

PROVE DI DUREZZA

INDICE

- CLASSIFICAZIONE DUREZZA
- TIPOLOGIE DUREZZE
- DUREZZA BRINELL
- DUREZZA VICKERS
- DUREZZA ROCKWELL
- MICRODUREZZA VICKERS
- MICRODUREZZA KNOOP

PROVE DI DUREZZA

PROVA CONVENZIONALE CHE FORNISCE
INDICI DI CONFRONTO SULLA QUALITÀ DEL
MATERIALE, DEI PROCESSI TECNOLOGICI, DEI
TRATTAMENTI TERMICI E DI ALCUNE
FONDAMENTALI PROPRIETÀ MECCANICHE

DEFINIZIONE DI DUREZZA

METALLURGISTICAMENTE SI DEFINISCE
DUREZZA *LA RESISTENZA CHE UN MATERIALE*
OPPONE ALLA PENETRAZIONE DI UN CORPO
DURO DI FORMA E DIMENSIONI PRESTABILITE
(PENETRATORE)

DEFINIZIONE DI DUREZZA

MECCANICAMENTE, PER IL PROGETTISTA,
*RAPPRESENTA ANCHE SE INDIRECTAMENTE LA
RESISTENZA A TRAZIONE.*

**TRIBOLOGICAMENTE RAPPRESENTA LA RESISTENZA
AD USURA.**

**TECNOLOGICAMENTE RAPPRESENTA LA RESISTENZA
AL TAGLIO E QUINDI LA LAVORABILITA' ALLE MU.**

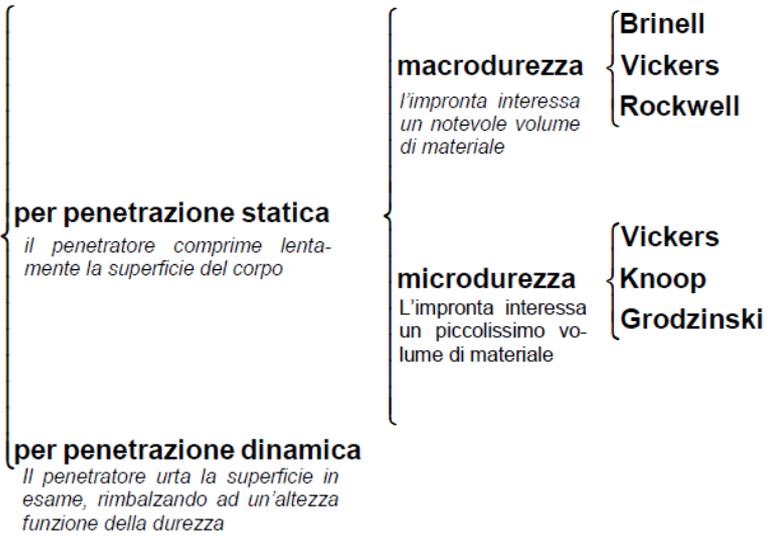


VANTAGGI PROVE DI DUREZZA

- NON RICHIEDERE PROVETTE
- NON DISTRUGGE IL PEZZO SU CUI VIENE ESEGUITA LA PROVA
- PUO' ESSERE ESEGUITA RAPIDAMENTE



TIPOLOGIE PROVE DI DUREZZA

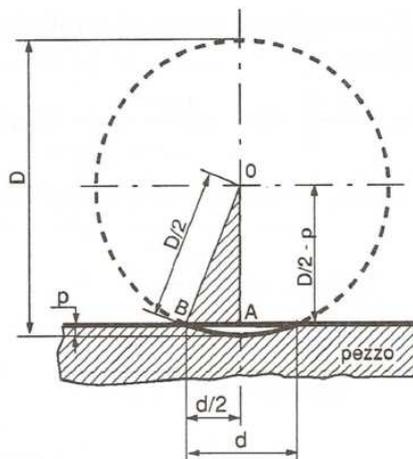


DUREZZA BRINELL (UNI EN ISO 6506)

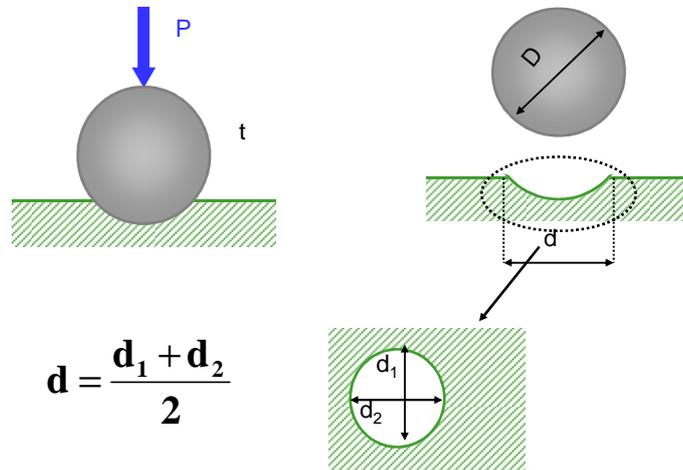
$$HB = \frac{F}{S}$$

$$S = \frac{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

$$HB = \frac{2 \times F \times 0,102}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$



DUREZZA BRINELL



$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

VALIDITA' DELLA PROVA

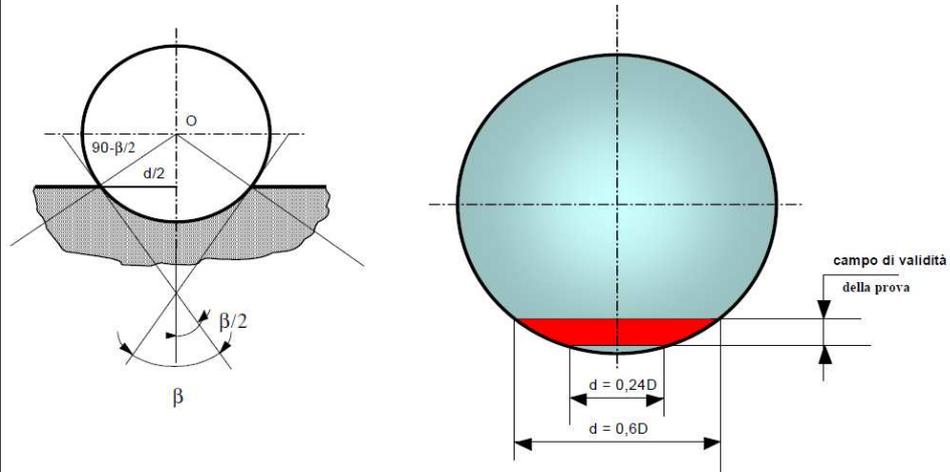
LA PROVA DÀ VALORI ATTENDIBILI SE:

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

IL CONFRONTO SI HA QUANDO

$$d/D = 0,24 \div 0,6$$

VALIDITA' DELLA PROVA



CONDIZIONI DI PROVA

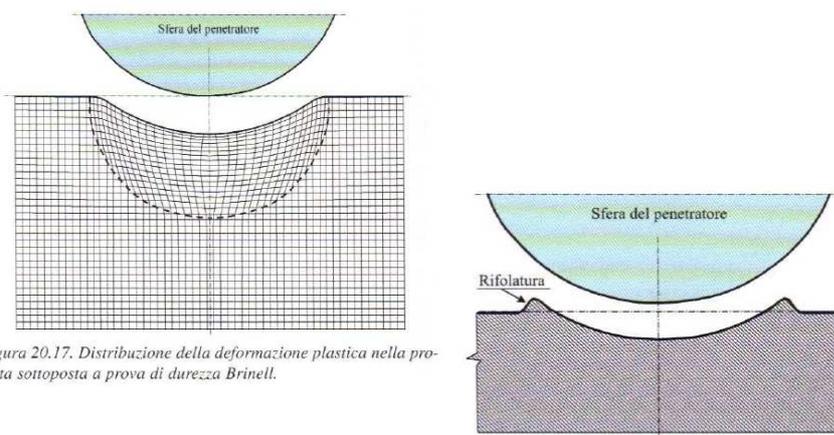
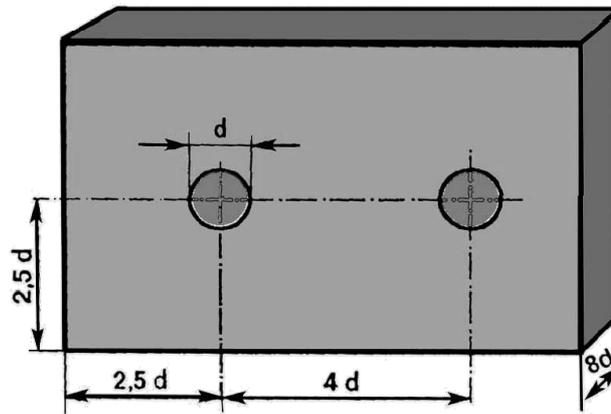


Figura 20.17. Distribuzione della deformazione plastica nella provetta sottoposta a prova di durezza Brinell.

Figura 20.18. Rifolatura ai margini di un'impronta Brinell eseguita su strato decarburato.

CONDIZIONI DI PROVA



CONDIZIONI DI PROVA

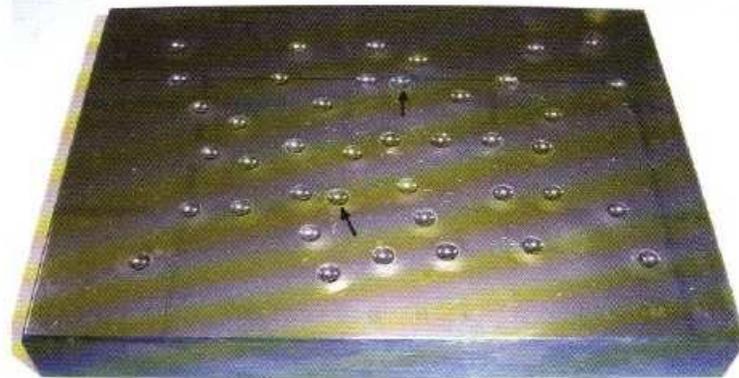


Figura 20.20. Esempio di posizionamento errato di due impronte $HB_{10/3000/15}$ su blocchetto standard di durezza.

DIAMETRO PENETRATORE

IL DIAMETRO DEL PENETRATORE DEVE ESSERE
SCELTO TRA I SEGUENTI VALORI:

(10 – 5 – 2,5 – 1) mm

CONDIZIONI DI PROVA

NORMALI

- DIAMETRO PENETRATORE $D = 10 \text{ mm}$
- CARICO APPLICATO $F = 29400 \text{ N}$
- TEMPO DI APPLICAZIONE $t = 15 \text{ s}$

IN CONDIZIONI DIFFERENTI SI DEVE FARE
RIFERIMENTO ALLA SEGUENTE RELAZIONE:

$$0,102 F = n D^2$$

(PREFERIRE SEMPRE IL DIAMETRO PIÙ
GRANDE POSSIBILE)

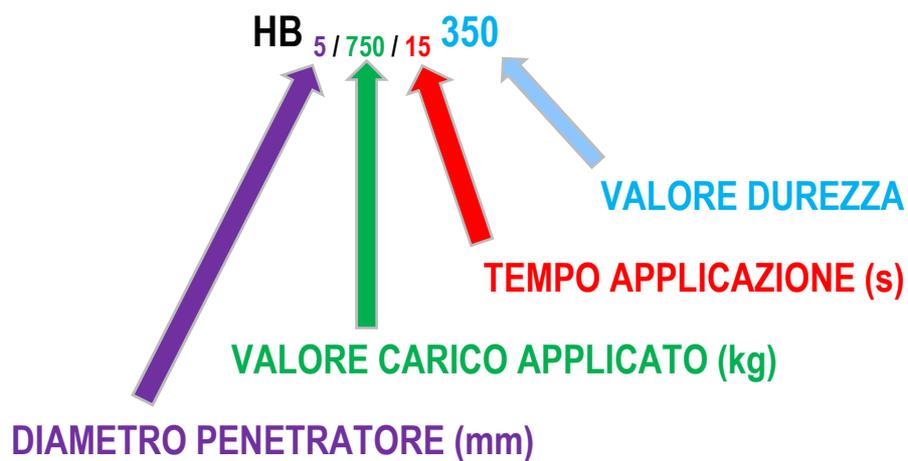
COEFFICIENTE n

Materiale	HBW	Rapporto $0,102F/D^2$
Acciaio, Leghe di Ni e di Ti	\	30
Ghisa ^{a)}	< 140	10
	> 140	30
Rame e leghe di rame	< 35	5
	35 ÷ 200	10
	> 200	30
Metalli leggeri e loro leghe	< 35	2,5
	35 ÷ 80	5, 10 e 15
	> 80	10 e 15
Piombo e Stagno	\	1
Metalli sinterizzati	Vedi norma di prodotto	

^{a)} Per le ghise D può essere solo = 2,5, 5 o 10 mm.



SIMBOLOGIA



LIMITI DUREZZA BRINELL

- CAMPO DI APPLICAZIONE LIMITATO A CAUSA DELLA DUREZZA DEL PENETRATORE
- POSSIBILITÀ DI ERRORI NELLA MISURA DELL'IMPRONTA
- MISURA INDIRETTA
- VARIABILITÀ DEI RISULTATI

IMPORTANZA DUREZZA BRINELL

PUR AVENDO LIMITAZIONI NEL CAMPO DI UTILIZZO E' MOLTO IMPORTANTE GRAZIE ALLA RELAZIONE EMPIRICA:

$$R_m \cong 3,35 HB$$

DUREZZA VICKERS (UNI EN ISO 6507)

- EVOLUZIONE DELLA PROVA BRINELL
- UTILIZZA UN PENETRATORE IN DIAMANTE
- FORMA PENETRATORE: PIRAMIDE RETTA A BASE QUADRATA

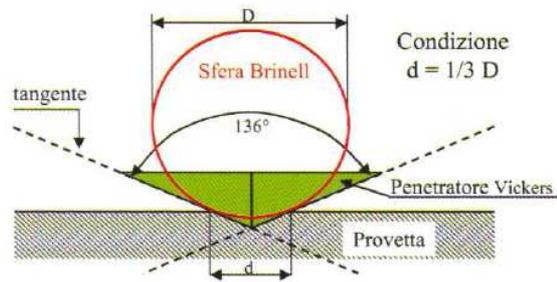
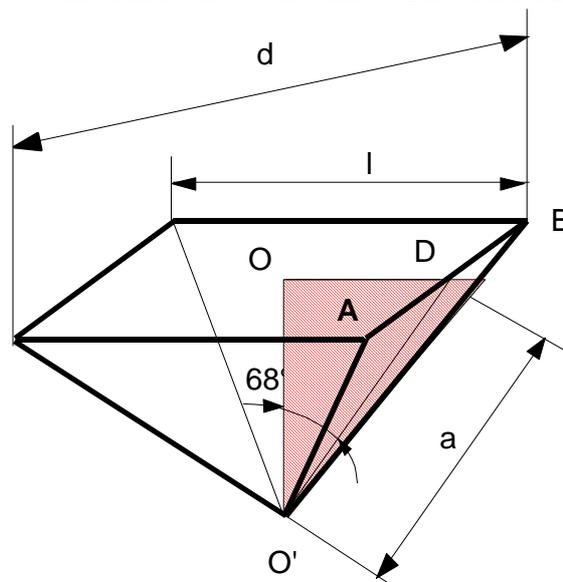


Figura 20.22. Condizione della prova Brinell con $d = 1/3 D$.

PENETRATORE VICKERS



CONDIZIONI DI PROVA

NORMALI - MACRODUREZZA

- CARICO APPLICATO $F = 294 \text{ N (30 kg)}$
- TEMPO DI APPLICAZIONE $t = 15 \text{ s}$

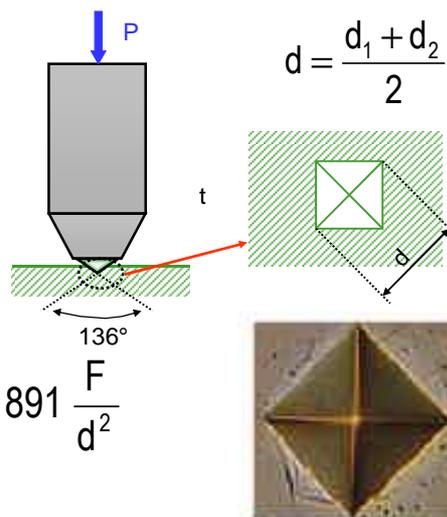
MICRODUREZZA

- CARICO APPLICATO $F < 9,8 \text{ N (1 kg)}$
- TEMPO DI APPLICAZIONE $t = 15 \text{ s}$

DUREZZA VICKERS

$$HV = \frac{F}{S}$$

$$HV = \frac{0,102 \times F}{d^2} = 0,1891 \frac{F}{d^2}$$



SIMBOLOGIA

HV _{20 / 30} 640

VALORE CARICO APPLICATO (kg)

TEMPO APPLICAZIONE(s)

VALORE DUREZZA

 università di ferrara
DA SEICENTO ANNI GUARDIAMO AVANTI.

ING. FABBRETTI FLORIANO

25

LIMITI DUREZZA VICKERS

LA PROVA VICKERS NON HA LIMITI!

**ESISTONO MATERIALI CON DUREZZE VICKERS
DI OLTRE 5000 PUNTI!**

 università di ferrara
DA SEICENTO ANNI GUARDIAMO AVANTI.

ING. FABBRETTI FLORIANO

26

CONFRONTO BRINELL – VICKERS

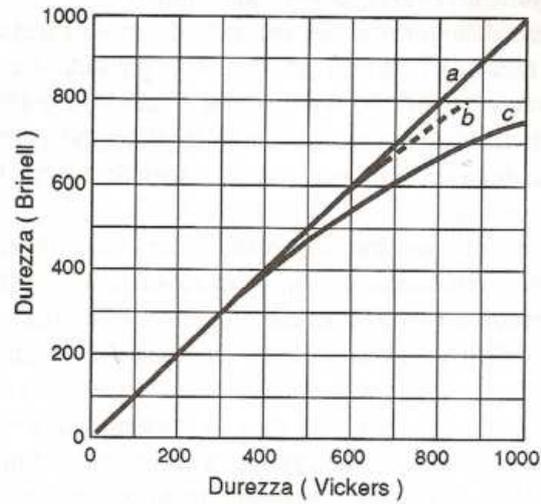


Fig. B.60 – Confronto tra durezza Brinell e Vickers.

ERRORI DUREZZA VICKERS

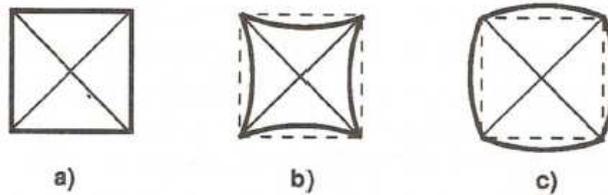
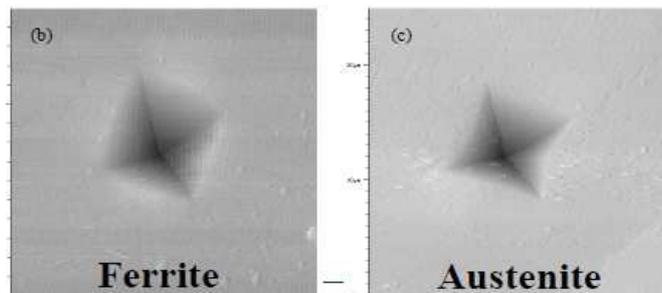
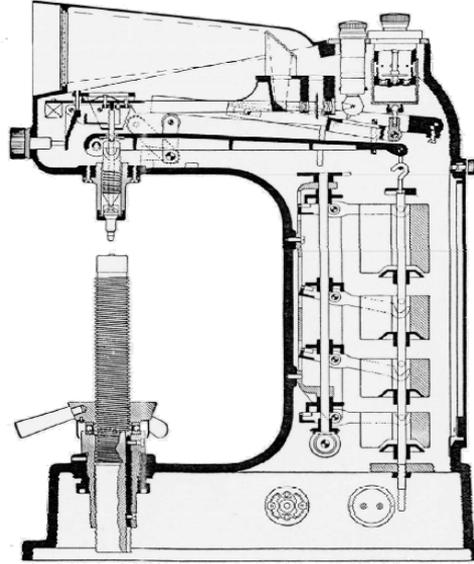


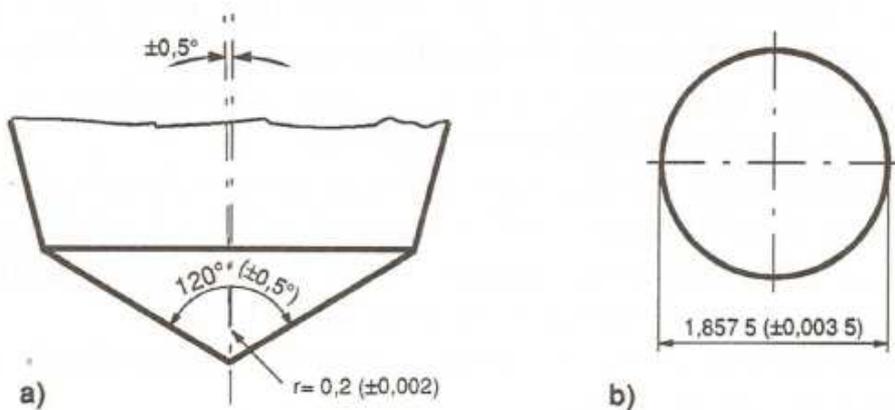
Fig. B.59 – Forma dell'impronta Vickers: a) quadrata; b) "a guanciale"; c) "a botte".



DUREZZA ROCKWELL (UNI EN ISO 6508)

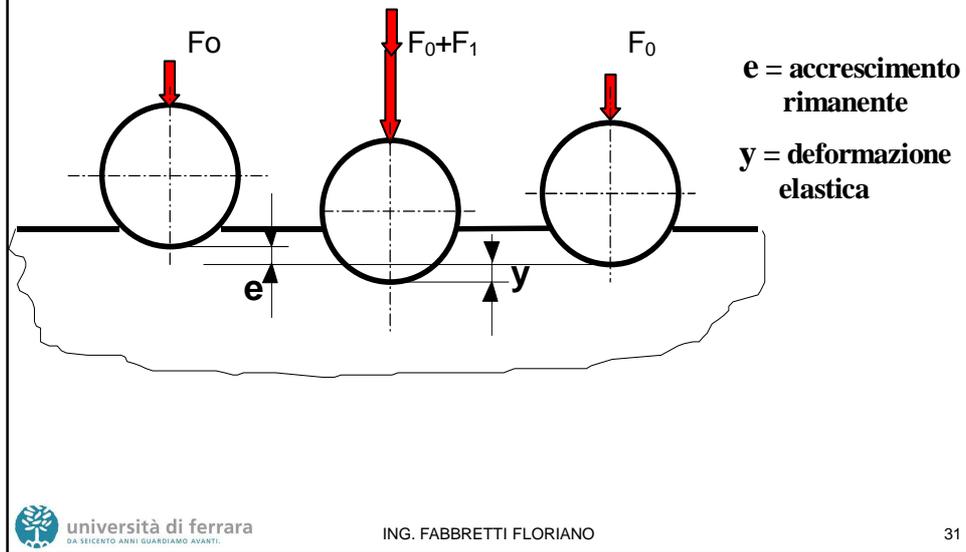


PENETRATORI ROCKWELL

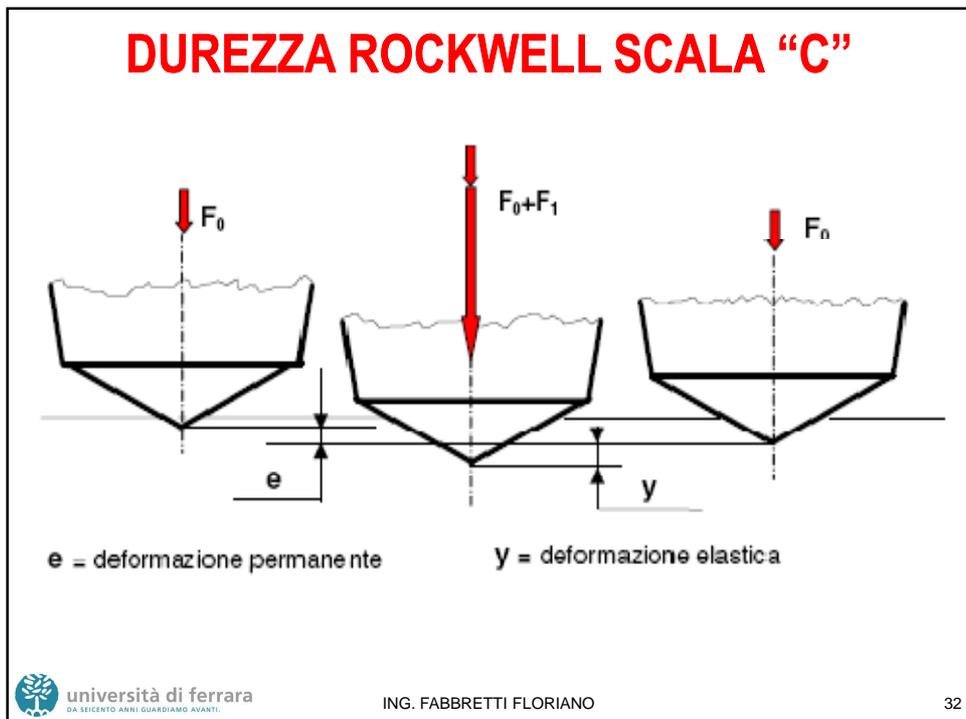


Penetratori Rockwell: a) a cono di diamante; b) a sfera di acciaio.

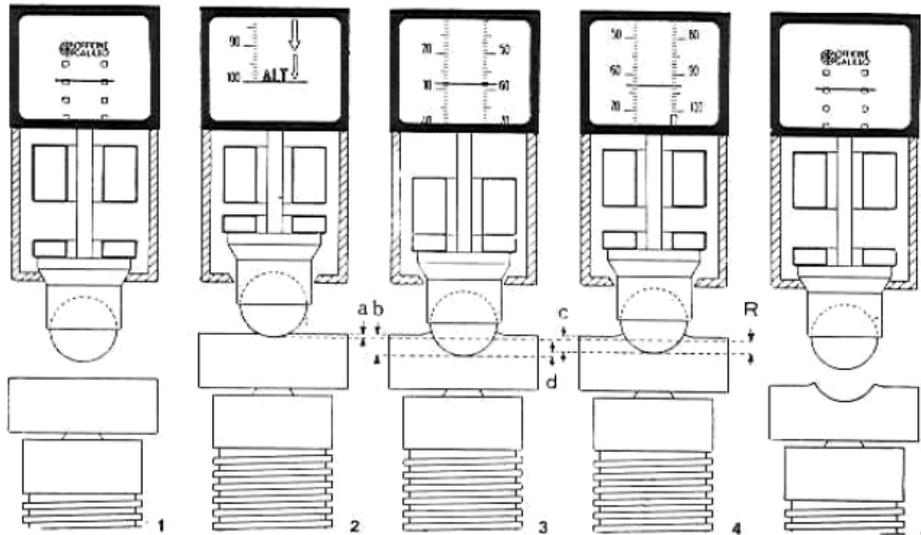
DUREZZA ROCKWELL SCALA "B"



DUREZZA ROCKWELL SCALA "C"



MODALITA' DI PROVA



SCALE ROCKWELL

- **SCALA B HRB = 130 – e**
PENETRATORE: SFERA IN METALLO DURO
CARICO: 100 kg
IMPIEGO: MATERIALI CON HB < 200
- **SCALA C HRC = 100 – e**
PENETRATORE: CONO IN DIAMANTE
CARICO: 150 kg
IMPIEGO: MATERIALI CON HB > 200

SCALE ROCKWELL

Scala	Penetratore	Carico di prova (N)	Campo di applicazione	Relazione della durezza
Simbolo				
B	Sfera $\varnothing 1/16''$	980	Fra HRB 20 e HRB 100. Per laminati imbutitura, ottone, acciaio a basso e medio contenuto carbonio.	130-e
C	Cono diamante	1470	Fra HRC 20 e HRC 70. Acciai temprati o induriti.	100-e
A	Cono diamante	588	Per materiali molto duri come carburo di W., superf. carburizzate, ecc. e nei casi in cui il carico di 1470 N può danneggiare il penetratore.	100-e
HR D	Cono diamante	980	Quando occorre un carico intermedio	100-e
F	Sfera $\varnothing 1/16''$	588	Per durezza minori di HRB = 20 Per durezza leggermente maggiori di HRB 100.	130-e
G	Sfera $\varnothing 1/16''$	1470		
E	Sfera $\varnothing 1/8''$	980	Per durezza minori di HRB = 0, per scopi speciali, per misure di materiali molto teneri. Le scale E-L-M-R sono usate per misure su materie plastiche.	130-e
H	Sfera $\varnothing 1/8''$	588		
K	Sfera $\varnothing 1/8''$	1470		
L	Sfera $\varnothing 1/4''$	588		
M	Sfera $\varnothing 1/4''$	980		
P	Sfera $\varnothing 1/4''$	1470		
R	Sfera $\varnothing 1/2''$	588		
S	Sfera $\varnothing 1/2''$	980		
V	Sfera $\varnothing 1/2''$	1470		

SCALE ROCKWELL SUPERFICIALI

Denominazione della durezza	Tipo di penetratore	Carico iniziale (Kgf)	Carico totale (Kgf)	Valore della durezza
HR 15-N HR 30-N HR 45-N	Cono di diamante	3	15 30 45	100 - e
HR 15-T HR 30-T HR 45-T	Sfera di acciaio con $d = 1,5875$ mm	3	15 30 45	100 - e
HR 15-W HR 30-W HR 45-W	Sfera di acciaio con $d = 3,175$ mm	3	15 30 45	100 - e
HR 15-X HR 30-X HR 45-X	Sfera di acciaio con $d = 6,350$ mm	3	15 30 45	100 - e
HR 15-Y HR 30-Y HR 45-Y	Sfera di acciaio con $d = 12,70$ mm	3	15 30 45	100 - e

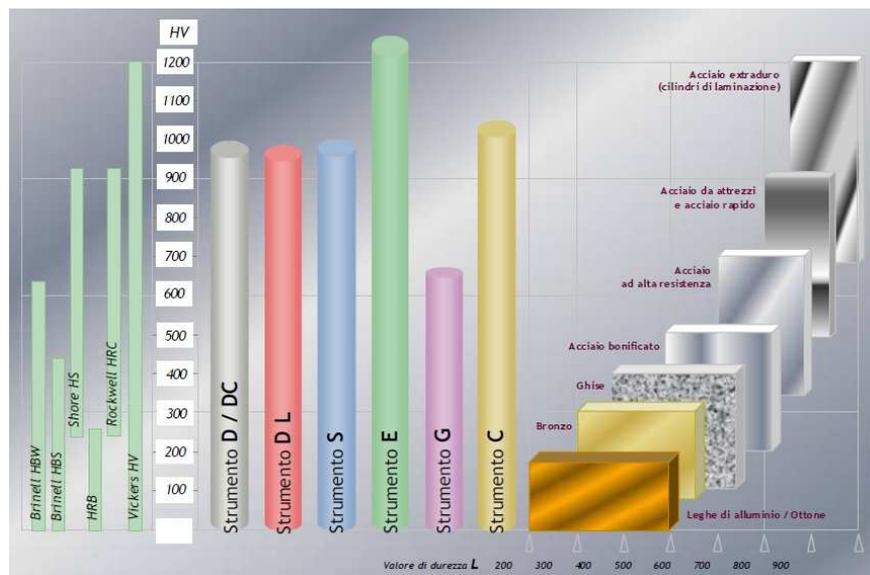
SIMBOLOGIA

IL VALORE DI DUREZZA ROCKWELL SI OTTIENE
COME LETTURA DIRETTA DAL DUROMETRO:

45 HRC

60 HRB

CONFRONTO TRA DUREZZE



PROBLEMA

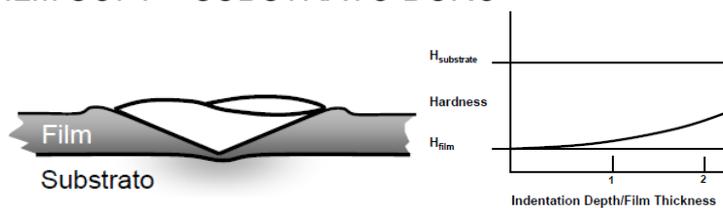
E SE LO SPESSORE DA MISURARE E' "DURO" E SOTTILE (DEPOSITI CVD-PVD, STRATI NITRURATI, SALDATURE, ...)?

LE PROVE VISTE NON VANNO PIU' BENE!!!

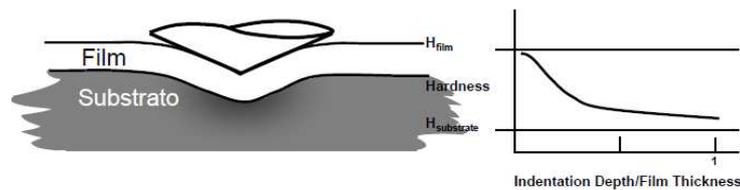
- LA BRINELL NON HA IL PENETRATORE ADATTO
- LA VICKERS E LA ROCKWELL UTILIZZANO CARICHI TROPPO ELEVATI ("SFONDANO")

PROBLEMA

- FILM SOFT – SUBSTRATO DURO

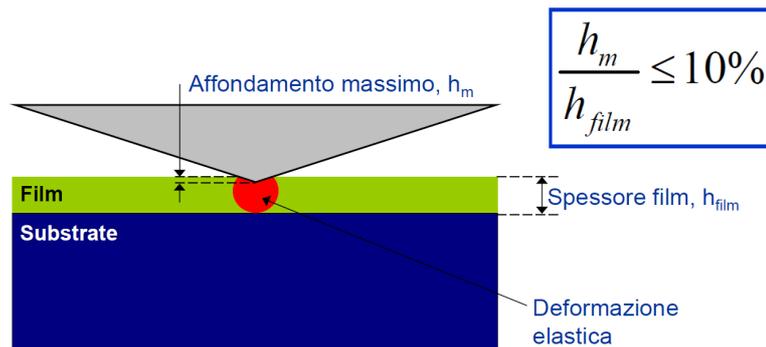


- SUBSTRATO SOFT – FILM SOFT



PROBLEMA

PER EVITARE INFLUENZE DEL SUBSTRATO,
L'AFFONDAMENTO MASSIMO DEVE ESSERE
INFERIORE AL 10% DELLO SPESSORE TOTALE



MICRODUREZZA

LE PROVE DI MICRODUREZZA SI EFFETTUANO
CON **CARICHI PICCOLISSIMI** SU CAMPIONI
LUCIDATI ED ATTACCATI PER L'ESAME
METALLOGRAFICO → SI PUÒ VALUTARE LA
DUREZZA DI UN SINGOLO COSTITUENTE
CRISTALLINO, OPPURE VARIAZIONI DI DUREZZA
ENTRO REGIONI MOLTO PICCOLE

MICRODUREZZA VICKERS

IL **CARICO DI PROVA** PREVISTO PER LA
MICRODUREZZA E' COMPRESO **TRA 1 E 1000 g_f**

→ A PARTE L'ENTITA' DEL CARICO, LA
MICRODUREZZA VICKERS E' REGOLAMENTATA
DALLE STESSE MODALITA' DELLA
MACRODUREZZA (PENTETRATORE, TEMPI,
LETTURA,...)

MICRODUREZZA VICKERS

DOMANDA:

I VALORI RICAVATI DALLA MICRODUREZZA
VICKERS SONO CONFRONTABILI CON QUELLI
RICAVATI CON LA MACRODUREZZA?

RISPOSTA:

NO!!!

MICRODUREZZA VICKERS

DATO CHE LA MICRODUREZZA VIENE
ESEGUITA ALLO STESSO MODO DELLA MACRO
IL SUO VALORE DOVREBBE ESSERE
DETERMINATO CON LA STESSA RELAZIONE:

$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

MICRODUREZZA VICKERS

IMPORTANTE!!!

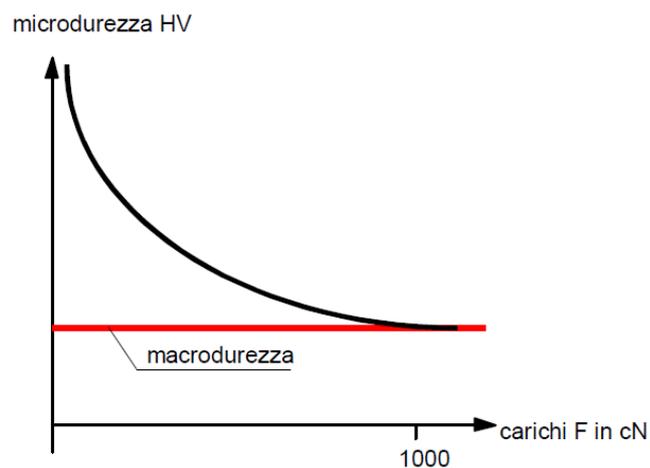
IL CARICO APPLICATO E' MOLTO PICCOLO → LA
DEFORMAZIONE IMPOSTA AL PEZZO E'
ANCH'ESSA MOLTO PICCOLA → IL CONTRIBUTO
ELASTICO IN QUESTO CASO NON E' PIU'
TRASCURABILE → NUOVA RELAZIONE:

$$HV = 1,854 \frac{F}{(d + d_e)^2}$$

MICRODUREZZA VICKERS

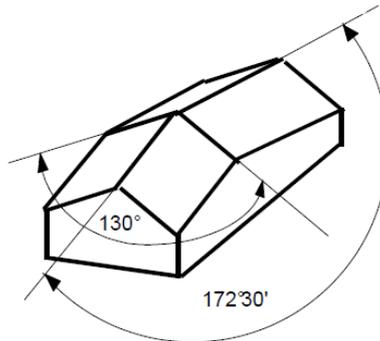
LA DEFORMAZIONE ELASTICA d_e NON E'
 MISURABILE → **MICRODUREZZA NON**
CONFRONTABILE CON MACRODUREZZA → IL
 VALORE DELLA MICRODUREZZA CRESCE CON IL
 DIMINUIRE DEL CARICO DI PROVA SECONDO UNA
 LEGGE SPERIMENTALE, DETERMINABILE CASO
 PER CASO

MICRODUREZZA VICKERS



MICRODUREZZA KNOOP

PER QUESTA PROVA VIENE IMPIEGATO UN
PENETRATORE DI DIAMANTE A FORMA DI
PIRAMIDE RETTA CON ANGOLI AL VERTICE
FRA GLI SPIGOLI OPPOSTI DI $172^{\circ}30'$ E DI 130°

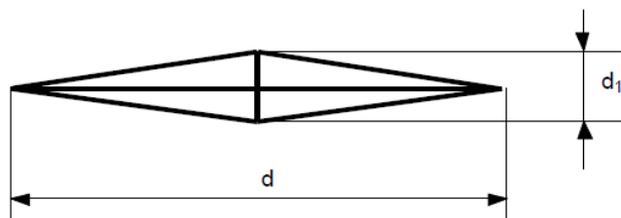


MICRODUREZZA KNOOP

LA BASE DELLA PIRAMIDE HA LA FORMA DI
UN ROMBO LE CUI DIAGONALI STANNO NEL

RAPPORTO:

$$\frac{d}{d_1} = \frac{7,114}{1}$$



MICRODUREZZA KNOOP

$$HK = \frac{F}{S}$$

$$S = \frac{d \times d_1}{2} = \frac{d \times \frac{d}{7,114}}{2} = \frac{d^2}{14,228}$$

$$HK = \frac{F}{S} = 14,228 \frac{F}{d^2}$$

MICRODUREZZA KNOOP

IL PENETRATORE DELLA PROVA KNOOP
PRESENTA IL VANTAGGIO DI DARE **IMPRONTE**
PIÙ LUNGHE E MENO PROFONDE → LA
LETTURA VIENE FATTA **SULLA DIAGONALE**
MAGGIORE PER OTTENERE UN **MINORE**
ERRORE RELATIVO

VANTAGGI PROVA KNOOP

- **MAGGIORE FACILITÀ DI LETTURA** → IMPRONTA PIÙ LUNGA (3 VOLTE) E MINORE PROFONDITÀ (2/3 PIÙ PICCOLA) A PARITÀ DI CARICO DI PROVA E DI DUREZZA DEL PEZZO
- **MAGGIORE RAPIDITÀ** → SI MISURA UNA SOLA DIAGONALE → MAGGIOR PRECISIONE NELLE MISURAZIONI

UTILIZZO PROVA KNOOP

- COSTITUENTI STRUTTURALI DELLE LEGHE METALLICHE
- STRATI SUPERFICIALI CEMENTATI, NITRURATI O ARTIFICIALMENTE OSSIDATI
- CERAMICHE, VETRI, CARBURI METALLICI, VERNICI, CRISTALLI

SCELTA DELLA DUREZZA

Tabella 6: scale e carichi di prova per le misure di durezza degli strati carbonitrurati, secondo UNI 5479.

Classe	Scala Vickers	Scala Rockwell
Cn1	*	/
Cn2	HV5	/
Cn3		15N
Cn4		15N, 30N
Cn5		15N, 30N, 45N, A

(*) Il carico di prova deve essere concordato all'atto dell'ordinazione

Tabella 7: scale e carichi di prova per le misure di durezza degli strati nitrurati, secondo UNI 5478.

Classe	Scala Vickers	Scala Rockwell
Nt1	*	/
Nt2	HV5	/
Nt3	HV10	15N
Nt4	HV10	15N
Nt5	HV10	15N, 30N, 45N

(*) Il carico di prova deve essere concordato all'atto dell'ordinazione

SCELTA DELLA DUREZZA

Tabella 8: scale di durezza previste dalla norma FIAT 50140 per la misura degli strati superficiali induriti in funzione dello spessore.

Scala di durezza consigliata	Spessore nominale dello strato indurito (mm)
HV5	0,1
HR15N	0,2
HR15N	0,3
HR30N	0,4
HRD	0,5
HRC	≥ 0,6

Tabella 9: scale delle durezze superficiali Rockwell

SCALA	PENETRATORE	CARICO
HR15N	Cono diamante	15 kgf
HR30N		30 kgf
HR45N		45 kgf
HR15T	sfera Ø 1,588 mm o 1/16"	15 kgf
HR30T		30 kgf
HR45T		45 kgf

SCELTA DELLA DUREZZA

Tabella 10: scale standard di durezza Rockwell secondo UNI EN ISO 6508/1 (1996).

HR	Penetratore	Carico (kgf)	Tipica applicazione
A	Diamante	60	Carburi sinterizzati; acciai sottili; Strati superficiali induriti di acciai.
B	Sfera Ø 1/16"	100	Leghe di rame; acciai teneri; leghe di alluminio; ghise malleabili
C	Diamante	150	Acciai; ghise dure; ghise perlitiche e malleabili; titanio; Strati superficiali spessi di acciai induriti ed altri materiali più duri di 100 HRB
D	Diamante	100	Acciai sottili; Strati superficiali di acciai induriti di medio spessore; ghisa perlitica
E	Sfera Ø 1/8"	100	Ghisa grigia; leghe d'alluminio e magnesio; materiali per cuscinetti
F	Sfera Ø 1/16"	60	Leghe di rame ricotte; Strati sottili di metalli teneri
G	Sfera Ø 1/16"	150	Bronzi al fosforo. Rame al berillio; ghisa malleabile
H	Sfera Ø 1/8"	60	Alluminio, zinco, piombo
K	Sfera Ø 1/8"	150	Materiali per cuscinetti ed altri materiali molto teneri o sottili

Tabella 12: scale raccomandate dalla norma UNI 5381 per la misura della durezza di strati superficiali carbocementati.

Classe carbocementazione	Scala Rockwell
Cm2 e Cm3	HR15N
Cm5 ed oltre	HRC

Per la classe Cm1, lo spessore efficace si misura col microdurometro. Per controlli di serie può esser eseguito il saggio alla lima

BIBLIOGRAFIA

- “SCIENZA E INGEGNERIA DEI MATERIALI UNA INTRODUZIONE”; W.D.CALLISTER Jr – ED EDISES
- “METALLURGIA” VOL.3; G.M. PAOLUCCI – ED LIBRERIA PROGETTO, PADOVA
- “I CRITERI DI SCELTA E DI TRATTAMENTO DEGLI ACCIAI DA COSTRUZIONE E DA UTENSILI”; VOL.1 CIBALDI CESARE – AQM
- NORME UNI