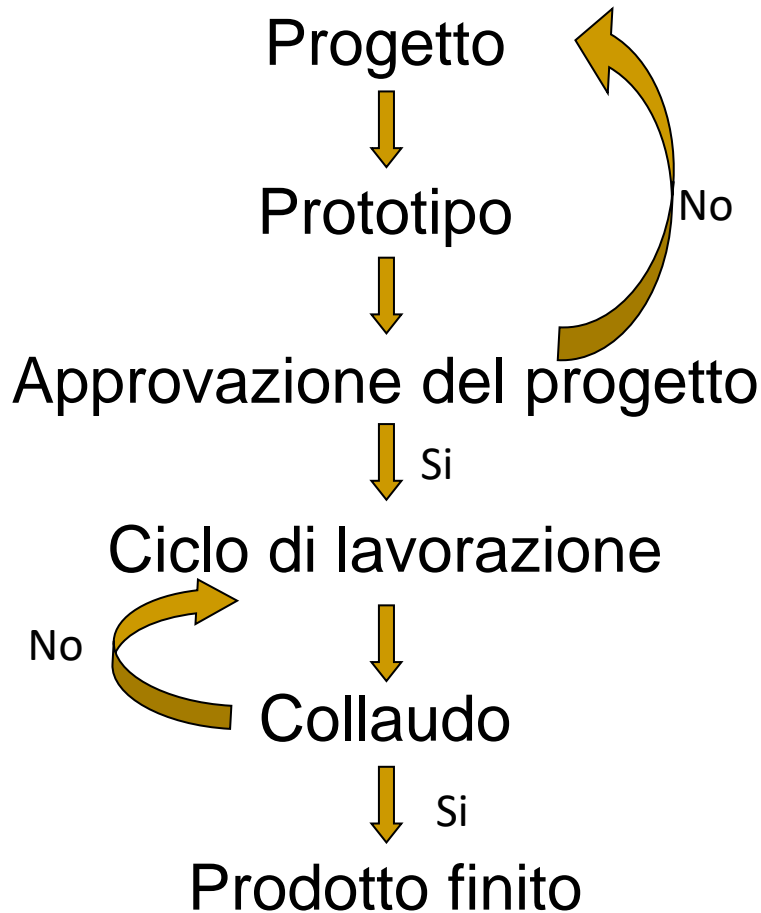

I MATERIALI:

caratteristiche e prove

INDICE DEGLI ARGOMENTI

- Tecnologia industriale;
- Tipi di materiali;
- Proprietà dei materiali;
- Prove sui materiali.

Tecnologia industriale



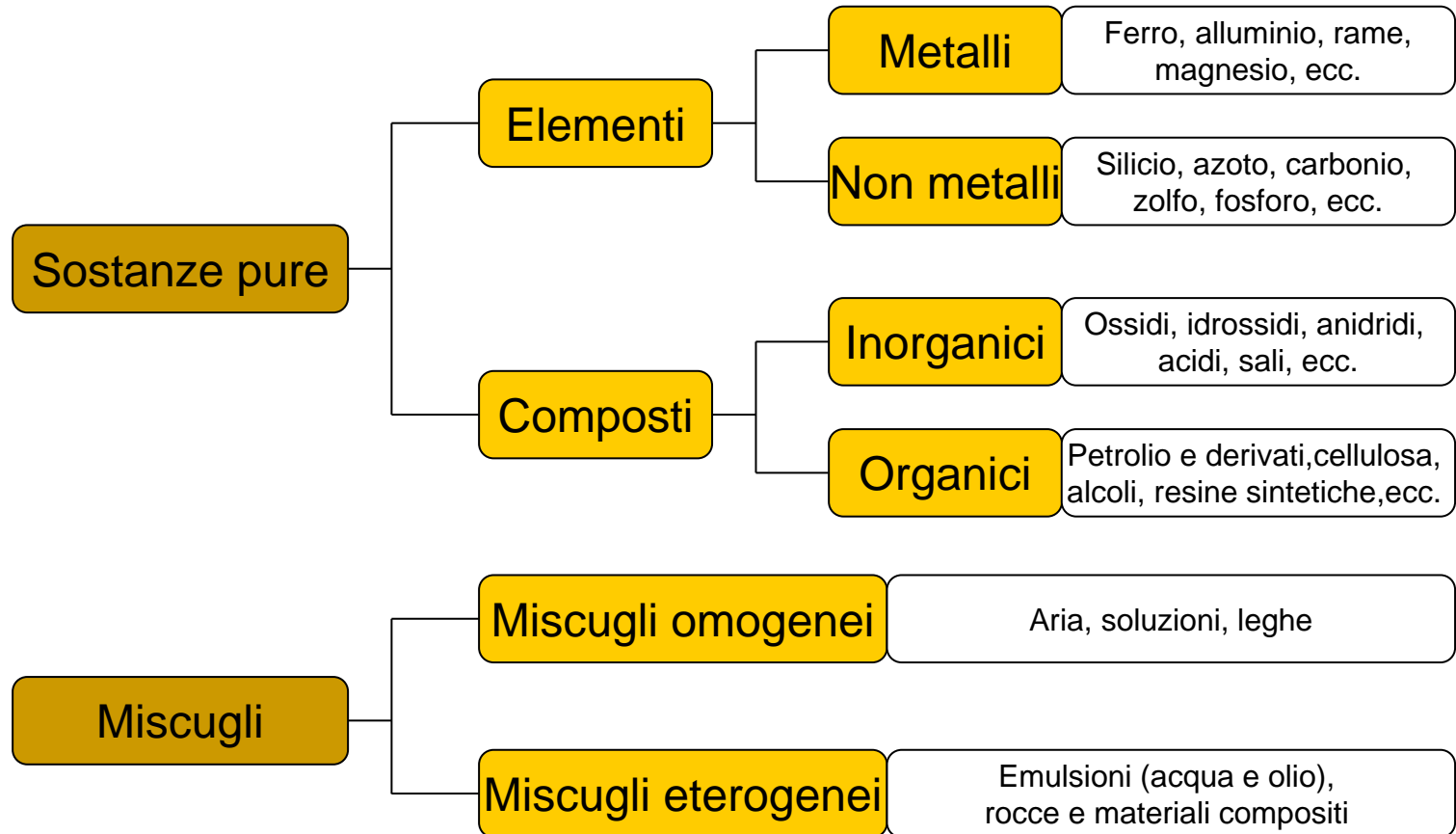
Sul progetto intervengono:

- ✓ Elementi funzionali;
- ✓ Elementi tecnologici;
- ✓ Elementi economici;
- ✓ Elementi normativi.

Tutti questi elementi sono condizionati soprattutto dalla scelta del materiale utilizzato per il prodotto.



Tipi di materiali



Proprietà dei materiali

- Proprietà fisiche;
- Proprietà chimiche e strutturali;
- Proprietà meccaniche;
- Proprietà tecnologiche.



Proprietà fisiche

Sono legate all'interazione del materiale con grandezze fisiche quali il calore o l'elettricità.

Sono proprietà fisiche:

- ❖ Massa volumica;
- ❖ Capacità termica massica;
- ❖ Conduttività termica ed elettrica;
- ❖ Dilatazione termica;
- ❖ Temperatura di fusione.



Massa volumica

Si definisce massa volumica (ρ - rho), il rapporto tra la massa di un corpo, ed il suo volume

$$\rho = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}} = \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Il valore della massa volumica è determinante per la valutazione progettuale della massa (e quindi anche del peso) del manufatto.



Capacità termica massica (o calore specifico)

È la quantità di calore (espressa in Joule) che si deve somministrare alla massa unitaria di un corpo, affinché questo aumenti la propria temperatura di 1°K.

$$C_s = \frac{Q}{\Delta T * m} = \frac{J}{K * kg}$$



Conduktivität termica ed elettrica

È l'attitudine del materiale a trasmettere il calore o l'elettricità.

I metalli sono buoni **conduttori**.

Sostanze come il **vetro** o la **ceramica** non sono buoni conduttori, perciò vengono definiti **isolanti**.

L'inverso della conduttività è la **resistività**.



Dilatazione termica

È quel fenomeno di variazione delle dimensioni di un corpo, dovuto ad un cambiamento di temperatura.

Questo parametro è importante per le valutazioni progettuali di organi in movimento che possono subire notevoli variazioni termiche e quindi anche dimensionali.



Temperatura di fusione

È la temperatura alla quale il materiale passa dallo stato solido a quello liquido.

I materiali che hanno un punto di fusione molto elevato (superiore ai 2000°C) vengono chiamati **refrattari**.

Sono materiali refrattari le sabbie e le argille che vengono usate, per questa loro caratteristica, nei rivestimenti di forni o nelle forme di fonderia.



Proprietà chimiche e strutturali

Riguardano la composizione chimica dei materiali e la loro struttura interna, dalle quali derivano tutte le proprietà meccaniche e tecnologiche.

- ❖ Resistenza alla corrosione;
- ❖ Struttura del materiale.



Resistenza alla corrosione

È l'attitudine del materiale a resistere all'aggressione degli agenti chimici. Sotto questa aggressione, molte sostanze si trasformano combinandosi con gli agenti e originando nuove sostanze; queste creano un graduale processo di degrado del materiale chiamato **corrosione**.

I metalli più esposti al fenomeno sono detti **metalli reattivi**, quelli intaccabili dagli agenti sono detti **metalli nobili**.

Nella fase di progetto, in alcuni casi è necessario ricorrere a misure di protezione del materiale con rivestimenti quali vernici e pellicole di metalli nobili (cromo, nichel...).



Struttura del materiale (1)

Nel raffreddamento di un metallo fuso, quando la temperatura raggiunge il punto di solidificazione, inizia il processo di **cristallizzazione**.

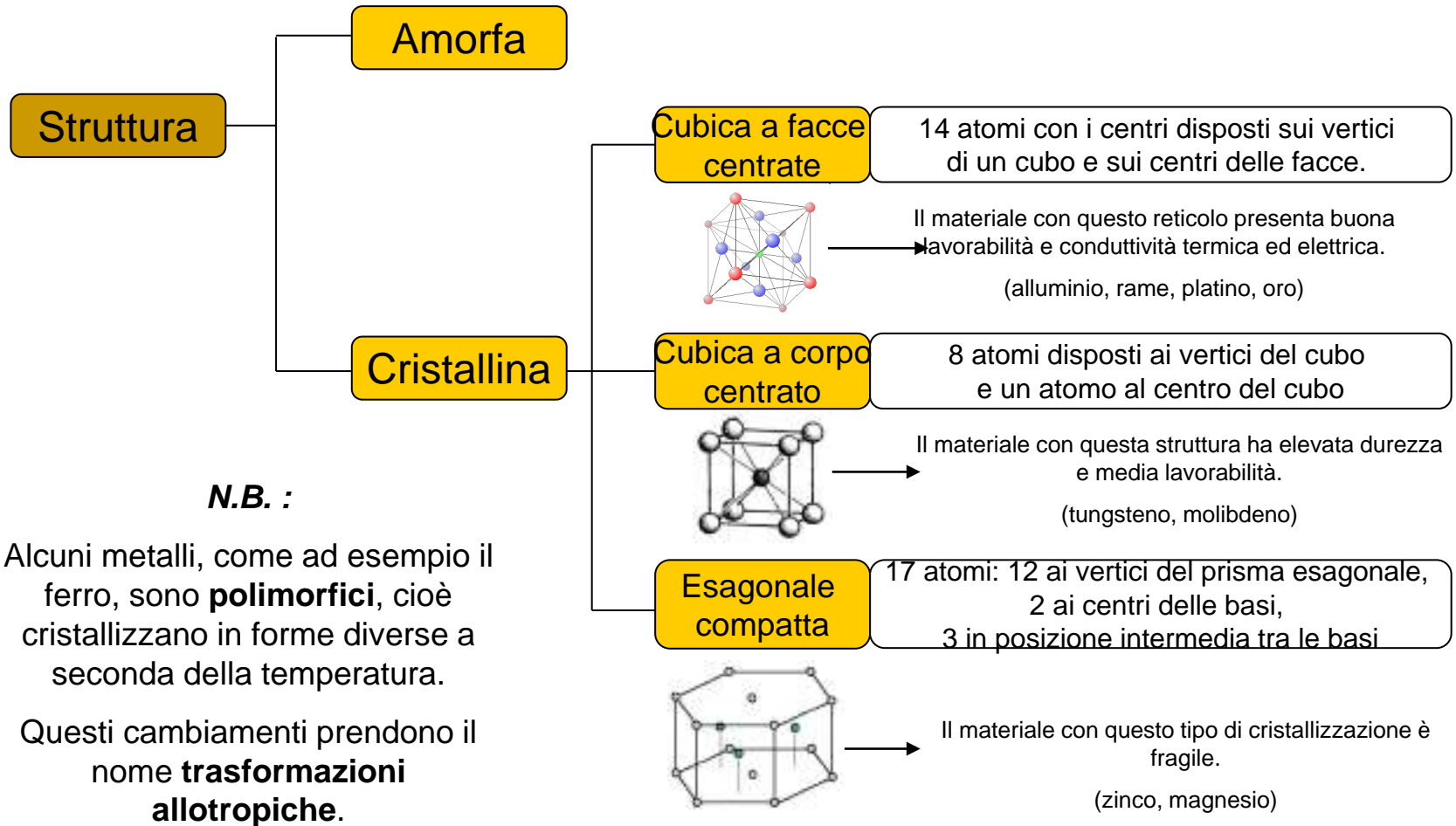
Esso comincia contemporaneamente in più punti, detti nuclei o centri di cristallizzazione.

È da questi centri che, partendo da una singola cella elementare, il cristallo si sviluppa lungo le tre direzioni dello spazio (formando il reticolo cristallino), bloccandosi solo quando entra in contatto con altri cristalli vicini.



Struttura del materiale (2)

Un metallo è costituito da cristalli, aderenti gli uni agli altri, ma separati da linee sottili e irregolari (giunti cristallini). I cristalli a loro volta sono formati da piccolissime particelle (atomi), che si dispongono in modo geometricamente regolare a formare **celle elementari**.



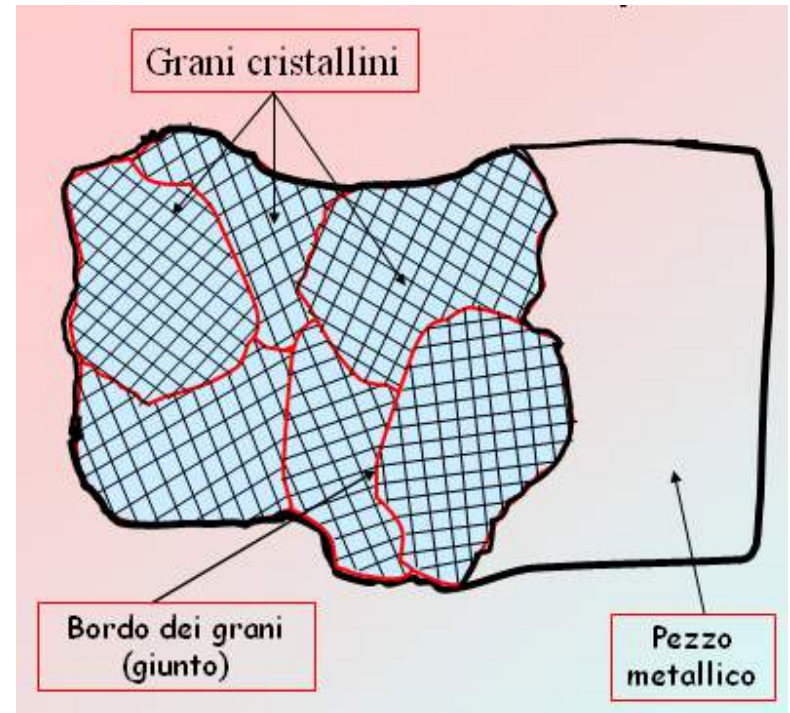
Struttura del materiale (3)

Non tutto il volume racchiuso da un pezzo di metallo è costituito da un solo reticolo;

sono presenti più zone, ciascuna costruita secondo il reticolo di quel metallo, ma orientate diversamente tra di loro.

A queste zone si dà il nome di **grani cristallini**.

L'allineamento delle facce dei grani crea delle superfici di scarsa resistenza alle sollecitazioni e quindi di potenziale frattura.

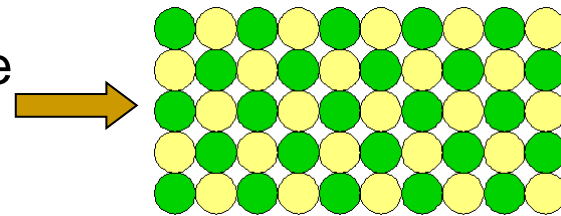


Struttura del materiale (4)

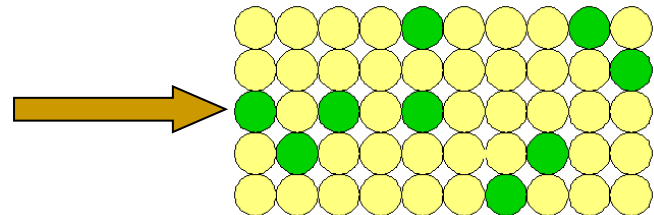
Nelle **leghe** (miscugli di sostanze) il reticolo cristallino acquista forma diversa a seconda delle sostanze che vi compaiono.

Le leghe sono in gran parte soluzioni solide del tipo:

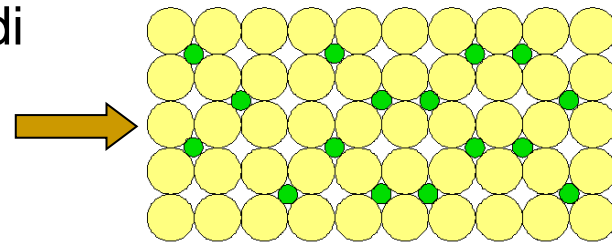
- ❖ ***soluzione ordinata***: gli atomi delle sostanze sono disposti in maniera regolare;



- ❖ ***soluzione di sostituzione***: gli atomi di una sostanza sostituiscono gli altri in modo casuale;



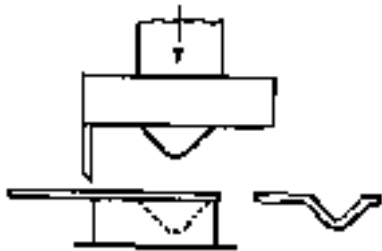
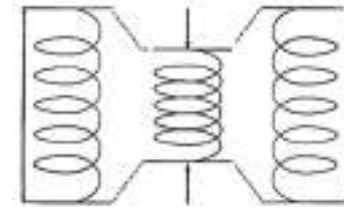
- ❖ ***soluzione interstiziale***: gli atomi di una sostanza si inseriscono negli spazi lasciati vuoti dal reticolo dell'altra sostanza.



Proprietà meccaniche (1)

Le proprietà meccaniche esprimono la capacità di un materiale a resistere alle **sollecitazioni** dovute all'azione di forze esterne che tendono a deformarlo.

Se al cessare della sollecitazione il corpo acquista nuovamente la forma iniziale, si è avuta una **deformazione elastica**;



Se invece il corpo cambia forma, si è avuta una **deformazione plastica**.

Crescendo la sollecitazione il corpo si deforma fino alla rottura.

I valori delle sollecitazioni che creano deformazioni plastiche o la rottura del pezzo (**carico di rottura**) sono caratteristici del materiale.



Proprietà meccaniche (2)

Le sollecitazioni si distinguono in base al tempo di applicazione...

Statiche

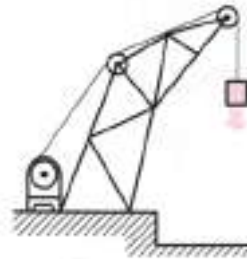
Agiscono costantemente nel tempo.

Semplici

La forza statica agisce lungo un'unica direzione

Composte

Più sollecitazioni semplici agenti su un corpo



La resistenza a queste sollecitazioni è detta **resistenza meccanica**.

Sollecitazioni

Dinamiche

Crescono bruscamente in un tempo inferiore a 1/10 sec.



La resistenza agli "URTI" prende il nome di **resilienza**.

Periodiche

La variazione oscilla regolarmente entro un periodo.



La resistenza a questo tipo di sollecitazione è detta **resistenza a fatica**.

Proprietà meccaniche (3)

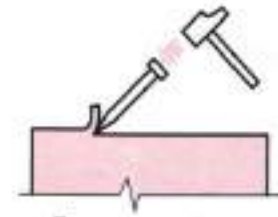
... o in base alla superficie di applicazione.

Sollecitazioni

Concentrate

Applicate in zone ristrette o puntiformi

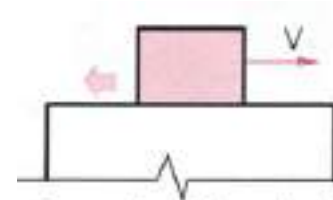
La capacità del materiale a resistere all'effetto delle forze concentrate è detta **durezza**.



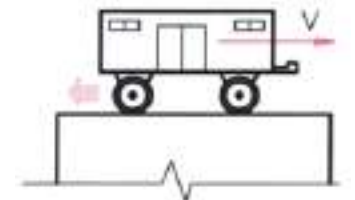
D'attrito

Si manifestano tra le superfici a contatto di due corpi mobili, fra loro striscianti o rotolanti.

La capacità del materiale a contrastare la forza d'attrito si chiama **resistenza all'usura**.



Forza di attrito radente



Forza di attrito volvente

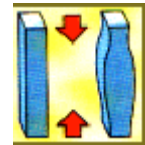
Sollecitazioni statiche semplici

Secondo la direzione d'applicazione della sollecitazione si può avere:

❖ sollecitazione a trazione;



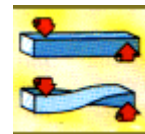
❖ sollecitazione a compressione;



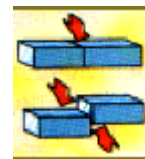
❖ sollecitazione a flessione;



❖ sollecitazione a torsione;

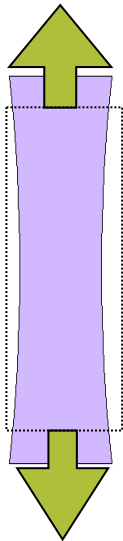


❖ sollecitazione a taglio.

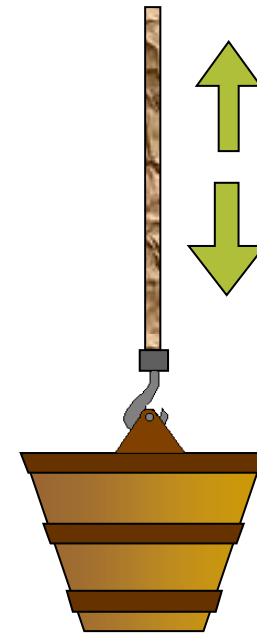


Sollecitazione a trazione

Il corpo è sollecitato da **forze opposte e divergenti**,
che tendono ad **allungarlo** e ad assottigliarne la parte centrale.

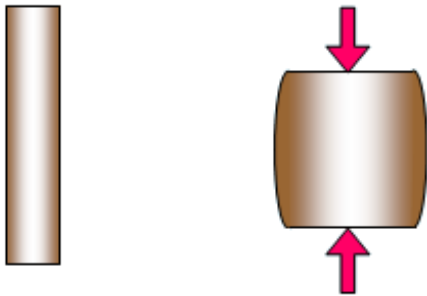


Tiranti di ponti di
ferro e cavi di
sollevamento sono
esempi di corpi
soggetti a trazione.



Sollecitazione a compressione

Il corpo è sollecitato da **forza opposte e convergenti**, che tendono ad **accorciarlo** e a dilatarne la zona centrale.



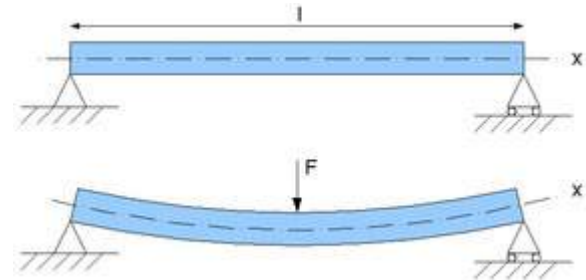
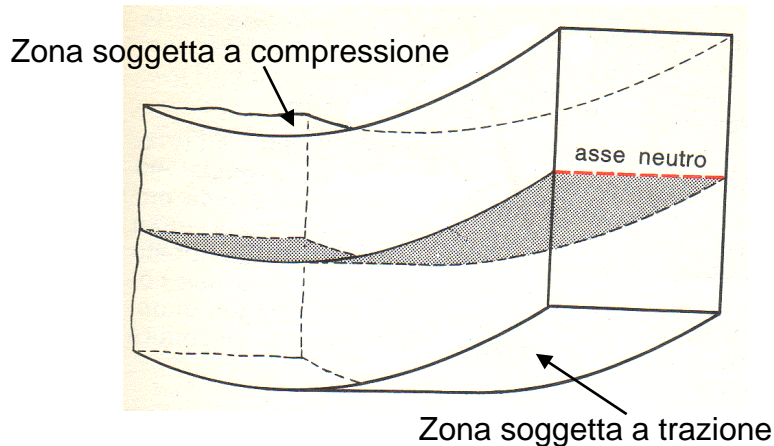
Murature, pilastri, zampe di tavoli, sono esempi di strutture sollecitate a compressione.

Sollecitazione a flessione

Le forze agiscono **trasversalmente** all'asse del corpo e tendono ad incurvarlo.

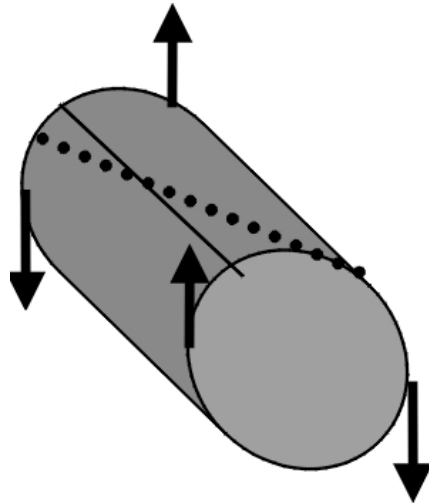
La lunghezza dell'asse del corpo inflesso ***non subisce variazioni*** a seguito della sollecitazione, per questo viene detta ***asse neutro***.

La ***zona sopra*** all'asse è accorciata, ha quindi subito ***compressione***; mentre la ***zona sotto*** l'asse si è allungata, ha quindi subito ***trazione***.

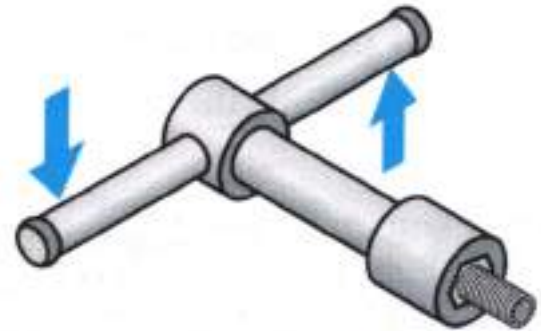


Sollecitazione a torsione

Il corpo è soggetto all'azione di una coppia di **forze** che **ruotano** in **verso opposto** e su piani diversi.

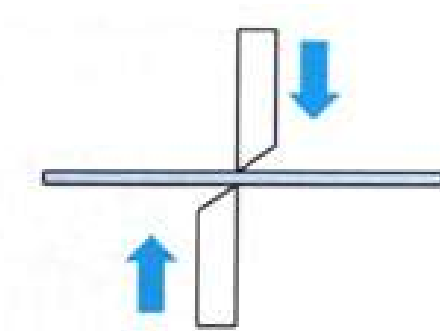


Alcuni esempi sono alberi di trasmissione, morse, punta di una giravite, mandrino o punta di un trapano ...



Sollecitazione a taglio

Il corpo è sottoposto all'azione di **forze opposte**, **convergenti** e disposte **trasversalmente** all'asse del solido.



Alcuni esempi sono: pezzi lavorati per punzonatura, chiodatura, cesoie...



Proprietà tecnologiche

Le proprietà tecnologiche riguardano l'attitudine dei materiali a subire diversi tipi di lavorazioni meccaniche.

Tra le più importanti :

- ❖ La malleabilità;
- ❖ La duttilità;
- ❖ L'estrudibilità;
- ❖ L'imbutibilità;
- ❖ La fusibilità;
- ❖ La saldabilità;
- ❖ La piegabilità;
- ❖ La truciolabilità;
- ❖ La temprabilità.



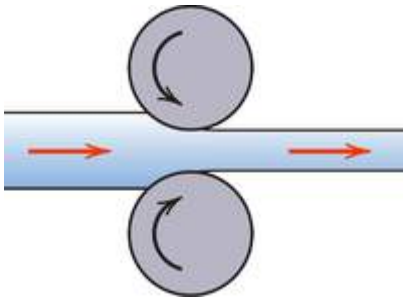
Malleabilità

È l'attitudine del materiale a essere trasformato in **lamine** sotto l'azione di pressioni o urti, senza creare fessure o rotture.

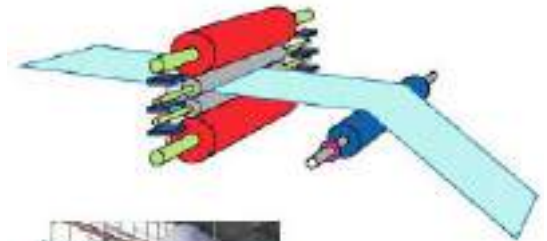
I materiali possono essere lavorati a caldo o a freddo, con utensili a mano (martello...), o con macchine (presse, laminatoi...).

I materiali malleabili devono avere elevato allungamento, bassa durezza e bassa resistenza a trazione.

Materiali con ottima malleabilità sono il rame e l'oro, con buona malleabilità gli acciai, con scarsa malleabilità le ghise.



Lavorazioni meccaniche che sfruttano la malleabilità sono:
la laminazione, lo stampaggio...



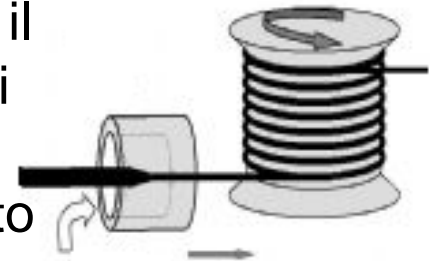
Duttilità

La duttilità è l'attitudine dei materiali ed essere trasformati, tramite il processo di trafilatura, in fili. Questo processo consiste nel tirare una barretta di materiale attraverso un foro calibrato tronco conico, chiamato filiera. Il materiale si deforma allungandosi ed assottigliandosi.

La trafilatura prevede una sequenza di passaggi sino ad arrivare alla dimensione desiderata.

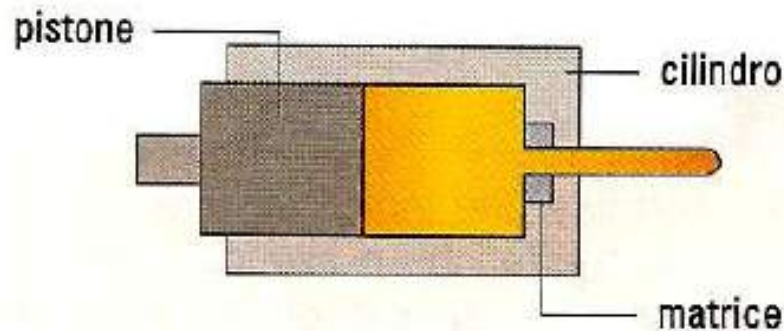


Hanno buona duttilità il rame, l'alluminio e gli acciai dolci, hanno ottima duttilità l'argento e l'oro.



Estrudibilità

È l'attitudine del materiale ad assumere la **forma di un foro sagomato** (matrice) in cui viene spinto. L'estrusione è un'operazione analoga alla trafilatura, con la differenza che il materiale non è tirato dall'esterno, ma compresso dall'interno.



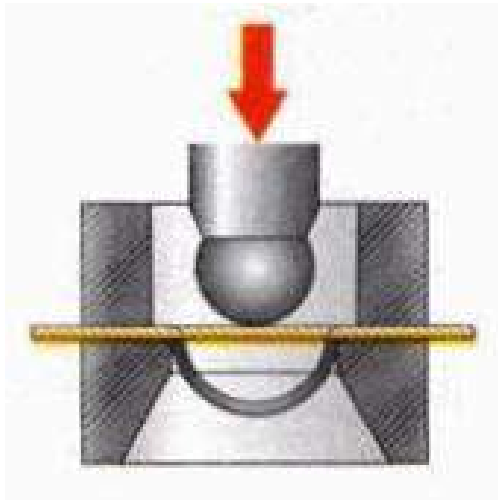
Buona estrudibilità hanno le leghe dell'alluminio e gli acciai dolci.



Imbutibilità

È l'attitudine delle **lamiere** a **deformarsi** a freddo sotto l'azione di un punzone che le spinge entro una matrice, senza screpolarsi o rompersi.

I materiali imbutibili sono anche malleabili, caratterizzati da un elevato allungamento.



Per imbutitura si ottengono parti di carrozzeria d'auto, serbatoi, pentole,...

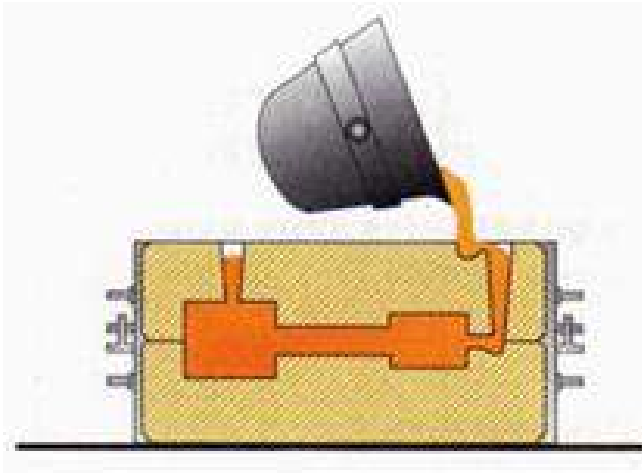
Sono imbutibili il rame, l'alluminio, gli acciai dolcissimi e l'ottone.



Fusibilità

E' l'attitudine di un materiale a prendere una **forma** ben precisa, mediante **fusione**, ottenendo un prodotto chiamato "getto".

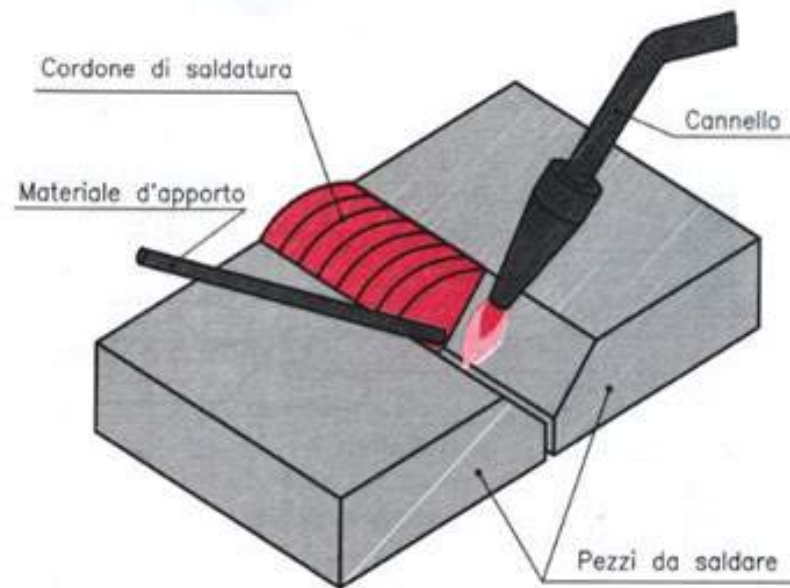
Un materiale ben fusibile riesce, allo stato liquido, a riempire tutte le cavità dello stampo, e deve avere un basso ritiro nel passaggio dallo stato liquido a quello solido.



Sono fusibili le ghise, i bronzi e gli ottoni.

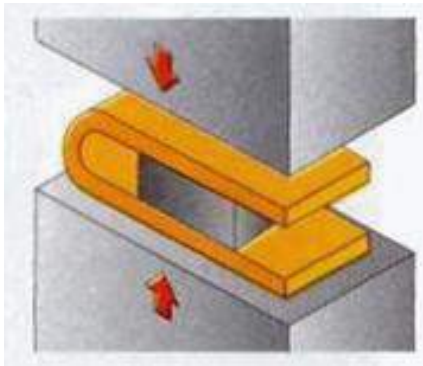
Saldabilità

E' l'attitudine di un materiale a **unirsi** per con un altro materiale, della stessa o diversa natura, mediante fusione e/o aggiunta di materiale d'apporto.



Piegabilità

E' l'attitudine dei materiali a subire notevoli **deformazioni** tramite **piegatura**, senza che essi manifestino screpolature o cedimenti.



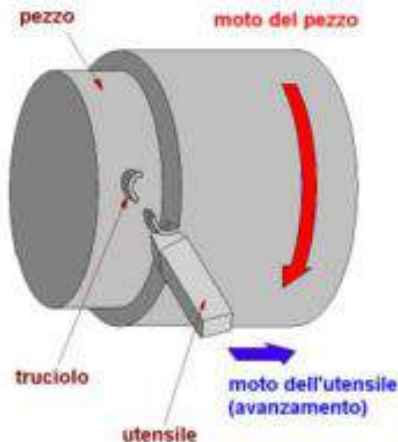
I materiali piegabili sono in genere anche malleabili.



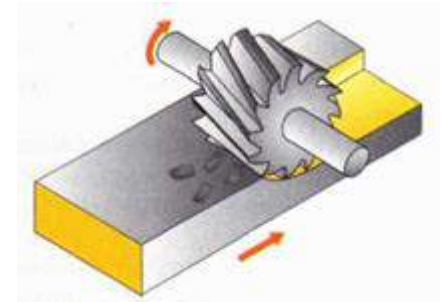
Truciolabilità

E' l'attitudine del materiale a subire lavorazioni, lasciandosi tagliare per **asportazione di truciolo** alle macchine utensili (torni, fresatrici, trapani...).

L'asportazione del materiale sotto forma di truciolo, avviene per mezzo di un utensile appositamente affilato, costituito da materiale che presenta una elevata durezza.



Materiali facilmente trucidabili sono quelli non eccessivamente duri, come acciai, leghe dell'alluminio e del rame...; mentre materiali molto duri sono poco trucidabili.



Temprabilità

E' l'attitudine di un materiale a **modificare** la propria struttura interna con un **trattamento termico**, composto da cicli di riscaldamento e raffreddamento opportuni.

Quanto più facilmente la tempra si spinge sino al nucleo centrale del materiale, tanto più si dice che il materiale è temprabile.



Prove sui materiali (1)

Per dimensionare correttamente un oggetto in fase progettuale è necessario valutare se sarà in grado di resistere alle sollecitazioni esterne senza danni o rotture.

Per questo scopo il progettista si avvale di dati ricavati da esperienze di laboratorio su campioni di materiale.



Prove sui materiali (2)

Le prove di laboratorio sui materiali si distinguono in:

- ❖ Prove **distruttive**, quando provocano il deterioramento o la rottura del pezzo;



- ❖ Prove **non distruttive**, se il pezzo resta integro.

Prove sui materiali (3)

Un corpo sottoposto a sollecitazioni statiche (carichi) si deforma.

Se al cessare della deformazione riacquista la forma iniziale, si dice che esso ha subito una **deformazione elastica**;

se invece resta deformato si ha una **deformazione plastica**.

Dalle prove di laboratorio si può osservare che solo nella fase elastica esiste una proporzionalità tra carichi e deformazioni.

Crescendo ulteriormente il carico le deformazioni non sono più proporzionali e comincia la fase plastica. Al termine di questa subentra la rottura.

Prove sui materiali (4)

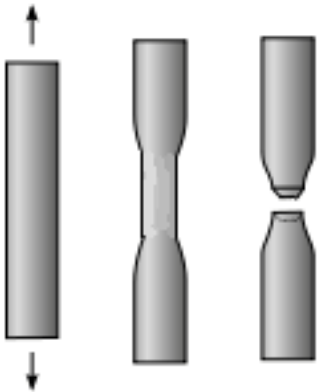
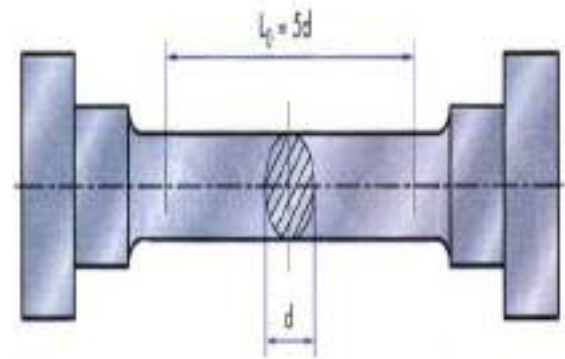
Comuni prove di laboratorio effettuate sui provini sono:

- ❖ Prova di resistenza a trazione;
- ❖ Prova di resistenza a compressione;
- ❖ Prova di resistenza a flessione;
- ❖ Prova di resistenza a torsione;
- ❖ Prova di resistenza al taglio;
- ❖ Prova di resilienza Charpy;
- ❖ Prova di durezza.

Resistenza a trazione

Un provino di forma e dimensioni standardizzate è sottoposto ad un **allungamento crescente** fino alla rottura.

Il provino deve avere forma cilindrica.
Il rapporto tra lunghezza (L_0) e diametro (d) deve essere tale che $L_0 = 5d$.



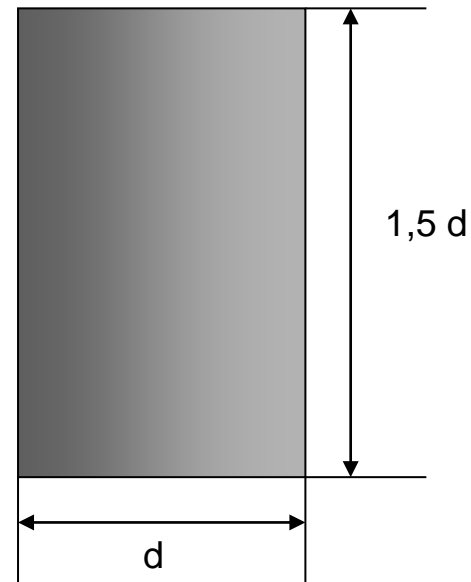
Durante l'allungamento nella zona centrale appare un restringimento della sezione (strizione), che insieme alla forma della frattura fornisce indicazioni sulle proprietà tecnologiche del materiale.

Resistenza a compressione

Un provino di forma e dimensioni standardizzate è sottoposto a forze che tendono a **schiacciario**.

La provetta unificata ha forma cilindrica con rapporto tra lunghezza e diametro pari a:

$$L_0 = 1,5 d.$$



Resistenza a flessione

La provetta viene poggiata su due rulli paralleli a distanza L .
Il carico viene esercitato con pressione graduale nel punto di mezzeria.

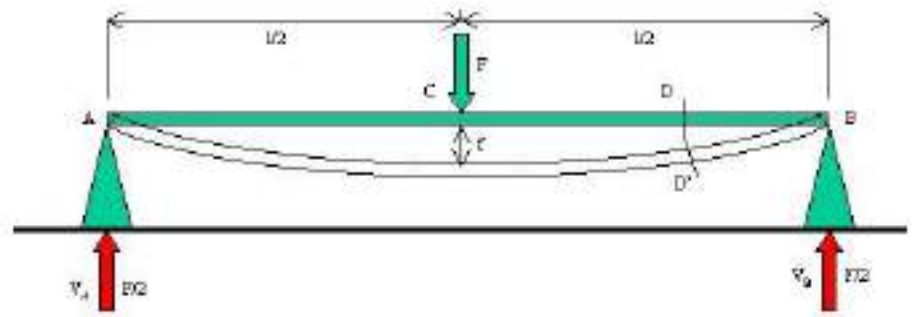
Il **carico unitario di rottura a flessione** è:

$$R_{fm} = \frac{M_{fm}}{W_f} = [N / mm^2]$$

Dove:

M_{fm} = momento flettente;

W_f = modulo di resistenza a flessione, che dipende dalla forma e dalle dimensioni della sezione della provetta.



Il **momento** di una forza è il prodotto della forza per il braccio cioè la distanza del punto dalla sua retta d'azione.



Resistenza a torsione

Questa prova misura la resistenza che un materiale oppone a una sollecitazione di torsione, ossia due coppie di forze che agiscono su piani diversi perpendicolari all'asse del pezzo.

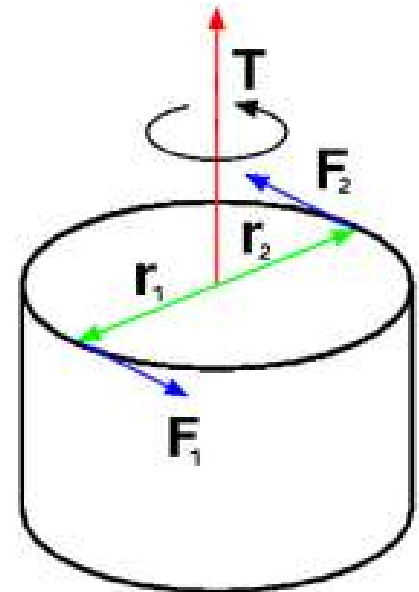
Il **carico unitario di rottura a torsione** è:

$$R_{tm} = \frac{M_{tm}}{W_p} = [N / mm^2]$$

Dove:

M_{tm} = momento torcente;

W_f = modulo di resistenza polare, che dipende dalla forma e dalle dimensioni della sezione della provetta.



Resistenza al taglio

Questa prova misura la resistenza che un materiale oppone a una sollecitazione di taglio, ossia due forze opposte che agiscono su un piano perpendicolare all'asse del pezzo.

La **resistenza al taglio** è:

$$\tau = F / S = [N / mm^2]$$

Dove:

F = valore del carico;

S = area della sezione della provetta.

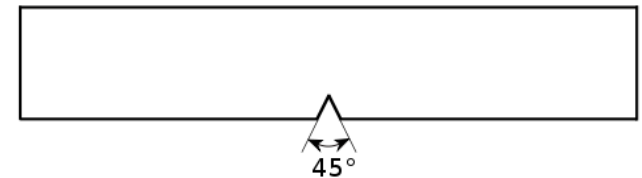


Resilienza Charpy (1)

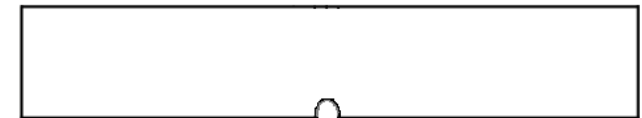
La resilienza è la **resistenza** del materiale alle sollecitazioni dinamiche (**urti**).

I materiali che presentano un'alta resilienza vengono detti ***tenaci***, mentre quelli che presentano una bassa resilienza vengono detti ***fragili***.

Per misurare la resilienza si usa il pendolo di Charpy.



La provetta è una barretta a sezione quadrata con un intaglio centrale a forma di U oppure a forma di V.



Resilienza Charpy (2)

Il pendolo di Charpy è costituito da una incastellatura che sostiene una mazza oscillante.

La mazza può essere bloccata ad una data altezza; dopo aver posizionato la provetta in un apposito alloggiamento e con intaglio rivolto dal lato opposto alla mazza, si può liberare la mazza che in caduta libera urta contro la provetta.

Dopo la rottura la mazza continua il moto pendolare fino a una certa altezza che la macchina in grado di registrare mediante un indice angolare; esso viene azzerato prima della prova.

La macchina è provvista di freno per le oscillazioni del pendolo.



La **resilienza** è calcolata come:

$$K = L / S = [J / \text{cm}^2]$$

Dove:

L = lavoro per spezzare la provetta;

S = area della sua sezione.

Prova di durezza (1)

La durezza è la **resistenza** che il materiale oppone **ai carichi concentrati**.

La misurazione della durezza fornisce dati estremamente importanti sulla lavorabilità del materiale, sugli effetti dei trattamenti termici, sulla resistenza alla trazione.

Per misurare la durezza si usa il **durometro**, con cui si eseguono prove non distruttive.



Prova di durezza (2)

Nelle prove di durezza si usa un **penetratore** che, sotto l'azione di un certo carico, lascia un'impronta sulla superficie del materiale.

Il rapporto tra carico e dimensione dell'impronta definisce il valore della durezza.

A seconda della forma e delle dimensioni del penetratore si hanno diversi metodi di misurazione della durezza:

- ❖ Metodo Brinell;
- ❖ Metodo Vickers;
- ❖ Metodo Rockwell.



Prova di durezza Brinell

Questo metodo è utilizzato per metalli non particolarmente duri.

Si utilizza un penetratore in acciaio temprato di forma sferica e di diametro generalmente di 10 mm.

La durezza Brinell (**HB**) è data dal rapporto tra carico e superficie dell'impronta lasciata dal penetratore sul pezzo:

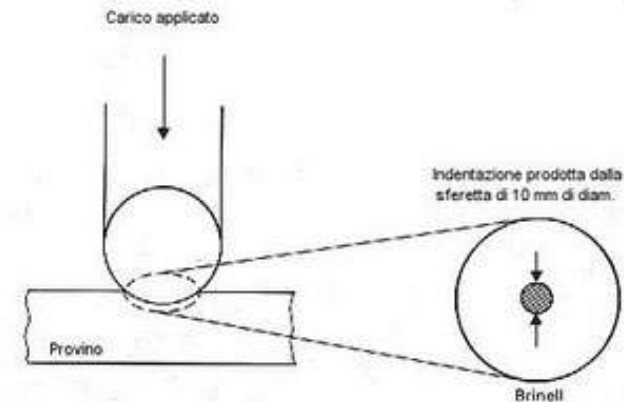
$$HB = 0,102 F / S$$

Dove:

F = carico espresso in N;

0,102 = fattore di conversione da kg_f a N;

S = superficie del penetratore in mm^2 .



Prova di durezza Vickers

Questo metodo utilizza un penetratore di diamante a forma di piramide a base quadrata con angolo di 136° tra facce opposte.

La durezza Vickers (**HV**) è data dal rapporto tra carico e superficie dell'impronta lasciata dal penetratore sul pezzo:

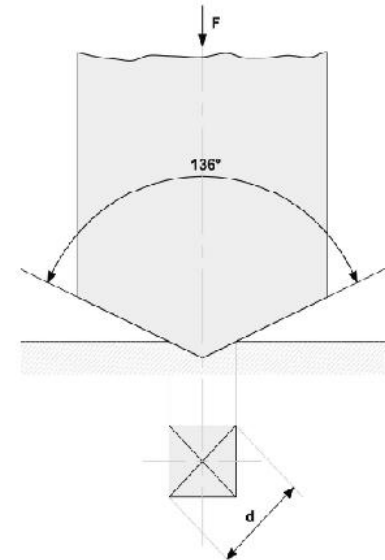
$$HV = 0,189 F / d^2$$

Dove:

F = carico espresso in N;

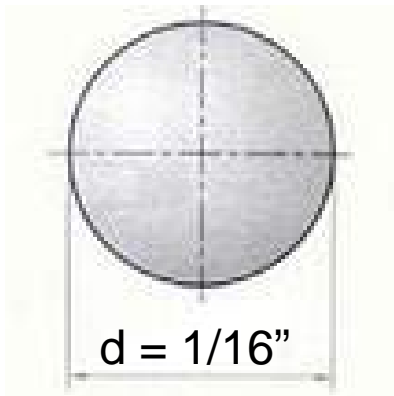
0,189 = fattore di conversione da kg_f a N;

d = diagonale dell'impronta piramidale lasciata dal penetratore.



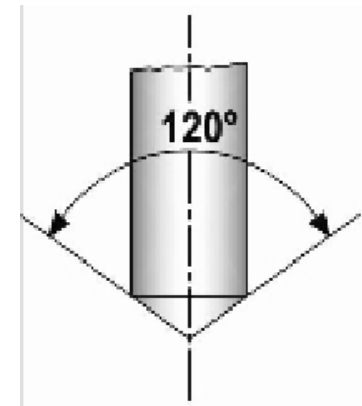
Prova di durezza Rockwell

Con questo metodo è possibile usare due diversi tipi di penetratori:

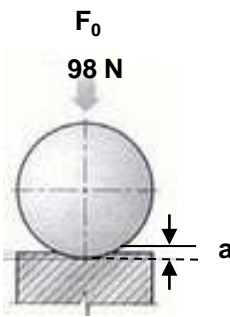
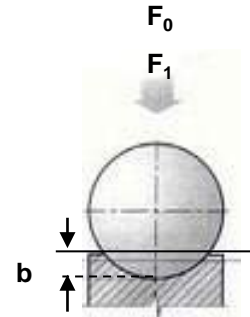
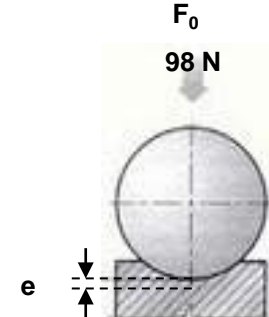
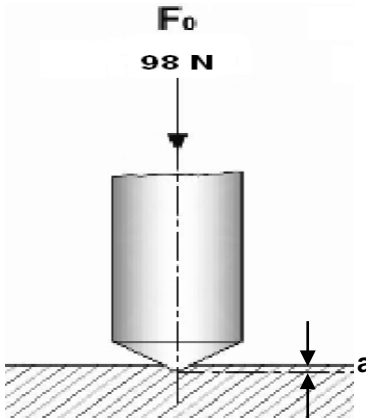
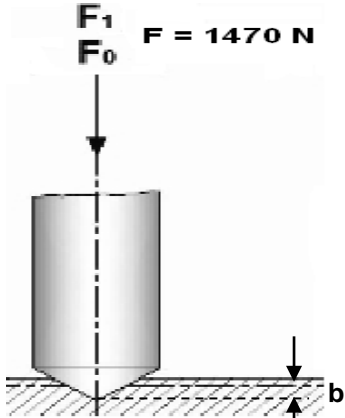
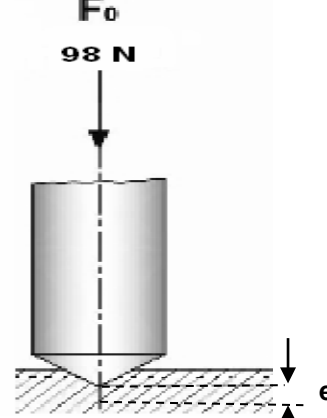


Sfera d'acciaio per materiali non molto duri (**HRB**);

Cono di diamante per materiali duri (**HRC**).



FASI DELLE PROVE HRB E HRC

H R B			
	<p>1^a fase: PRECARICO Si applica un carico di 98 N (10 kg_f) e si azzerà l'apparecchio</p>	<p>2^a fase: SOVRACCARICO Con il secondo carico il totale arriva a 981 N (100 kg_f) per la HRB e 1470 (150 kg_f) per la HRC</p>	<p>3^a fase: LETTURA Tolto il sovraccarico si mantiene il precario. Il rientro elastico del materiale fa risalire il penetratore e l'indice segnala il valore della durezza</p>
H R C			
	<p>a = profondità da precarico</p>	<p>b = profondità da sovraccarico</p>	<p>e = profondità residua</p>



FINE