

LE PROVE di CARATTERIZZAZIONE del MATERIALE

RIFERIMENTI NORMATIVI

- **UNI EN 10025-1-2005**, “Prodotti laminati a caldo per impieghi strutturali – **Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura**”;
- **UNI EN 10025-2-2005**, “Prodotti laminati a caldo per impieghi strutturali – **Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura di acciai non legati per impieghi strutturali**”;
- **UNI EN 10025-3-2005**, “Prodotti laminati a caldo per impieghi strutturali – **Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine allo stato normalizzato/normalizzato laminato**”;
- **UNI EN 10025-4-2005**, “Prodotti laminati a caldo per impieghi strutturali – **Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali saldabili a grano fine ottenuti mediante laminazione termo meccanica**”;
- **UNI EN 10025-5-2005**, “Prodotti laminati a caldo per impieghi strutturali – **Parte 5: Condizioni tecniche di fornitura di acciai per impieghi strutturali con resistenza migliorata alla corrosione atmosferica**”;

1. **analisi chimica** → effettuata sulla collata per determinare le % di carbonio e di impurezze presenti nelle lega Fe-C
2. **esame macrografico** → eseguito per determinare l'indice di diossidazione dell'acciaio, o per valutare la sua saldabilità
3. **esame micrografico** → effettuato per analizzare la struttura cristallina e le dimensioni dei grani

1. L'ANALISI CHIMICA

la composizione chimica determinata mediante l'analisi di colata deve essere conforme ai valori del prospetto pertinente della norma [UNI EN 10025]

Prospetto II - Composizione chimica all'analisi di colata per i prodotti piani e per i prodotti lunghi¹⁾

Designazione		Grado di disossidazione	Sotto-gruppo ⁴⁾	C in % max. per spessori nominali di prodotto in mm			Mn % max.	Si % max.	P % max.	S % max.	N % max.
				≤ 16	>16 ≤ 40	> 40 ⁵⁾					
Secondo EN 10027-1 ed ECIS IC 10	Secondo EN 10027-2										
S 185 ⁶⁾	1.0035	a scelta	BS	-	-	-	-	-	-	-	-
S235JR ⁶⁾	1.0037	a scelta	BS	0,17	0,20	-	1,40	-	0,045	0,045	0,009
S235JRG1 ⁶⁾	1.0036	FU	BS	0,17	0,20	-	1,40	-	0,045	0,045	0,007
S235JRG2	1.0038	FN	BS	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,045	0,045	0,009
S235J0	1.0114	FN	QS	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,040	0,040	0,009
S235J2G3	1.0116	FF	QS	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,035	0,035	-
S235J2G4	1.0117	FF	QS	0,17	0,17	0,17	1,40	-	0,035	0,035	-
S275JR	1.0044	FN	BS	0,21	0,21	0,22	1,50	-	0,045	0,045	0,009
S275J0	1.0143	FN	QS	0,18	0,18	0,18 ⁷⁾	1,50	-	0,040	0,040	0,009
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0,18	0,18	0,18 ⁷⁾	1,50	-	0,035	0,035	-
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0,18	0,18	0,18 ⁷⁾	1,50	-	0,035	0,035	-
S355JR	1.0045	FN	BS	0,24	0,24	0,24	1,60	0,55	0,045	0,045	0,009
S355J0 ⁸⁾	1.0553	FN	QS	0,20	0,20 ⁹⁾	0,22	1,60	0,55	0,040	0,040	0,009
S355J2G3 ⁸⁾	1.0570	FF	QS	0,20	0,20 ⁹⁾	0,22	1,60	0,55	0,035	0,035	-
S355J2G4 ⁸⁾	1.0577	FF	QS	0,20	0,20 ⁹⁾	0,22	1,60	0,55	0,035	0,035	-
S355K2G3 ⁸⁾	1.0595	FF	QS	0,20	0,20 ⁹⁾	0,22	1,60	0,55	0,035	0,035	-
S355K2G4 ⁸⁾	1.0596	FF	QS	0,20	0,20 ⁹⁾	0,22	1,60	0,55	0,035	0,035	-
E 295	1.0050	FN	BS	-	-	-	-	-	0,045	0,045	0,009
E335	1.0060	FN	BS	-	-	-	-	-	0,045	0,045	0,009
E360	1.0070	FN	BS	-	-	-	-	-	0,045	0,045	0,009

1) Vedere 7.3.

2) È consentito superare i valori prescritti a condizione che per ciascun aumento dello 0,001% di N il tenore massimo di P venga ridotto dello 0,005%; il tenore di N all'analisi di colata, tuttavia, non deve essere maggiore dello 0,012%.

3) Il valore massimo relativo all'azoto non trova applicazione se la composizione chimica comporta un tenore minimo di Al totale dello 0,020% oppure se sono presenti in quantità sufficiente altri elementi che fissino l'azoto. Gli elementi che fissano l'azoto devono essere indicati nel documento di controllo.

4) BS = acciaio di base; QS = acciaio di qualità.

5) Per i profilati con uno spessore nominale > 100 mm: tenore di C secondo accordo. Opzione 25.

6) Disponibile soltanto in spessori nominali ≤ 25 mm.

7) Per spessori nominali > 150 mm: C = 0,20% max.

8) Vedere 7.3.3.2 e 7.3.3.3.

9) Per spessori nominali > 30 mm e per i tipi idonei alla formatura a freddo su rulli (vedere 7.5.3.2): C = 0,22% max.

→ I limiti sulla composizione chimica applicabili per l'analisi di prodotto sono riportati nel prospetto pertinente della normativa
[UNI EN 10025]

Prospetto III - Composizione chimica all'analisi su prodotto, sulla base del prospetto II¹⁾

Designazione		Grado di disossidazione	Sotto-gruppo 4)	C in % max. per spessori nominali di prodotto in mm			Mn % max.	Si % max.	P % max.	S % max.	N % max.
Secondo EN 10027-1 ed ECISS IC 10	Secondo EN 10027-2			≤ 16	>16 ≤40	> 40 ⁵⁾					
S 185 ⁶⁾	1.0035	a scelta	BS	-	-	-	-	-	-	-	-
S235JR ⁶⁾	1.0037	a scelta	BS	0,21	0,25	-	1,50	-	0,055	0,055	0,011
S235JRG1 ⁶⁾	1.0036	FU	BS	0,21	0,25	-	1,50	-	0,055	0,055	0,009
S235JRG2	1.0038	FN	BS	0,19	0,19	0,23	1,50	-	0,055	0,055	0,011
S235J0	1.0114	FN	QS	0,19	0,19	0,19	1,50	-	0,050	0,050	0,011
S235J2G3	1.0116	FF	QS	0,19	0,19	0,19	1,50	-	0,045	0,045	-
S235J2G4	1.0117	FF	QS	0,19	0,19	0,19	1,50	-	0,045	0,045	-
S275JR	1.0044	FN	BS	0,24	0,24	0,25	1,60	-	0,055	0,055	0,011
S275J0	1.0143	FN	QS	0,21	0,21	0,21 ⁷⁾	1,60	-	0,050	0,050	0,011
S275J2G3	1.0144	FF	QS	0,21	0,21	0,21 ⁷⁾	1,60	-	0,045	0,045	-
S275J2G4	1.0145	FF	QS	0,21	0,21	0,21 ⁷⁾	1,60	-	0,045	0,045	-
S355JR	1.0045	FN	BS	0,27	0,27	0,27	1,70	0,60	0,055	0,055	0,011
S355J0 ⁸⁾	1.0553	FN	QS	0,23	0,23 ⁹⁾	0,24	1,70	0,60	0,050	0,050	0,011
S355J2G3 ⁸⁾	1.0570	FF	QS	0,23	0,23 ⁹⁾	0,24	1,70	0,60	0,045	0,045	-
S355J2G4 ⁸⁾	1.0577	FF	QS	0,23	0,23 ⁹⁾	0,24	1,70	0,60	0,045	0,045	-
S355K2G3 ⁸⁾	1.0595	FF	QS	0,23	0,23 ⁹⁾	0,24	1,70	0,60	0,045	0,045	-
S355K2G4 ⁸⁾	1.0596	FF	QS	0,23	0,23 ⁹⁾	0,24	1,70	0,60	0,045	0,045	-

7.2.3

For determining the carbon equivalent value the following IIW (International Institute for Welding) formula shall be used:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

The content of the elements in the carbon equivalent value formula shall be reported in the inspection document.

table 6 **Maximum CEV based on the ladle analysis^{a)}**

Designation		Method of deoxidation ^{b)}	Maximum CEV in % for nominal product thickness in mm				
According EN 10027-1 and CR 10260	According EN 10027-2		≤30	>30 ≤40	>40 ≤150	>150 ≤250	>250 ≤400
S235JR	1.0038	FN	0,35	0,35	0,38	0,40	-
S235J0	1.0114	FN	0,35	0,35	0,38	0,40	-
S235J2	1.0117	FF	0,35	0,35	0,38	0,40	0,40
S275JR	1.0044	FN	0,40	0,40	0,42	0,44	-
S275J0	1.0143	FN	0,40	0,40	0,42	0,44	-
S275J2	1.0145	FF	0,40	0,40	0,42	0,44	0,44
S355JR	1.0045	FN	0,45	0,47	0,47	0,49 ^{c)}	-
S355J0	1.0553	FN	0,45	0,47	0,47	0,49 ^{c)}	-
S355J2	1.0577	FF	0,45	0,47	0,47	0,49 ^{c)}	0,49
S355K2	1.0596	FF	0,45	0,47	0,47	0,49 ^{c)}	0,49
S450J0 ^{d)}	1.0590	FF	0,47	0,49	0,49	-	-

- a) For the optional increase of elements which influence the CEV see 7.2.4 and 7.2.5.
- b) FN = rimming steels not permitted; FF = fully killed steel (see 6.2.2).
- c) For long products a maximum CEV of 0,54 applies.
- d) Applicable for long products only.

* LA PROVA DI TRAZIONE

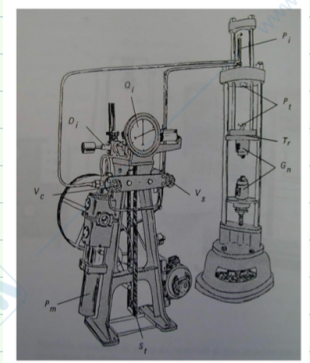
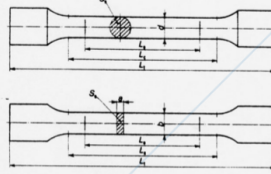
↳ serve per valutare dalla curva carico spostamento il valore di:

- TENSIONE DI SNERVAMENTO
- TENSIONE DI ROTTURA
- L'ALLUNGAMENTO PERCENTUALE A ROTTURA

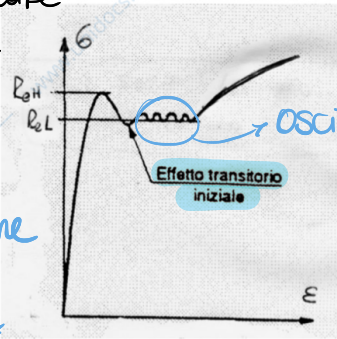
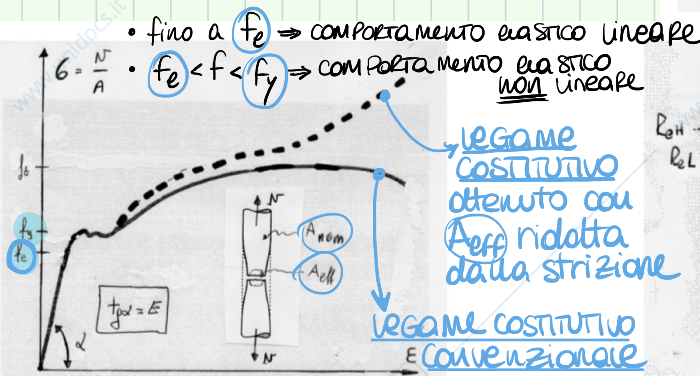
↳ cioè si ottiene la relazione completa $\sigma - \epsilon$

$$\epsilon = \frac{\Delta}{L_0} = \frac{L_d - L_0}{L_0}$$

DISTANZA TRA I RIFERIMENTI DURANTE LA PROVA IN CORRISPONDENZA DEL LIVELLO DI CARICO APPLICATO



* dalla relazione FORZA - ALLUNGAMENTO



tipica relazione tensione-deformazione ($\sigma - \epsilon$) per acciai da carpenteria

snervamento superiore ed inferiore per acciai da carpenteria

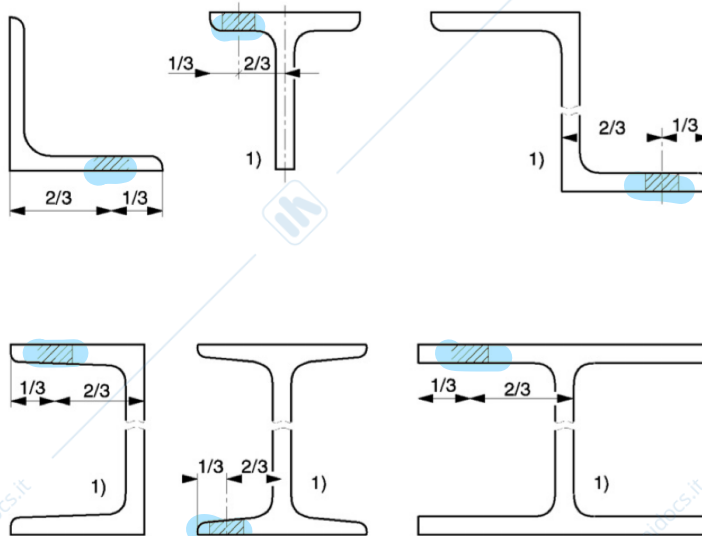
Nota.

CON LA PROVA DI TRAZIONE FAR VALUTARE SEMPRE IL MODULO ELASTICO

Posizione dei saggi e delle provette (vedere EURONORM 18)

Vengono considerate le seguenti tre categorie di prodotti:

- travi, profilati ad U, angolari, profilati a T e profilati a Z (fig. A 1);
- barre e fili (compresa la vergella) (fig. A 2);
- prodotti piani (fig. A 3).

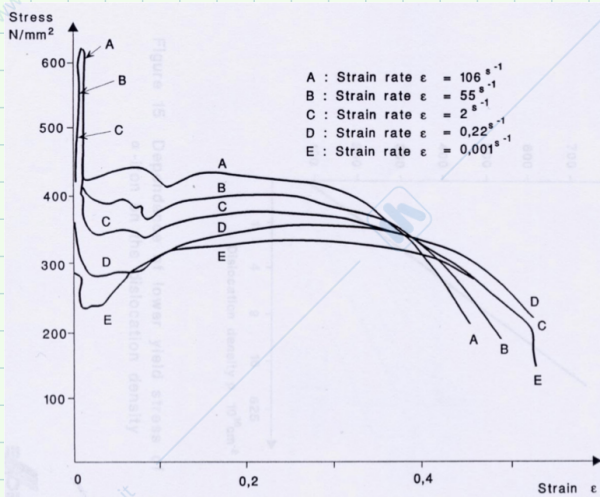


▨ posizione dei saggi⁽²⁾

Il provino deve essere ricavato in zone indicate dalla norma

↳ le zone in cui ci sono le minime tensioni residue x ottenere dati unici e omogenei per profili differenti

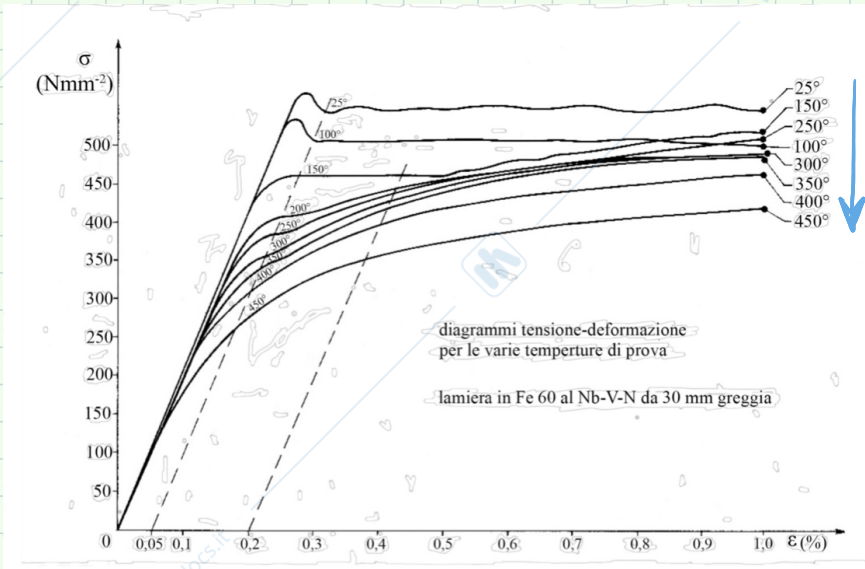
→ Influenza della velocità di prova



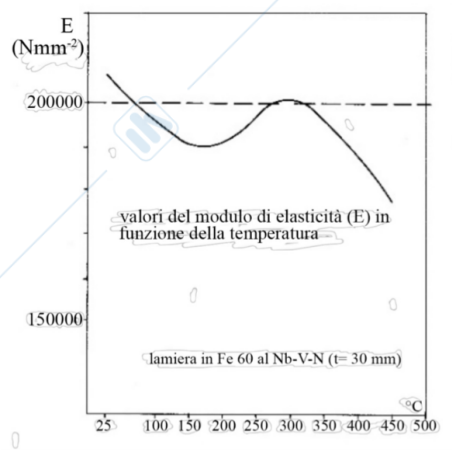
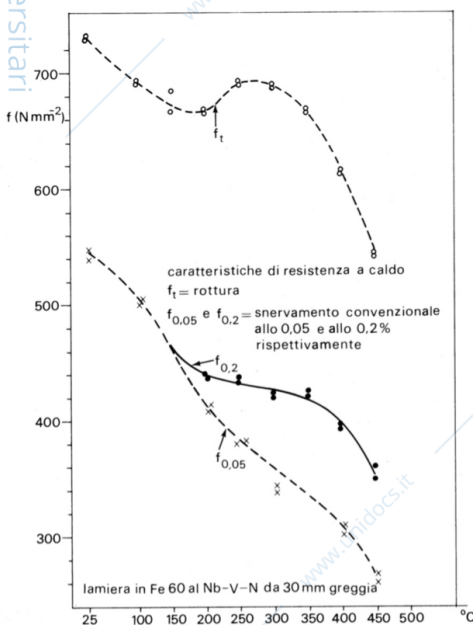
+ LA VELOCITÀ È ALTA
+ LA TENSIONE DI SNERVAMENTO RISULTA ALTA

Nota. LA VELOCITÀ DI PROVA È DEFINITA DALLA NORMATIVA PER EVITARE IL FENOMENO DELLO STRAIN RATE

→ Problema delle STRUTTURE in acciaio: IL LEGAME COSTITUTIVO È MOLTO SENSIBILE ALLA TEMPERATURA



DEGRADA AL CRESCERE DELLA TEMPERATURA



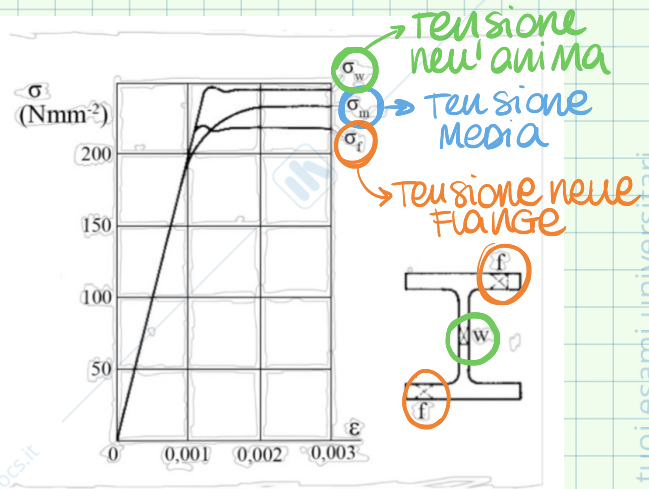
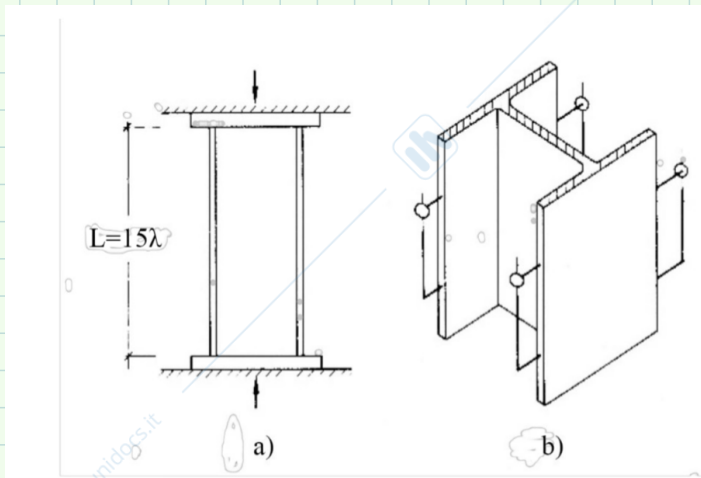
→ Variazione di:

- TENSIONE DI SNERVAMENTO
- TENSIONE DI ROTTURA
- MODULO ELASTICO

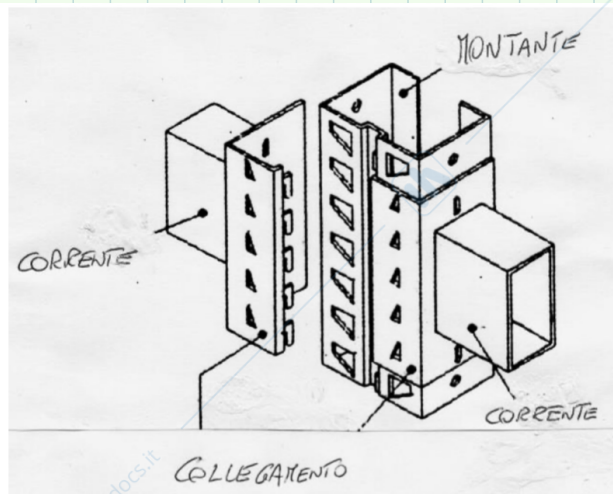
all' aumentare della temperatura

* LA PROVA DI COMPRESSIONE GLOBALE

↳ si valuta il legame σ - ϵ riferito all'intera sezione trasversale



* Prodotto sagomato a freddo → qual è l'area della sezione trasversale da utilizzare?



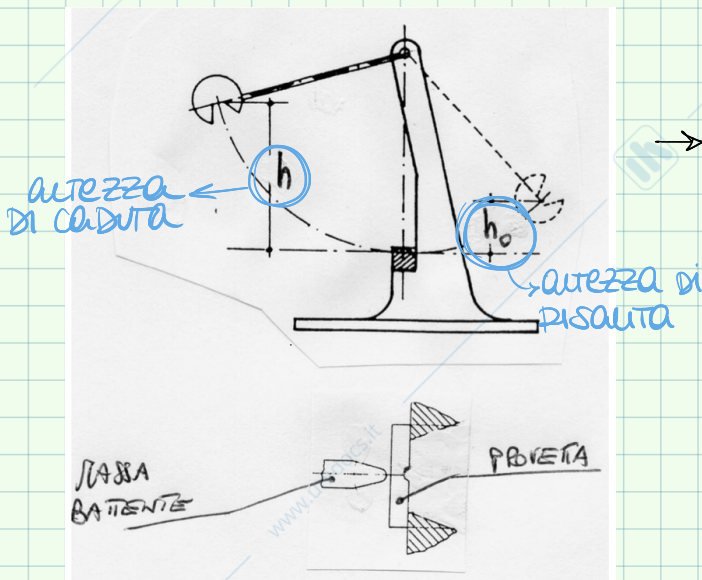
* LA PROVA D'URTO → misura la tenacità dell'acciaio

↳ quindi restituisce la resistenza alla rottura fragile

→ il parametro associato alla tenacità è la Resilienza

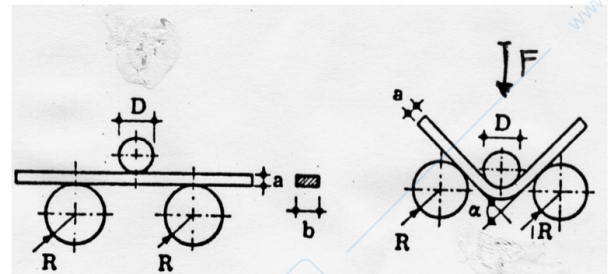
↳ determinata mediante apparecchi a caduta pendolare
• Pendolo di Charpy

$E_p = G \cdot (h - h_0)$ ⇒ la Resilienza è dato dal rapporto tra E_p e l'area della sezione di gola del provino
↳ peso del martello



* LA PROVA DI PIEGAMENTO

serve per valutare la capacità del materiale di sopportare significative deformazioni plastiche a freddo senza rompersi



prova a flessione

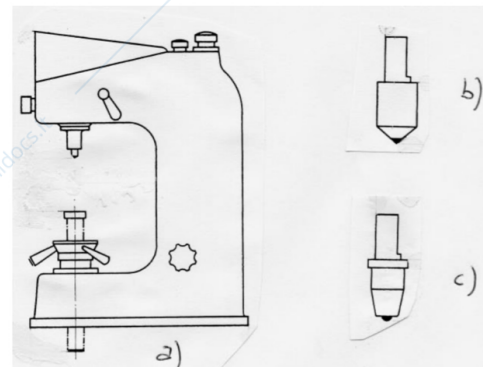
* LA PROVA DI DUREZZA

serve per valutare la capacità di assorbimento dell'energia e può fornire una stima della resistenza del materiale

viene effettuata mediante una pressa che è in grado di imprimere al provino di acciaio una forza costante tramite un penetratore

esistono diversi tipi di prove di durezza a seconda della forma del penetratore:

- Prova Brinell
- Prova Vickers
- Prova Rockwell



prova di durezza: a) il misuratore di durezza, b) il penetratore conico e c) il penetratore a sfera d'acciaio

Nota. DAL VALORE DI DUREZZA OTTENUTO DALLA PROVA SI PUÒ RICAVALARE UN INTERVALLO DELLA RESISTENZA DEL MATERIALE attraverso un'apposita tabella nella [UNI ISO 10108]

Table 1 - Brinell hardness - tensile strength conversion
Limit values of the scatter band (95 % confidence limit)

Brinell hardness HBS or HBW	Minimum tensile strength $R_{m, min}$ N/mm ² †)	Maximum tensile strength $R_{m, max}$ N/mm ² †)	Brinell hardness HBS or HBW	Minimum tensile strength $R_{m, min}$ N/mm ² †)	Maximum tensile strength $R_{m, max}$ N/mm ² †)
85	270	470	285	880	1 080
90	300	490	290	890	1 090
95	280	490	295	890	1 090
100	310	510	300	910	1 110
105	320	520	310	950	1 150
110	330	530	320	980	1 180
115	350	550	330	1 020	1 220
120	360	560	340	1 050	1 250
125	370	570	350	1 080	1 280
130	380	580	360	1 120	1 320
135	400	600	370	1 160	1 360
140	410	610	380	1 200	1 400
145	430	630	390	1 240	1 440
150	440	640	400	1 270	1 470
155	460	660	410	1 310	1 510
160	470	670	420	1 350	1 550
165	490	690	430	1 390	1 590
170	500	700	440	1 430	1 630
175	510	710	450	1 470	1 670
180	530	730	460	1 510	1 710
185	540	740	470	1 550	1 750
190	560	760	480	1 590	1 790
195	570	770	490	1 630	1 830
200	590	790	500	1 680	1 880
205	600	800	510	1 720	1 920
210	620	820	520	1 760	1 960
215	630	830	530	1 800	2 000
220	650	850	540	1 850	2 050
225	670	870	550	1 890	2 090
230	680	880	560	1 940	2 140
235	700	900	570	1 980	2 180
240	710	910	580	2 030	2 230
245	730	930	590	2 070	2 270
250	750	950	600	2 120	2 320
255	760	960	610	2 160	2 360
260	780	980	620	2 210	2 410
265	790	990	630	2 250	2 450
270	810	1 010	640	2 310	2 510
275	830	1 030	650	2 350	2 550
280	840	1 040			

†) 1 N/mm² = 1 MPa

NOTE - The tensile strength values obtained by conversion can under no circumstances replace the values specified in product standards and their use does not obviate the need to carry out the tensile test.

3 Principle

A diamond indenter, in the form of a right pyramid with a square base and with a specified angle between opposite faces at the vertex, is forced into the surface of a test piece followed by measurement of the diagonal length of the indentation left in the surface after removal of the test force, F (see Figure 1).

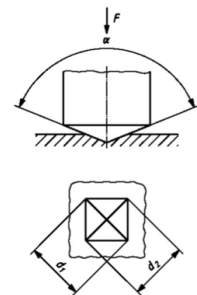


Figure 1 - Principle of the test

EXAMPLE Convex sphere, $D = 10$ mm

Test force, $F = 98,07$ N

Mean diagonal of indentation, $d = 0,150$ mm

$$\frac{d}{D} = \frac{0,150}{10} = 0,015$$

$$\text{Vickers hardness } 0,1891 \times \frac{98,07}{(0,15)^2} = 824 \text{ HV } 10$$