiore di 0,01 mm.
5. per evitare le conseguenze di errori accidentali è consigliabile eseguire nello stesso pezzo un numero di prove non inferiore a due.

DESIGNAZIONE

La designazione della durezza Brinell è la seguente:

300HBS 5 /250/20

DOVE:

300 = è il valore della durezza calcolatasi;

HB = simbolo della durezza Brinell;

S = sigla che indica il materiale del penetratore, in questo caso S indica acciaio temperato, se fosse stato W indicherebbe il metallo duro;

5 = diametro del penetratore;

250=carico applicato al provino in kg che bisogna moltiplicare per 9.8per averla in N;

20 = tempo di penetrazione se diverso da 10-15 secondi.

DESCRIZIONE PROVA

La prova si divide in alcuni punti:

1. applicazione del precarico sul provino di acciaio dolce, bloccando la leva e muovendo la ghiera per applicare i 10 Kg di precarico fermandosi sul punto indicato dallo schermo con "ALT";
2. dopo di ciò effettuiamo la prova con una carico effettivo di 187.5 Kg con un penetratore di diametro 2.5 mm tenendo costante la forza per 10-15 secondi come da normativa;
3. eseguita la penetrazione si toglie il carico e avviene la misurazione dei diametri dell'impronta lasciata sul pezzo grazie al proiettore di profili;
4. utilizzando i dati ricavati si individua il valore della durezza Brinell.

Rileviamo che il diametro medio rilevato è di 1.248 mm.

Riportando i valori nella formula ritroviamo la durezza del materiale con i seguenti dati:

D = 2.5 mm

F = 187.5 Kgf

d = 1.248 mm

materiale: acciaio dolce

abbiamo che:

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

$$HB = 375 \text{ Kg}/\pi 2.5 (2.5 - \sqrt{2.5^2 - 1.248^2})$$

$$HB = 143 \text{ Kg}/\text{mm}^2$$

Eseguendo il rapporto tra il diametro medio rilevato sull'impronta e il diametro della sfera si individua che la prova è accettabile in quanto è compreso nei valori di soglia:

$$d/D = 0.499$$

quindi si può concludere che la prova risulta svolta in modo corretto anche se per determinare una durezza più vicina alla realtà si sarebbero dovute eseguire più di una singola penetrazione in modo tale da poter eseguire una media dei diametri d'impronta più esaustiva.

La designazione della durezza del materiale è la seguente:

143 HBS 2.5 187.5
DUREZZA VICKERS

La norma che illustra le modalità di esecuzione della prova di durezza Vickers è la
UNI EN ISO 6507

Questo metodo deve ritenersi il perfezionamento del metodo Brinell. Infatti:

1. ha un campo di applicazione illimitato sia per la durezza che per le dimensioni del pezzo;
2. il numero di durezza Vickers è indipendente dal carico di prova applicato sul penetratore ed è in ogni caso equivalente al numero Brinell ottenuto nelle condizioni ideali ($d/D=0,375$).

Possono ritenersi fattori negativi rispetto al metodo Brinell:

1. la necessità di un'accurata preparazione della superficie, talvolta onerosa per il ritmo produttivo;
2. il limitato volume di materiale interessato alla prova e di conseguenza la probabilità di valori localmente variabili.

Si può pertanto attribuire al metodo Vickers lo specifico e preferenziale impiego per la misurazione delle durezze oltre l'applicabilità del metodo Brinell; per i pezzi finiti di lavorazione, per i pezzi di piccole dimensioni, per i pezzi cementati o comunque con spessori riportati e per le misurazioni di laboratorio.

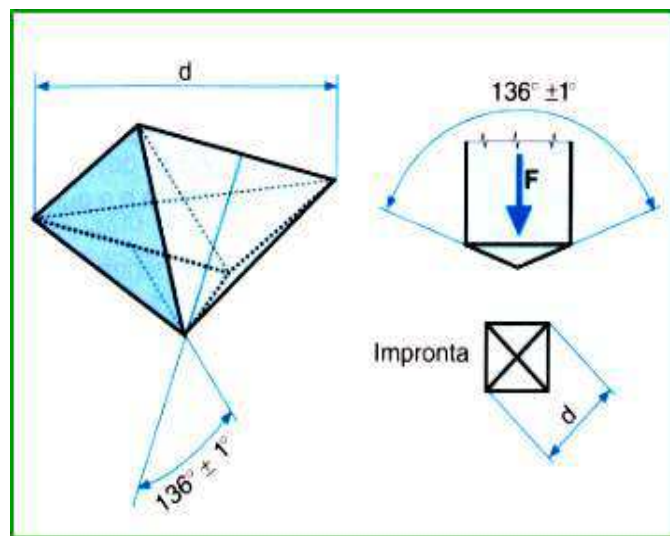
Un penetratore di diamante avente la forma di una piramide retta a base quadrata con un angolo al vertice tra le facce opposte specificato (136°) viene fatto penetrare entro la superficie di una provetta; viene quindi misurata la lunghezza della diagonale dell'impronta lasciata sulla superficie dopo rimozione del carico di prova F . La durezza Vickers è proporzionale al quoziente ottenuto dividendo il carico di prova per l'area dell'impronta a facce inclinate, la quale si suppone corrisponda ad una piramide retta a base quadrata che presenti lo stesso angolo al vertice del penetratore.

PENETRATORE

Il penetratore del metodo Vickers è costituito da una piramide retta a base quadrata, di diamante, con angolo al vertice fra le facce opposte di $136^{\circ} \pm 1^{\circ}$. La forma del penetratore è giustificata dall'impronta quadrata, la cui diagonale è misurabile con maggiore precisione e facilità.

L'angolo al vertice di 136° corrisponde al valore dell'angolo di penetrazione della prova Brinell ideale.

Le quattro facce del penetratore devono essere ugualmente inclinate rispetto all'asse del penetratore, con tolleranza di $\pm 1^{\circ}$. Le due facce della piramide devono essere ben levigate ed esenti da cricche o da qualsiasi altro difetto superficiale.



DIMOSTRAZIONE PROVA VICKERS

Conoscendo la forma dell'impronta che il penetratore lascerà sul provino possiamo calcolare la superficie stessa. Sapendo che l'impronta sarà una piramide a base quadrata retta e quindi che la superficie laterale della piramide è costituita da quattro triangoli isosceli si conosce che la superficie laterale è data dalla seguente formula:

$$S = 4 L a/2$$

Semplificando:

$$S = 2 L a$$

Indichiamo con "L" il lato della base della piramide quadrata e per "a" l'apotema della piramide. Conoscendo che secondo le relazioni matematiche l'apotema è uguale alla seguente formula:

$$a = L/2 * \text{sen } 68^\circ$$

sostituendo nella formula della superficie si ha:

$$S = L^2 / \text{sen } 68^\circ$$

Per poter eliminare la grandezza della lunghezza della base si considera la diagonale del quadrato che si ricorda è uguale:

$$L = d / \sqrt{2}$$

Sostituendo ulteriormente nella formula della superficie si ha:

$$S = d^2 / 2 * \text{sen } 68^\circ$$

Quindi ricordando che la prova Vickers come la Brinell è data dal rapporto fra forza è superficie dell'impronta, cioè:

$$HV = F/S$$

Quindi sostituendo la superficie trovata della formula della durezza Vickers si ha la seguente formula definitiva:

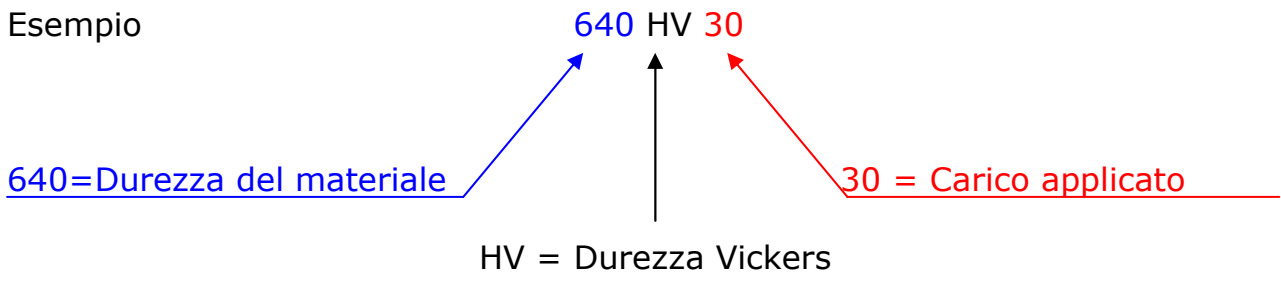
$$HV = 2F \text{ sen } 68^\circ / d^2$$

Volendo esprimerla numericamente le costanti si ha:

$$HV = 1.854 F/d^2$$

DESIGNAZIONE

Esempio



L'esempio indicato sopra indica qualora il tempo di permanenza del carico sia compreso tra 10 e 15 secondi, quando questo non accade la designazione cambia e a questa viene aggiunto un ulteriore valore che indica il tempo di permanenza in secondi come segue:

640 HV 30/20

In questo caso i gli altri valori sono invariati l'unica cosa a variare è il tempo che in questo caso sarà uguale a 20 secondi.

CARICHI DI PROVA

Il carico di prova normale per l'acciaio è di 30 Kgf; solo particolari esigenze possono indurre all'adozione di carichi differenti.

Carichi minori: per limitazione imposta dallo spessore del saggio (o dello strato superficiale da provare), dalla curvatura della superficie, dalla necessità di non deteriorare la superficie, da particolari condizioni di appoggio.

Carichi maggiori: per interessare un volume notevole di materiale nei casi di eterogeneità cristallina (esempio: ghise).

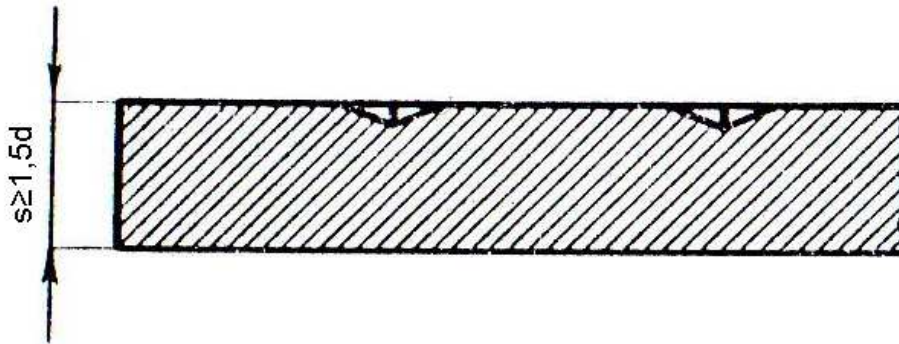
SPESSORE MINIMO DEL PEZZO

Le norme UNI ISO stabiliscono che lo spessore del pezzo da provare non deve essere minore di 1,5 volte la diagonale dell'impronta

$$s \geq 1,5d$$

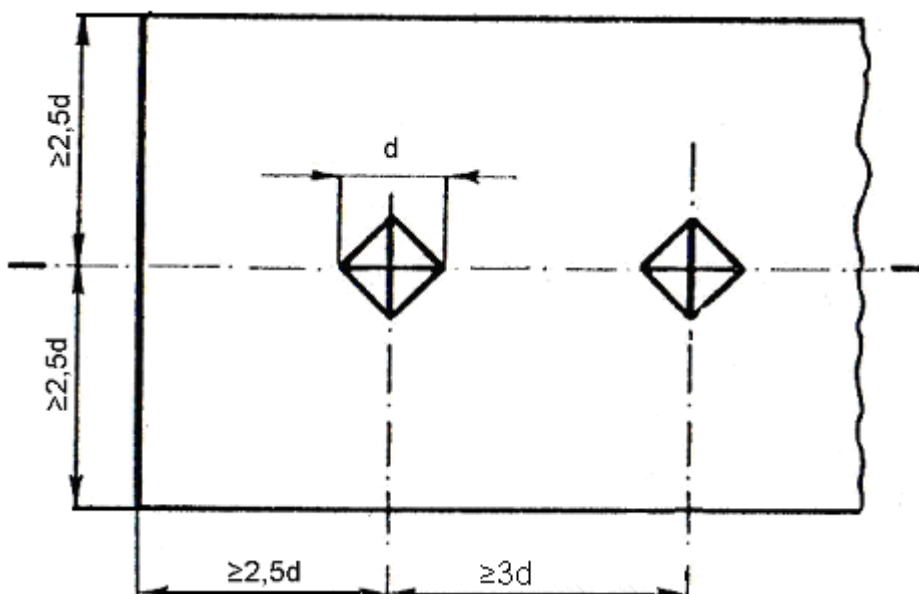
in ogni caso dopo la prova nessuna deformazione deve essere visibile sulla faccia opposta a quella sulla quale è stato applicato il penetratore.

La regola è estensibile anche agli spessori di riporto (esempi: cromature, cementazione). Nel caso in cui lo spessore di riporto non fosse noto e non potesse essere misurato, si procederà con una successione di prove a carico decrescente: si può ritenere che il carico giusto sia quello che corrisponde all'inizio della durezza costante.



POSIZIONE DELLE IMPRONTE

Le norme UNI ISO stabiliscono che la distanza del centro di un'impronta qualsiasi dai bordi del pezzo non deve essere minore di 2,5 volte la lunghezza della diagonale media. La distanza tra i centri di due impronte non deve essere minore di 3 volte la diagonale media.



APPLICAZIONE DEL CARICO DI PROVA

La direzione del carico di prova e l'asse del penetratore devono coincidere ed essere perpendicolari alla superficie del pezzo da provare. Il carico di prova deve essere applicato gradualmente senza urti e raggiungere il suo valore massimo senza interruzioni nel tempo previsto di 2-8 secondi; anche la durata di permanenza del carico massimo è precisata in 10-15 secondi nel caso dell'acciaio. Per materiali diversi il tempo è indicato nella specificazione relativa ai singoli materiali.

SUPERFICIE DEL PEZZO

La superficie sulla quale si esegue la prova deve essere liscia ed accuratamente levigata tanto più quanto minore è l'impronta di cui si deve misurare con precisione le diagonali: la rugosità può mascherare l'impronta o comunque rendere difficoltosa ed imprecisa la misurazione.

La preparazione della superficie deve essere effettuata in modo da evitare qualsiasi alterazione del materiale, in particolar modo per incrudimento o per riscaldamento.



(Esempio di superficie della provetta dopo la permanenza del carico F)

ALTRE CONDIZIONI DI PROVA

Per il calcolo della durezza Vickers si deve assumere per d il valore uguale alla media aritmetica delle misure delle due diagonali dell'impronta. Se esistesse una differenza notevole fra la lunghezza delle due diagonali dell'impronta o un'irregolarità del contorno dell'impronta stessa le cause sono attribuibili al penetratore o al materiale in esame.

Se la verifica fatta al penetratore conferma che non è più in buono stato si deve evidentemente procedere alla sua sostituzione e ad annullare le corrispondenti prove.

Nel caso il difetto sia attribuibile al materiale in esame molto spesso nelle specifiche relative ai singoli materiali sono indicati i limiti concessi per la differenza di lunghezza tra le due diagonali dell'impronta.

Lo strumento di misura impiegato deve consentire di eseguire la lettura della lunghezza della diagonale con precisione di $\pm 0,001\text{mm}$ per le diagonali minori di $0,2\text{mm}$ e con precisione di $\pm 0,002\text{mm}$ per le diagonali di almeno $0,2\text{mm}$.

DESCRIZIONE PROVA

La prova di durezza Vickers viene eseguita con le stesse modalità della Brinell con alcune differenze. Quindi si illustreranno di seguito le seguenti differenze:

1. per la Vickers si inserisce un penetratore piramidale a base quadrata di diamante;
2. si esegue l'operazione con un carico di 30 Kg, e per far ciò occorre eliminare un pesetto perché altrimenti il durometro di Galileo da noi usato non riuscirebbe a dare in quanto i suoi valori sono esclusivamente superiori. Infatti il peso minimo sarebbe stato di 31.2 Kg.
3. eseguiamo la prova su un acciaio super rapido per utensili (HSS).

c'è da dire che questa prova è usata solo per materiali duri altrimenti se il materiale fosse troppo tenero questo si sfalderebbe e non si riuscirebbe a rilevare il valore delle diagonali come è successo con il materiale di prova l'acciaio duro. In fatti questa prova è risultata nulla per la troppa irregolarità dell'impronta.

Andando sul proiettore di profili identifichiamo il valore delle diagonali per poi calcolare la diagonale media:

$$d_1 = 0.279 \text{ mm}$$

$$d_2 = 0.290 \text{ mm}$$

$$d_m = 0.279 + 0.290 / 2 = 0.2845 \text{ mm}$$

facendo ciò, si può individuare il valore di durezza del materiale con la formula semplificata prima indicata:

$$HV = 1.854 F/d^2$$

Quindi ricordando che il carico è di 30 Kg ricaviamo il valore di durezza:

$$HV = 55.62/0.08$$

$$HV = 686.67 \text{ Kg/mm}^2$$

Che si approssima per eccesso ad $HV = 687 \text{ Kg/mm}^2$

La designazione della durezza di questo materiale è la seguente:

687 HV 30

Si conclude dicendo che la prova è stata svolta correttamente seguendo le normative e il valore che è risultato è accettabile, quindi possiamo dire che la prova è valida.

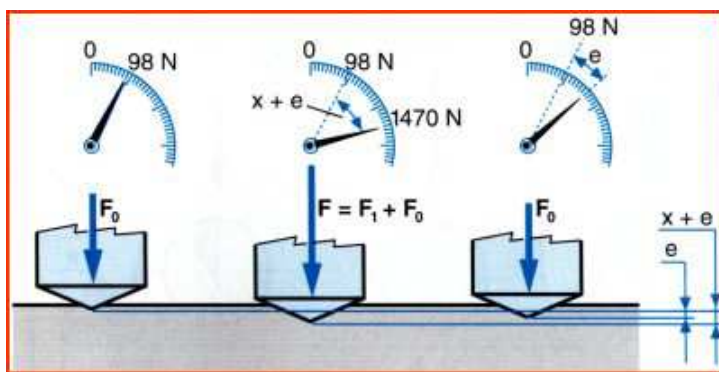
DUREZZA ROCKWELL

La norma che illustra le modalità di esecuzione della prova di durezza Brinell è la UNI EN ISO 6562

La prova consiste nel far penetrare nel pezzo, in due tempi, con due valori diversi del carico (iniziale e totale), un penetratore unificato (a cono di diamante o a sfera di acciaio temperato) e nel misurare l'incremento di profondità tra l'impronta iniziale e quella finale nel tempo indicato.

Questa prova rispetto alla Brinell e alla Vickers ha dei vantaggi:

1. per l'identificazione del valore non occorre eseguire alcun calcolo matematico, in quanto il valore lo fornisce la macchina stessa.
2. la prova può essere eseguita anche su superfici finite, vista la piccolissima entità dell'impronta.
3. la velocità con cui si eseguono le prove di durezza e di individuazione del rispettivo valore.



HRC = 100 - e (e è espressa 1/500mm)

Per convenzione, la durezza Rockwell scala C, che usa il penetratore a cono di diamante, è data da:

$$\text{HRC} = 100 - e$$

Nella quale HRC indica il simbolo della durezza Rockwell sulla scala C. Con il simbolo “e” si intende l’accrescimento, rimanente, della profondità di penetrazione che ha valore, secondo le unità di misura convenzionale, di 2 micron (μm). Analogamente, la durezza Rockwell scala B, con penetratore a sfera di acciaio temprato è data da:

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

Di regola la scala HRC viene usata su acciai molto duri, temprati o cementate per il valore superiore del carico e per la natura del penetratore. Invece, la scala HRB viene normalmente usata su materiali meno duri, quali gli acciai allo stato ricotto, e su lamiere d’acciaio di spessore almeno uguale a 0.5 mm.

Per spessori sottili da 0.15 a 0.70 mm la prova Rockwell (scala N e T) si conduce con modalità analoghe alle precedenti, ma con forze minori.

PENETRATORE

Il penetratore può essere a cono o a sfera, nel primo caso esso è costituito da un diamante a forma di cono circolare retto con un angolo al vertice di $120^\circ (\pm 0.5^\circ)$ a punta arrotondata con raggio della calotta sferica terminale di 0.2mm (± 0.1), mentre nel secondo caso esso è costituito da una sfera di diametro pari a 1,587 mm di acciaio duro temprato.

SPESSORE MINIMO DEL PEZZO

Le norme UNI ISO stabiliscono che lo spessore del pezzo da provare non deve essere minore di 8 volte la profondità dell’impronta.

$$s \geq 8 h$$

in ogni caso dopo la prova nessuna deformazione deve essere visibile sulla faccia opposta a quella sulla quale è stato applicato il penetratore.

CARICHI DI PROVA

Per la prova di durezza Rockwell non esiste un carico normalmente usato in quanto esistono svariate scale, e per ogni scala esistono delle categorie di forze da poter applicare. Comunque nelle scale più usate come la Rockwell B e C esistono dei carichi standard che sono:

- per la prova Rockwell B il carico standard è di 100 Kg (980 N);
- per la prova Rockwell C il carico standard è di 150 Kg (1470 N).

POSIZIONE DELLE IMPRONTE

Le norme UNI ISO stabiliscono che la distanza del centro di un'impronta qualsiasi dai bordi del pezzo non deve essere minore di 2,5 volte la lunghezza della diagonale media. La distanza tra i centri di due impronte non deve essere minore di 3 volte la diagonale media.

APPLICAZIONE DEL CARICO DI PROVA

La direzione del carico di prova e l'asse del penetratore devono coincidere ed essere perpendicolari alla superficie del pezzo da provare. Deve essere prima applicato il carico iniziale e poi dopo 5-10 secondi il carico totale che deve essere applicato gradualmente senza urti e raggiungere il suo valore massimo senza interruzioni nel tempo previsto di 2-8 secondi; anche la durata di permanenza del carico massimo è precisata in 10-15 secondi nel caso dell'acciaio. Per materiali diversi il tempo è indicato nella specificazione relativa ai singoli materiali.

DESCRIZIONE PROVA

In generale la prova viene eseguita applicando la forza iniziale di 10 kg (98 N) e, dopo l'azzeramento dell'indicatore di durezza della macchina di prova, si aggiunge progressivamente, in tempo da 5 a 10 secondi una forza ulteriore di 140 Kg (1372 N) con il penetratore a cono quindi usando la Rockwell C, o usando la Rockwell B con una forza di ulteriore di 90 Kg (882 N) con il penetratore a sfera. Appena l'indice s'è arrestato, si toglie il carico ulteriore e si legge sull'indicatore il permanente incremento di profondità.

La prova eseguita da noi è leggermente diversa in quanto il durometro in nostro possesso ci rivela direttamente la durezza Rockwell B e C sullo schermo. Questo semplifica ulteriormente la prova.

Per avere un riscontro veritiero sulla prova che si andrà ad eseguire usiamo un provino correlato con il durometro stesso, cioè fornito dalla stessa fabbrica costruttrice della macchina. Su questo provino è incisa sia la durezza Rockwell B sia la durezza Rockwell C . conoscendo queste due durezze potremo confrontarle con quelle da noi rilevate sul durometro per osservare se questo è ancora in buono stato di funzionamento e se la prova risulta eseguita correttamente o meno.

Si esegue prima la prova Rockwell B, quindi si inserisce il penetratore con la sfera in acciaio duro temprato di diametro un sedicesimo di pollice e il provino sul vitone. Fatto ciò si avvicina con il volantino il provino al penetratore, appena risultano movimenti sulla scala dello schermo si applica il carico iniziale di 10 Kg usando la ghiera. Riusciamo a dare esattamente il carico voluto dalla linea presente sullo schermo indicante con un “ALT ”. Fatto ciò si applica il carico finale di 100 Kg, e dopo circa quindi secondi togliamo il carico e leggiamo dallo schermo il valore della durezza e lo confrontiamo con quello dato dalla casa costruttrice della macchina.

Durezza HRB indicato sul provino: 89.5

Durezza HRB letta sul durometro: 89

Come si osserva la differenza è minima e quindi può essere considerata la prova valida.

Dopo di ciò sullo stesso provino eseguiamo la prova Rockwell C che è identica come esecuzione con le sole differenze che il penetratore è un cono retto di diamante e che la forza finale è di 150 Kg. Leggiamo la durezza sullo schermo infatti le due scale HRB e HRC sono affiancate l'una all'altra solo hanno colorazioni diverse. La durezza HRB è di colore rosso e la durezza HRC è di colore azzurro.

Dopo aver eseguito la prova rileviamo la durezza e la confrontiamo con quella data:

durezza HRC indicata sul provino: 45.2

durezza HRC letta sul durometro: 45

Come si osserva la differenza è minima e quindi può essere considerata la prova valida.

CORRISPONDENZA TRA LE DUREZZE E IL CARICO DI ROTTURA

La semplicità d'uso dei durometri ha suggerito la determinazione indiretta del carico unitario di rottura a trazione degli acciai, in base a tabelle di corrispondenza dedotte in via statistica. La conversione non è però accettata nelle prove di collaudo. Inoltre esistono anche delle formule sperimentali che mettono in relazione il carico di rottura con le durezze come ad esempio la seguente:

$$R = 0.35 \text{ HB}$$

In questa si mette in relazione il carico di rottura con la durezza Brinell.

La tabella che segue sotto è una delle tabelle che mette in correlazione il carico di rottura a trazione con le varie durezze, e inoltre dà le corrispondenze tra le diverse scale di durezza.

Durezza Brinell o Vickers	Durezza Rockwell HRB	Carico unitario di rottura N/mm²	Durezza Brinell o Vickers	Durezza Rockwell HRC	Carico unitario di rottura N/mm²
100	56.4	345	230	19.2	765
110	63.4	380	240	21.2	800
120	69.4	410	250	23.0	835
130	74.4	440	260	24.6	870
140	78.4	470	270	26.2	905
150	82.2	505	280	27.6	940
160	85.4	540	290	29.0	975
170	88.2	570	300	30.3	1010
180	90.8	605	310	31.5	1045
190	93.0	635	320	32.7	1080
200	95.0	665	330	33.8	1110
210	96.6	700	340	34.9	1145
220	98.2	735	350	36.0	1180