

Prova di trazione



Proprietà dei materiali

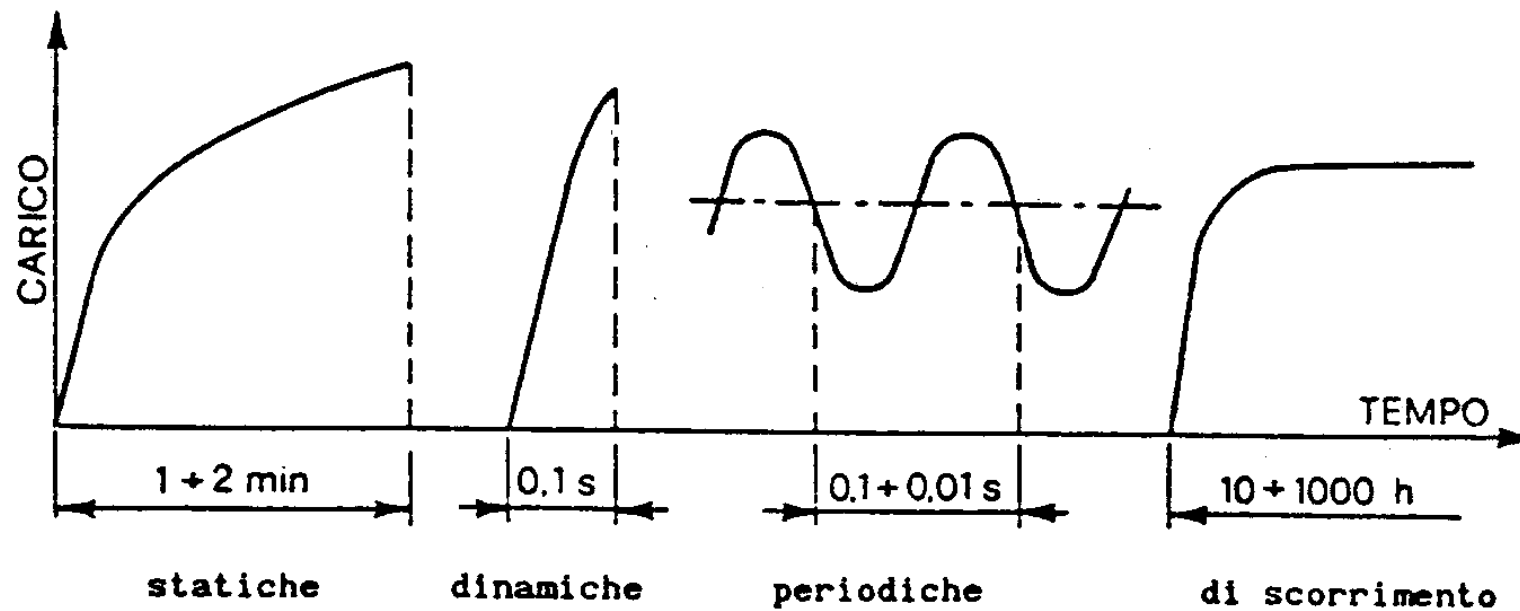
- Proprietà fisiche e chimiche: sono identificate con un parametro misurabile secondo una definizione
 - Massa volumica
 - Punto di fusione
 - Dilatazione termica
 - Resistenza alla corrosione
 - Calore specifico
 - Magnetismo
 -



Proprietà dei materiali

- Meccaniche: sono identificate tramite una procedura di prova e con il valore con essa misurato
 - Sono definite statiche quando la sollecitazione o carico di prova è applicato lentamente:
 - Trazione
 - Compressione
 - Durezza
 - Flessione
 - Taglio
 - Torsione
 - Sono definite dinamiche quando il carico di prova è applicato velocemente:
 - Resilienza
 - Sono definite periodiche quando il carico di prova viene fatto variare periodicamente nel tempo:
 - Di fatica

Classificazione delle prove in funzione delle caratteristiche di applicazione del carico



Suddivisione delle prove meccaniche in base alla legge di applicazione del carico nel tempo.



Proprietà dei materiali

- **Tecnologiche:** sono le proprietà che identificano l'attitudine dei materiali ad essere lavorati secondo determinati processi tecnologici
 - Fusione
 - Deformazione plastica
 - Asportazione di truciolo



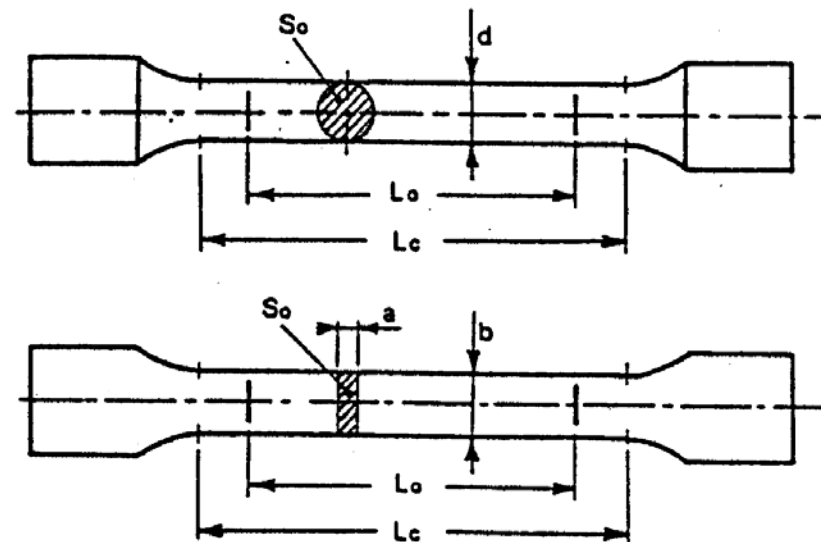
Prova di trazione

- È la prova che valuta la resistenza ed il comportamento di un materiale sottoposto ad un carico di trazione
- Consente di trarre anche altre informazioni circa la natura del materiale tra le quali:
 - il comportamento plastico
 - la resilienza
 - la durezza
- Viene eseguita su una provetta standardizzata

Provetta di trazione

■ Elementi caratterizzanti la provetta

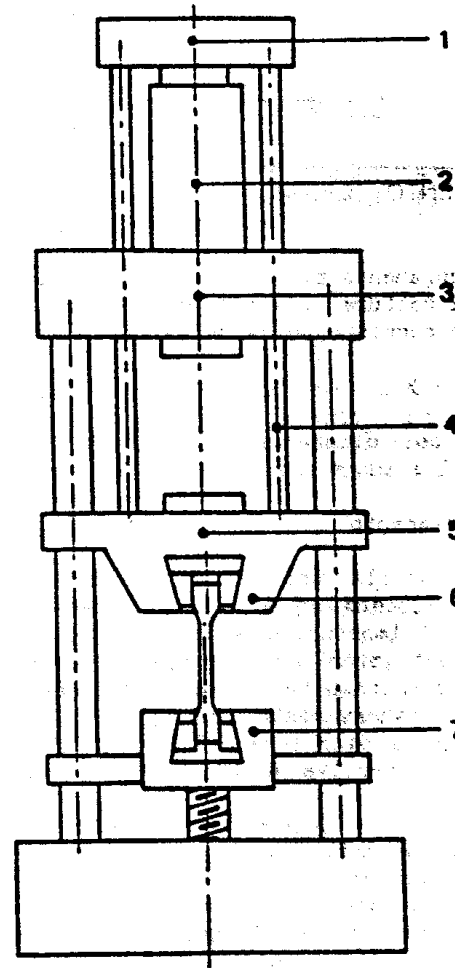
- Teste
- Raccordi
- Parte calibrata (L_c)
- Tratto utile (L_0)
- Dimensioni per provette circolari:
 - $L_0 = 5d$
 - $L_0 + d/2 < L_c < L_0 + 2d$
- Anche la velocità di incremento del carico è calibrata e controllata



Provetta a sezione tonda o piatta.

Macchina di trazione

- Gruppi della macchina di prova
 - Incastellatura con ganasce di presa
 - Traversa mobile per applicare il carico
 - Apparecchiatura di misurazione e registrazione



Macchina universale di prova.

- 1 - traversa di sollevamento
- 2 - cilindro di comando
- 3 - traversa fissa
- 4 - tiranti di sollevamento
- 5 - traversa mobile
- 6 - afferraggio superiore
- 7 - afferraggio inferiore

Risultato della prova di trazione

- La provetta è sottoposta ad un allungamento crescente fino alla rottura rilevando nel contempo la forza applicata
- La macchina fornisce come *output* il grafico forza-allungamento dalla cui curva è possibile cogliere 2 fenomeni fondamentali caratterizzanti i materiali:
 - Snervamento:
 - fenomeno caratterizzato da rapida diminuzione ed oscillazione del carico dopo un tratto della curva a pendenza costante evidenziante un comportamento lineare tra carico applicato e deformazione (tratto elastico). Lo snervamento identifica il punto in cui il comportamento del materiale diventa plastico
 - Strizione:
 - fenomeno caratterizzato da una riduzione della sezione della provetta e dunque un allungamento più che proporzionale all'andamento del carico

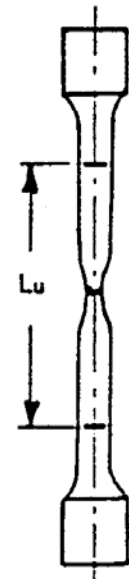
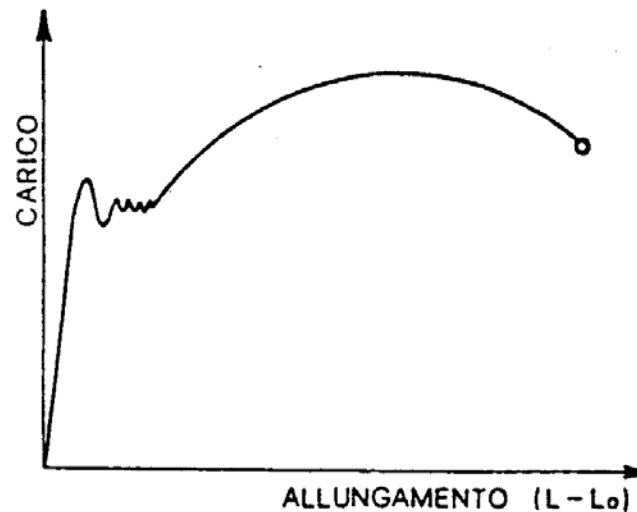


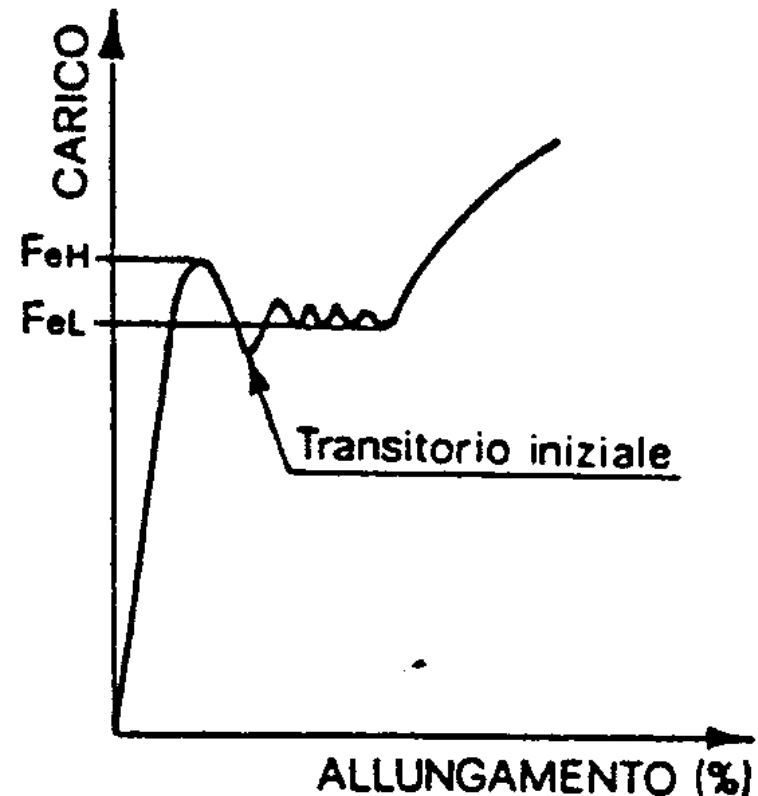
Diagramma forza-allungamento per un materiale duttile e provetta portata a rottura (da notare la riduzione locale di sezione in corrispondenza della rottura).

Carico unitario di snervamento

- Carico unitario di snervamento Re

$$Re = F_s/S_0$$

È il rapporto tra il carico ove comincia lo snervamento (si definiscono un carico inferiore ed uno superiore) e la sezione iniziale del provino

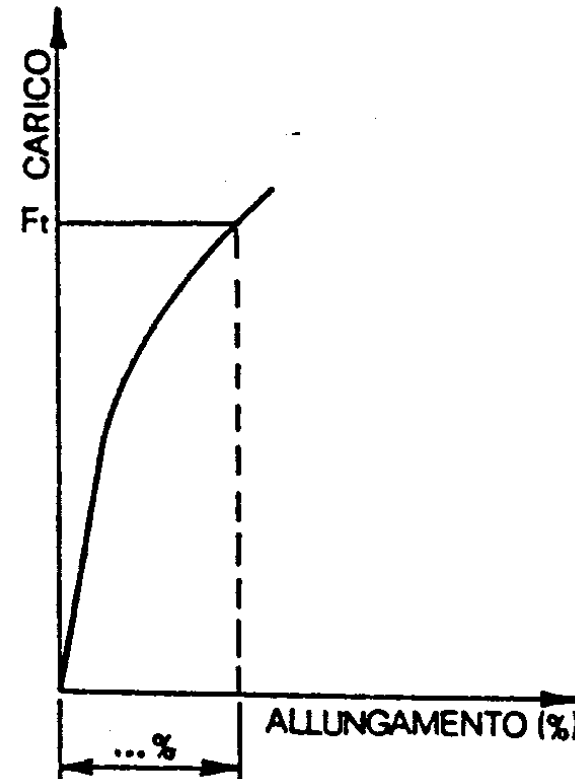


Carico unitario limite di allungamento

- Carico unitario limite di allungamento totale o permanente:

$$R_t (0,5\%) = F_t/S_0$$

È il rapporto tra il carico limite per il quale avviene un allungamento permanente dello 0,5% della lunghezza del provino e la sezione iniziale dello stesso

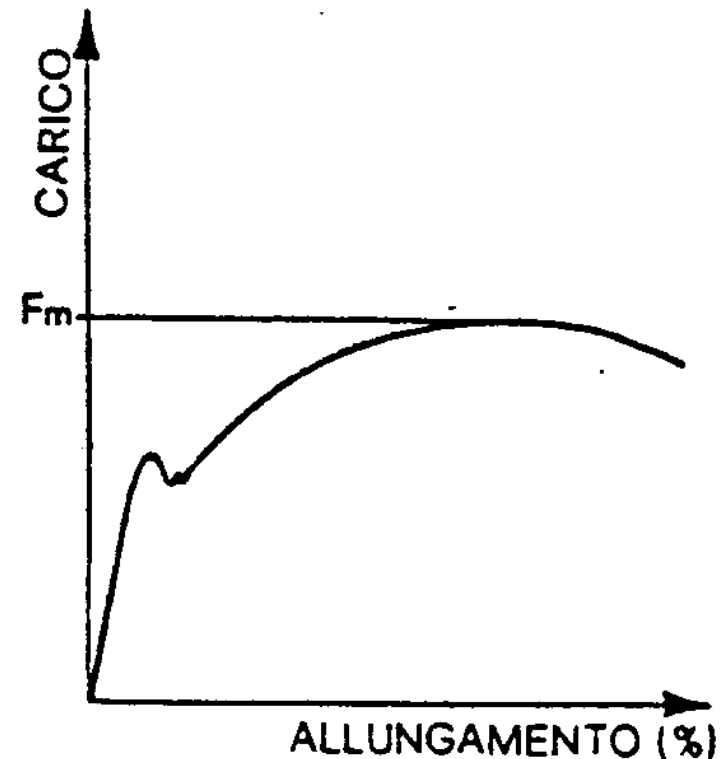


Resistenza a trazione

- Carico di rottura o resistenza a trazione R_m

$$R_m = F_m/S_0$$

È il rapporto tra il carico massimo sopportato dalla provetta durante la prova e la sezione iniziale della stessa provetta

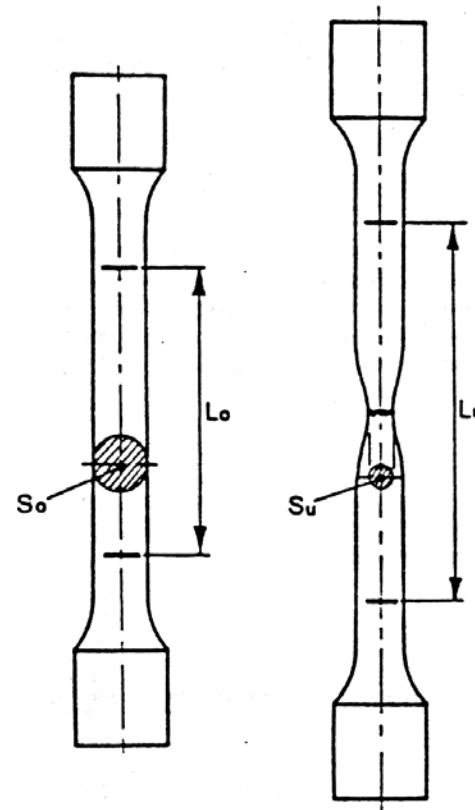


Coefficiente percentuale di strizione

- Coefficiente percentuale di strizione Z

$$Z = 100 (S_0 - S_u) / S_0$$

- È il rapporto tra la variazione massima della sezione e la sezione iniziale
- Tale valore è tanto più elevato quanto più il materiale è duttile



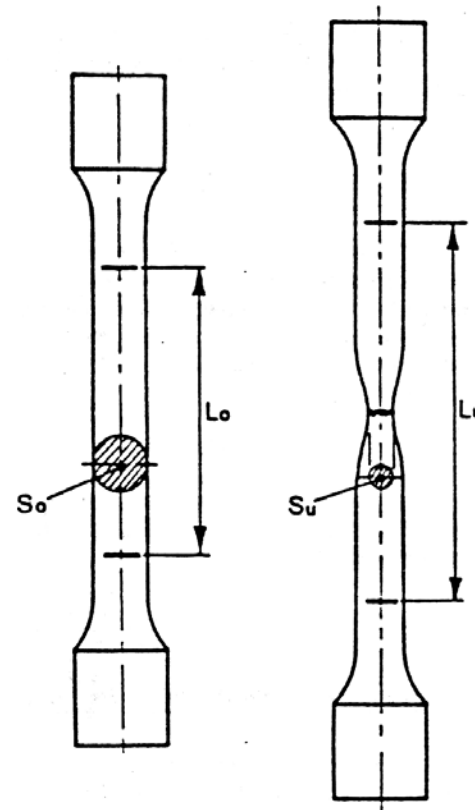
Allungamento percentuale dopo rottura

- Allungamento percentuale dopo rottura
A

$$A = 100 (L_u - L_0) / L_0$$

- È il rapporto tra l'allungamento dopo rottura e la lunghezza iniziale

- Tale valore è tanto più elevato quanto più il materiale è duttile



Legge di Hooke

- Se definiamo:

- Tensione in N/mm²:

$$\sigma = \text{carico applicato}/S_0$$

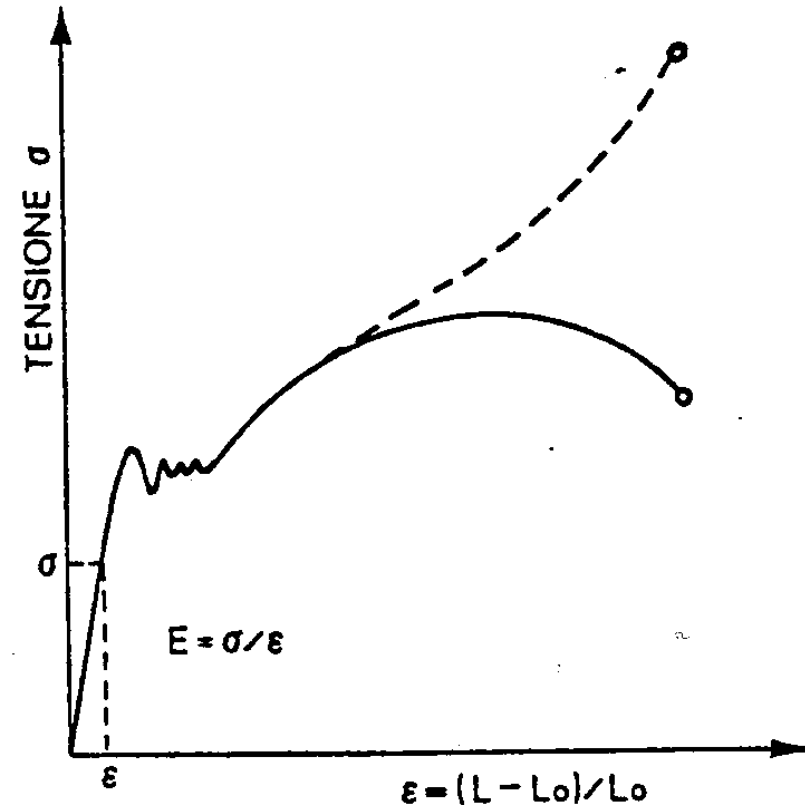
- Allungamento unitario (L= lunghezza sotto carico):

$$\varepsilon = (L-L_0)/L_0$$

- Esiste una proporzionalità tra questi due parametri che può essere scritta sotto forma della Legge di Hooke:

$$\sigma = E \varepsilon$$

Ove E è il modulo di elasticità del materiale in questione che in un diagramma σ - ε è rappresentato dall'inclinazione del tratto rettilineo iniziale della curva



Diagrammi σ - ε ottenuti facendo riferimento alla sezione iniziale S_0 e alla sezione istantanea S .

————— $\sigma = F/S_0$
- - - - - $\sigma = F/S$



Incrudimento

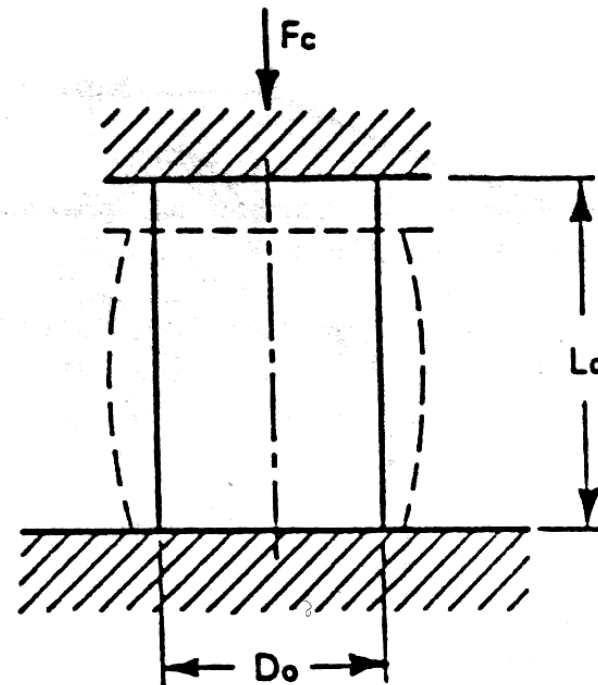
- Si definisce incrudimento di un materiale l'incremento di resistenza che il materiale presenta al crescere della deformazione nel campo delle deformazioni permanenti
- Ha origine dalle forze che regolamentano lo scorrimento intermolecolare del materiale
- Dopo il fenomeno di incrudimento ulteriori deformazioni incontreranno la resistenza di forze maggiori



Prova di compressione

Prova di compressione

- È la prova che misura la capacità del materiale di resistere a sollecitazioni di compressione
- Consiste nel sottoporre ad una forza di compressione crescente una provetta cilindrica valutandone contemporaneamente le caratteristiche comportamentali
- Provetta:
 - Consiste in un campione cilindrico di materiale avente:
 - Le basi piane e rettificate
 - Diametro iniziale $10 \text{ mm} < D_0 < 30 \text{ mm}$
 - Altezza iniziale $L_0 = 1,5 D_0$



Provetta per prova di compressione e schematizzazione della prova.



Macchina di prova

- Gruppi della macchina di prova:
 - Incastellatura con piani di appoggio della provetta
 - Traversa inferiore mobile della macchina
 - Superfici lucidate a specchio
 - Materiale di durezza superiore a quello da comprimere



Risultati della prova

- Andamento della prova:
 - La traversa inferiore comprime la provetta contro il piano superiore della macchina rilevando il carico
 - L'applicazione del carico non deve superare i 30 N/mm^2 al secondo riferiti a S0
 - Alla rottura della provetta la prova viene interrotta e valutati i risultati




Carico unitario di rottura a compressione

- Carico unitario di rottura a compressione R_c

$$R_c = F_c/S_0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

È definito dal rapporto tra la forza applicata per portare la provetta a rottura e la sezione iniziale della provetta




Carico unitario di compressione per un accorciamento prefissato

- Il carico unitario per un accorciamento prefissato R_{c50} si manifesta per quei materiali di buona deformabilità che in corrispondenza di un accorciamento prefissato (ad es. 50%) non presentano cricche.

$$R_{c50} = F_{c50}/S_0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

È definito dal rapporto tra il carico applicato per accorciare la provetta del 50% rispetto alla lunghezza iniziale L_0



Carico unitario al limite di deformazione permanente

- Carico unitario al limite di deformazione permanente R_c (0,2%)

$$R_c (0,2\%) = F_c(0,2\%) / S_0$$

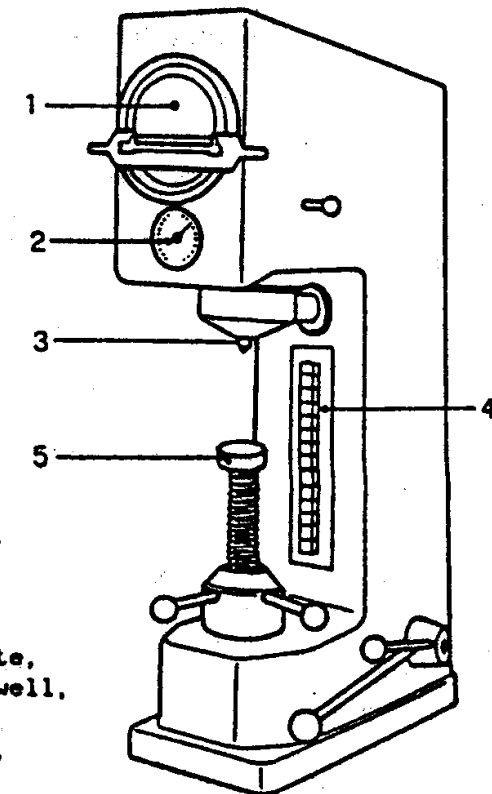
È il carico in corrispondenza del quale si evidenzia un accorciamento prefissato permanente della provetta pari allo 0,2%



Prova di durezza

Prova di durezza

- Esistono diverse prove per la determinazione della durezza di un materiale
- Le più note sono:
 - Brinell
 - Vickers
 - Rockwell
- La conoscenza della durezza di un materiale è importante in quanto consente di risalire ad altre caratteristiche del materiale quali la resistenza, la tenacità, l'effetto di eventuali trattamenti termici, la resistenza all'usura
- È una prova non distruttiva che può dunque essere applicata direttamente al pezzo senza uso di provini
- La macchina di prova è detta durometro



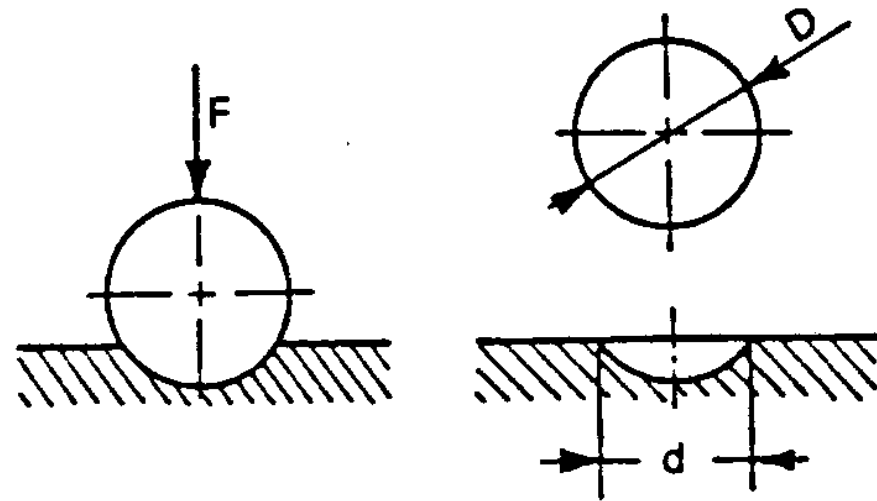
Durometro prove Brinell,
Vickers e Rockwell.

- 1 - schermo lettura impronte,
- 2 - quadrante durezza Rockwell,
- 3 - penetratore/obiettivo,
- 4 - pulsanti scelta carico,
- 5 - tavola porta pezzo.

Prova di durezza Brinell

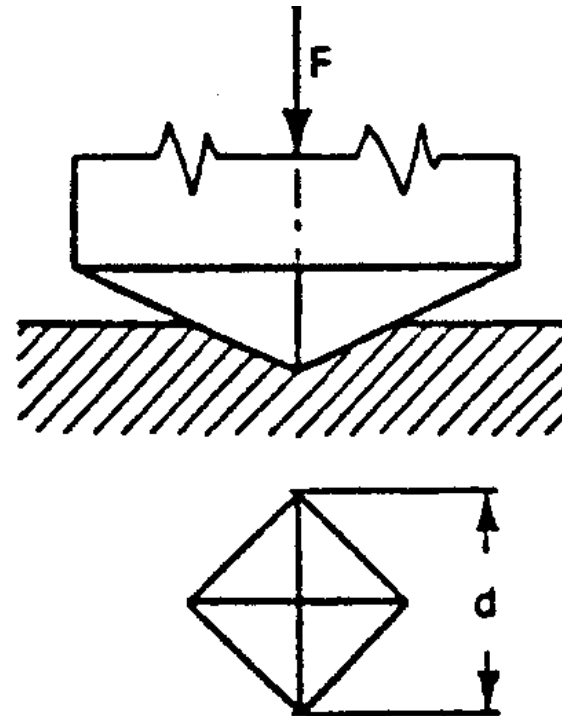
- La prova consiste nel far penetrare nel pezzo di prova una sfera di metallo duro o acciaio temperato di diametro D mediante un carico F applicato lentamente
- Una volta tolto il carico si misura il diametro medio d dell'impronta sulla superficie del pezzo
- Si definisce durezza Brinell (HB) il rapporto tra il carico di prova F la superficie dell'impronta, secondo un'espressione ricavata sperimentalmente

Prova di durezza Brinell.



Prova di durezza Vickers

- Utilizzando il durometro, la prova consiste nel comprimere, mediante un carico F , un penetratore piramidale a base quadrata in diamante con angolo al vertice di 136°
- Una volta tolto il carico si misura la diagonale d dell'impronta rimasta sul pezzo
- La misura della durezza Vickers è data dal rapporto tra il carico applicato F e la superficie dell'impronta, secondo un'espressione ricavata sperimentalmente



Prova di durezza Vickers.



Prova di durezza Rockwell

- Per realizzare tale prova, il cui svolgimento è uguale a quanto già visto precedentemente è possibile utilizzare 2 diversi penetratori
 - Sfera in acciaio temperato $D = 1/16''$ (1,587mm) – detta scala B
 - Cono circolare retto di diamante (angolo 120°) – detta scala C
- La durezza viene definita in base alla profondità dell'impronta
- Il durometro fornisce direttamente il valore della durezza dopo aver effettuato la prova, senza applicare nessun algoritmo particolare



Prova di resilienza



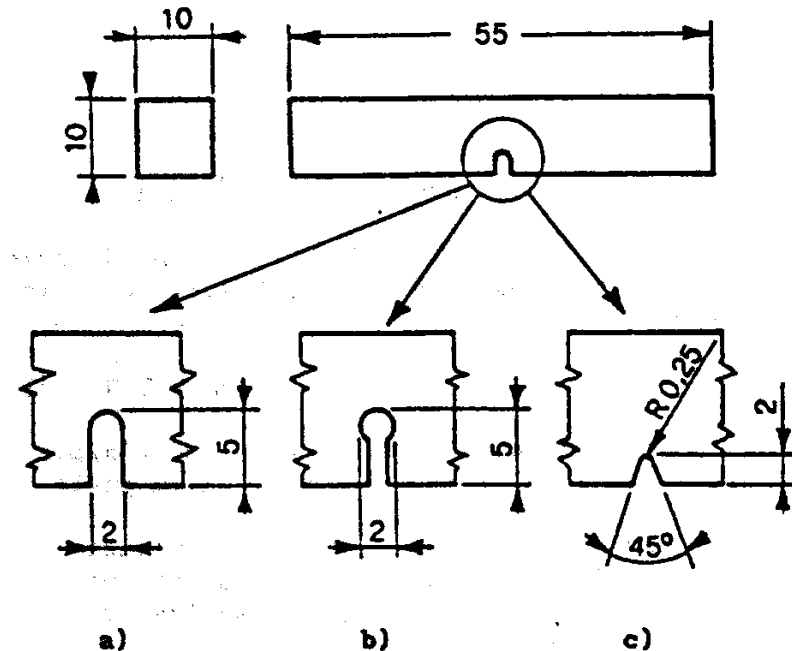
Prova di resilienza

- Misura ed individua la resistenza di un materiale a resistere ad urti e strappi
- La prova consiste nel sollecitare per urto una provetta così da causarne la rottura per flessione o trazione
- La resilienza mette in evidenza il comportamento tenace o fragile di un materiale

Provetta

Provette per prova di resilienza a flessione con differenti tipi di intaglio:

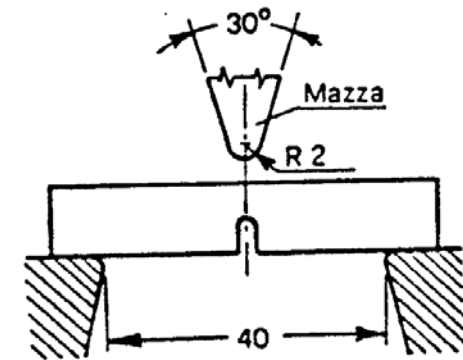
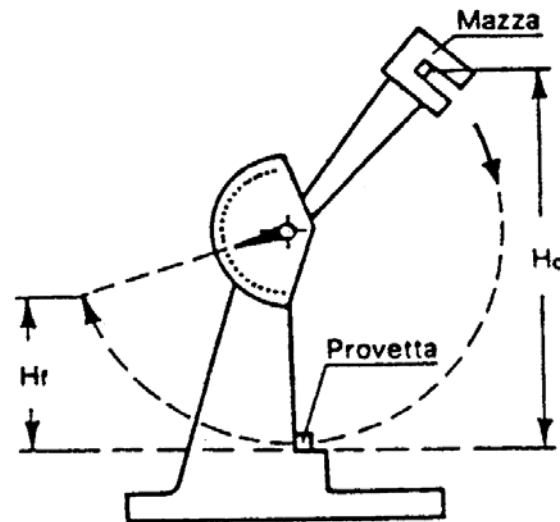
- a) ad U
- b) a buco di chiave
- c) a V



■ Provetta

- La provetta presenta differenti tipi di intaglio
 - Ad U
 - A toppa di chiave
 - A V
- La funzione dell'intaglio è quella di localizzare la rottura in un punto ben specifico al centro della provetta

Pendolo di Charpy



Pendolo di Charpy.

- Macchina utilizzata
 - Pendolo di Charpy
- Elementi
 - Mazza fissata sul braccio pendulo
 - pendolo a sua volta incernierato su incastellatura robusta
 - Ganasce di sostegno per provino
 - Dispositivo di sollevamento mazza e rilevazione posizioni/energie



Svolgimento della prova

- Sollevare la mazza di peso P ad un'altezza h_0 così da conferirle un'energia potenziale pari a

$$E_0 = P \times h_0$$

- Posizionare la provetta con l'intaglio sul lato opposto a quello oggetto di urto della mazza
- Lasciare cadere la mazza che trasforma la sua energia potenziale in energia cinetica
- Rottura della provetta con dissipazione di parte dell'energia cinetica durante l'urto
- Sfruttando l'energia cinetica rimasta, risalita della mazza all'altezza h_y dove avrà l'energia potenziale $E_y = P \times h_y$

Il valore di resilienza è dato per definizione dall'energia assorbita nella rottura pari a $K = E_0 - E_y$



Prova di resilienza

- Il valore della resilienza è funzione della forma di intaglio della provetta
- La temperatura influenza notevolmente la resilienza dei materiali:
 - La temperatura normale di prova è pari a 23 °C
 - Temperature basse portano i materiali ad avere comportamento fragile e dunque ad avere valori di resilienza inferiori
 - Temperature superiori portano a a maggiore tenacità e dunque a valori di resilienza superiori



Prova di fatica



Prova di fatica

- Qualsiasi oggetto di uso comune è normalmente sottoposto a cicli di sollecitazioni ripetute nel tempo che vanno da un valore minimo ad uno massimo. Il gancio di una gru, ad esempio, così come i cavi e tutta la struttura della macchina, sono sollecitati durante il sollevamento dal carico e dal peso proprio; la sollecitazione, invece, si limita praticamente a quella del peso proprio quando la gru non solleva. Il ciclo delle sollecitazioni passa quindi continuamente da un valore massimo relativo ad uno minimo relativo.



Prova di fatica

- I materiali tendenzialmente peggiorano le loro prestazioni nel tempo, non solo per problemi di corrosione o usura, ma anche per il fatto che l'andamento delle sollecitazioni è variabile. I materiali devono quindi essere valutati per quanto possono resistere alla fatica. Il loro comportamento non dipende però soltanto da composizione chimica, struttura, etc..., ma anche da altri fattori; ad esempio, la resistenza a fatica è favorita:
 - dal grado di finitura delle superfici dell'oggetto (più è liscio, più resiste),
 - dalla sua forma (variazioni di sezione e spigoli vivi diminuiscono la resistenza),
 - dalle sue dimensioni (resistono meglio proporzionalmente le sezioni più piccole).

Prova di fatica

- Le prove cui vengono sottoposti i materiali per valutarne la resistenza a fatica consistono in applicazioni consecutive e ininterrotte dello stesso ciclo di sollecitazioni; tale ciclo può variare, nella situazione peggiore, da un valore di sollecitazione allo stesso ma invertito di segno (fatica alternata). Eseguendo lo stesso esperimento più volte con carichi diversi e registrando di volta in volta il numero di cicli di quando avviene la rottura, si costruisce il diagramma di Wöhler con in ascisse il numero di cicli della rottura e in ordinate la sollecitazione applicata. Come si può notare il provino resiste ad un numero superiore di cicli diminuendo il carico; al di sotto di un certo valore delle sollecitazione (carico limite di resistenza a fatica) si può ragionevolmente sostenere che la rottura non avverrà mai per fatica.

