

Introduzione

I materiali nelle lavorazioni meccaniche

I materiali a disposizione per la realizzazione di prodotti finiti sono numerosi e diversi:

Metalli, legni, plastica, carta, fibre tessili, marmo, cemento, sabbia, ecc.

La tecnologia meccanica si occupa essenzialmente dei materiali metallici, della loro applicazione e della loro lavorazione.

Dal punto di vista chimico i materiali che interessano l'industria meccanica si dividono in metalli, non metalli e leghe metalliche.

Metalli

I metalli, a temperatura ambiente si trovano allo stato solido (eccettuato il mercurio che è liquido). Sono elementi in genere buoni conduttori di calore e di elettricità; inoltre hanno un aspetto lucente, sono opachi alla luce, presentano in varia misura plasticità e resistenza meccanica.

Sono metalli: Il ferro, l'argento, lo zinco, il cromo, il manganese, il piombo, il cobalto, il magnesio, ecc.

Non metalli

Gli elementi cattivi conduttori del calore e dell'elettricità sono definiti non metalli.

Sono non metalli lo zolfo, il fosforo, l'azoto, l'ossigeno, il carbonio, il silicio, l'antimonio, ecc.

Leghe metalliche

Una lega metallica è costituita da due o più elementi, uno almeno dei quali è un metallo presente in quantità preponderante rispetto agli altri elementi. Oltre agli elementi fondamentali che la caratterizzano, in una lega possono essere presenti metalli o non metalli sia sotto forma di impurezze, sia aggiunti intenzionalmente al fine di ottenere proprietà particolari.

Un esempio di lega composta da un metallo con un altro metallo è l'ottone. L'ottone è costituito dai metalli rame e zinco.

Un esempio di lega composta da un metallo e da un non metallo è l'acciaio. L'acciaio è costituito dal metallo ferro e dal non metallo carbonio.

Proprietà dei materiali metallici

Tutti i materiali metallici hanno caratteristiche o proprietà specifiche. La conoscenza di queste proprietà permette di usare in ogni lavorazione il materiale più idoneo, mediante procedimenti di lavoro atti ad ottenere i migliori risultati.

Le proprietà dei metalli si dividono in:

proprietà chimico-strutturali, proprietà fisiche, proprietà meccaniche e tecnologiche.

Caratteristiche chimiche e strutturali

Le proprietà chimico - strutturali riguardano la composizione chimica dei metalli e la loro struttura interna (distribuzione atomica, struttura cristallina) dalle quali derivano tutte le proprietà meccaniche e tecnologiche.

Rientrano tra le proprietà chimiche anche i fenomeni che si producono fra il materiale e l'ambiente esterno (ossidazione, corrosione ecc.).

Proprietà fisiche

Le proprietà fisiche si riferiscono alle caratteristiche generali dei materiali, in relazione agli agenti esterni, quali il calore, la gravità, l'elettricità, ecc.

Principali proprietà fisiche: massa volumica, calore specifico, dilatazione termica, temperatura di fusione, conducibilità termica, conducibilità elettrica.

Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche riguardano la capacità dei materiali di resistere all'azione di forze o sollecitazioni esterne (pressioni, urti, trazioni, ecc.).

Principali proprietà meccaniche: resistenza meccanica, resistenza a fatica, resistenza all'usura, resistenza all'urto, durezza.

Proprietà tecnologiche

Le proprietà tecnologiche riguardano l'attitudine dei materiali a subire le varie lavorazioni tecnologiche attraverso le quali vengono prodotti i pezzi meccanici.

Principali proprietà tecnologiche: duttilità, malleabilità, Imbutibilità, Estrudibilità, Piegabilità, fusibilità e colabilità, saldabilità, truciolabilità, temperabilità

Introduzione

Grado o misura delle proprietà dei materiali

Per ciascuna proprietà si può stabilire una graduatoria, che indica il grado o la misura di una determinata proprietà posseduta da un materiale rispetto ad altri materiali.

Ciò consente di stabilire se un materiale è, ad esempio, più o meno duro, più o meno resistente, più o meno saldabile di un altro materiale. Il grado o la misura di una proprietà viene espresso per mezzo di un numero, il numero che indica la misura di una proprietà è riferito sempre ad una unità di misura. Ogni proprietà ha la sua unità di misura.

L'insieme delle proprietà e delle rispettive misure relative ad uno stesso materiale formano una sorta di carta d'identità del materiale stesso.

Le tabelle con le proprietà dei vari materiali sono riportate nei manuali e nei listini delle ditte produttrici, per consentire la scelta del materiale più adatto a determinati impieghi o lavorazioni.

Prove e controlli dei materiali

Per conoscere le proprietà dei vari materiali e per poterne precisare il grado e la misura occorre eseguire sui materiali stessi prove specifiche, in laboratori appositamente attrezzati.

Per confrontare correttamente una proprietà di due materiali diversi bisogna che tale proprietà sia espressa con la stessa unità di misura.

Le prove sui materiali richiedono l'uso di macchine apposite. Il pezzo per la prova viene di solito prelevato da campioni del materiale in esame e deve essere convenientemente dimensionato e sagomato in relazione al tipo di prova, il pezzo così ottenuto viene comunemente chiamato provino o provetta.

Oltre che per verificare le caratteristiche del materiale, le prove vengono eseguite per classificare, designare e scegliere il materiale, in relazione allo stato, alla qualità ed alle possibilità del suo impiego.

Unificazioni

Le prove sui materiali debbono essere eseguite secondo metodi e procedimenti stabiliti e unificati, al fine di dare alla prova stessa i caratteri di attendibilità, confrontabilità e ripetibilità.

Per questo motivo sono state stabilite norme precise per le prove.

Tali norme riguardano sia l'ambiente in cui viene eseguita la prova, sia la macchina da usare, sia il procedimento di esecuzione della prova, sia le dimensioni e il modo di realizzare la provetta.

Le norme unificate per l'esecuzione delle prove vengono pubblicate da un apposito Ente Nazionale chiamato UNI (Unificazione Nazionale italiana). Il rispetto di queste norme garantisce la validità della prova e dei suoi risultati e ne facilita la comunicazione.

In molti settori sono adottate, anche in territorio nazionale, altri tipi di norme, provenienti da altri paesi, che sono talvolta più restrittive delle norme **UNI**: **DIN** (Germania), **A.S.T.M.** (Stati Uniti) ecc.

Trattamenti termici

Allo scopo di conseguire quel complesso di proprietà meccaniche e tecnologiche che sarebbe impossibile, difficile o non economico ottenere agendo sulla composizione chimica, le principali leghe di interesse industriale vengono sottoposte ad appositi trattamenti, detti trattamenti termici, i trattamenti termici più importanti sono; la tempra, la ricottura, il rinvenimento, la bonifica.

I trattamenti termici sono operazioni tecnologiche che consistono nel sottoporre un metallo o una lega metallica, al di sotto del punto di fusione, ad uno o più cicli termici (di riscaldamento e di raffreddamento) nell'intento di impartire loro determinate proprietà.

Il trattamento termico fondamentale comporta una modificazione della struttura dei metalli, cui corrisponde una variazione delle proprietà dei metalli stessi.

I trattamenti termici sono riservati generalmente alle leghe metalliche (acciai, bronzi, ottoni, leghe leggere, ecc.) perché le leghe possono subire una variazione della loro struttura e quindi delle loro proprietà. Per i metalli puri, invece, non esiste questa possibilità.

Classificazione, denominazione e designazione di materiali metallici

I vari tipi di metalli in commercio vengono classificati e assumono denominazioni e designazioni diverse a seconda delle diverse proprietà chimiche, meccaniche e tecnologiche che li caratterizzano.

Particolarmente importante è la classificazione e la designazione degli acciai, di cui esistono migliaia di tipi diversi, che si differenziano per la composizione, per i trattamenti termici subiti, per l'impiego cui sono destinati, ecc.

La classificazione e la designazione dei metalli in Italia è regolata dalle norme **UNI**, ma sono spesso usate anche altre norme internazionali (**DIN**, **AISI**, **AN-FOR**, ecc.).

Le ditte produttrici utilizzano inoltre sigle e codici particolari, diversi da ditta a ditta.

Materiali

Proprietà chimiche

3

Proprietà chimico-strutturali

I metalli, come tutti i materiali, non sono perfettamente omogenei ed isotropi, anche se a prima vista possono apparire tali.

Se si frattura un metallo e si leviga opportunamente la superficie di rottura fino a renderla speculare e poi, dopo averla attaccata con appositi acidi, la si osserva con un microscopio a 500 o 1000 ingrandimenti, si può vedere che la materia del metallo è costituita da Cristalli A, o granuli, aderenti gli uni agli altri, ma separati da linee sottili e irregolari (giunti tra cristalli).

I cristalli a loro volta sono formati da piccolissime particelle (atomi) non visibili neppure al microscopio.

Gli atomi di un cristallo sono disposti con regolarità geometrica in modo da formare un reticolo cristallino B che si interrompe solo ai bordi del cristallo.

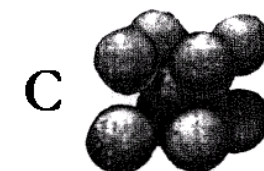
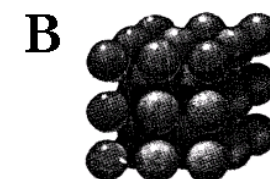
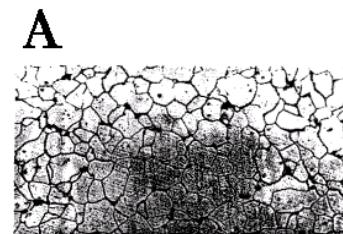
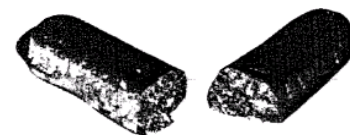
Il reticolo cristallino è una gabbia tridimensionale di linee immaginarie che uniscono i centri degli atomi disposti nello spazio.

In ogni reticolo è possibile individuare una cella elementare C, cioè un gruppo di atomi regolarmente distribuiti nello spazio secondo una precisa disposizione geometrica.

Un reticolo è rappresentabile ripetendo nello spazio, lungo le tre direzioni, una cella elementare.

La cella elementare è il più piccolo solido che possiede la completa simmetria del cristallo ottenuta congiungendo i centri degli atomi contigui.

La cella elementare è definita dalla sua forma e dalle sue dimensioni.



Struttura dei metalli puri

I metalli puri si differenziano tra loro: per le dimensioni, peso e proprietà degli atomi di cui sono costituiti; per il modo con il quale gli atomi interagiscono tra loro. Ogni metallo ha atomi differenti da quelli di un altro metallo.

In uno stesso metallo, allo stato solido, gli atomi si strutturano sempre con lo stesso identico reticolo per formare un cristallo.

Può capitare che due metalli differenti abbiano lo stesso tipo di reticolo, ma questo sarà formato da atomi differenti. Ad esempio, il rame ha un reticolo uguale a quello del piombo, ma con atomi più piccoli.

Tipi di reticolo e di celle elementari

I reticoli atomici dei cristalli dei metalli sono differenti a seconda del tipo di cella elementare che li costituisce.

Le celle elementari possono essere di 14 forme diverse, ma la grande maggioranza dei metalli cristallizza secondo 3 tipi di celle elementari:

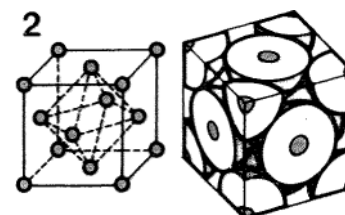
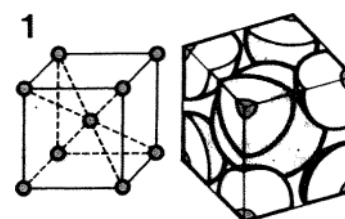
- A tipo cubico a corpo centrato
- B tipo cubico a facce centrate
- C tipo esagonale compatto

Per facilitare la rappresentazione grafica della cella elementare, gli atomi vengono individuati da un punto che corrisponde al loro centro.

In realtà gli atomi, dotati, anche a temperature prossime allo zero assoluto, di una certa energia cinetica, oscillano intorno alla loro posizione di equilibrio, che statisticamente viene fatta coincidere con il centro dell'atomo stesso.

Unendo i vari punti con linee immaginarie si ottiene la figura geometrica che rappresenta schematicamente la cella elementare.

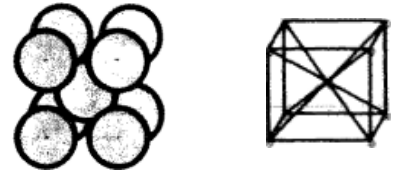
In figura sono ad esempio schematizzate due tipi di celle elementari cubiche, quella a corpo centrato (1) e quella a facce centrate (2)



Proprietà chimiche

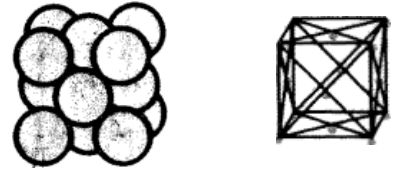
Cella cubica a corpo centrato

La cella è costituita da 9 atomi disposti su ciascun vertice di un cubo ed uno al centro del cubo stesso. Gli atomi sono a contatto sulla diagonale interna del cubo. Questo tipo di cella è caratteristica dei materiali più duri con resistenza alle deformazioni e duttilità medie, come il tungsteno, il molibdeno ed il ferro α (alfa).



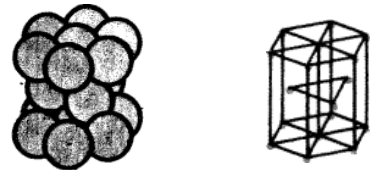
Cella cubica a facce centrate

La cella è costituita da 14 atomi. Un atomo è disposto su ciascuno degli 8 vertici del cubo ed uno al centro di ciascuna delle 6 facce. Gli atomi sono a contatto sulla diagonale delle facce. Questo tipo di cella è caratteristico dei metalli più duttili, malleabili, buoni conduttori del calore e della elettricità, come il rame, il nickel, l'alluminio, il piombo, l'oro, l'argento e il ferro γ (gamma).



Cella esagonale compatta

La cella elementare è costituita da 17 atomi. 14 atomi sono disposti in modo da formare con i loro centri un prisma esagonale e 3 atomi sono disposti all'interno del prisma stesso. Gli atomi sono a contatto sui lati degli esagoni di base. Questa cella è caratteristica dei materiali fragili, come il magnesio, il cadmio e lo zinco.



Struttura cristallina delle leghe metalliche

I reticoli cristallini non sono quasi mai formati da atomi dello stesso elemento. All'interno dei solidi cristallini sono presenti altri elementi, sia sotto forma di impurità, sia sotto forma di aggiunte per migliorare le caratteristiche e le proprietà del materiale di partenza (leghe). Questi elementi aggiunti si sistemano nel reticolo cristallino dell'elemento base in modi diversi.

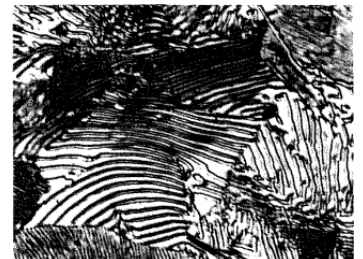
Si distinguono tre casi:

- miscele
- soluzioni solide
- composti intermetallici

Miscele

I solidi cristallini sono costituiti da una miscela (miscuglio) di diversi tipi di grani, ognuno dei quali possiede un proprio reticolo cristallino.

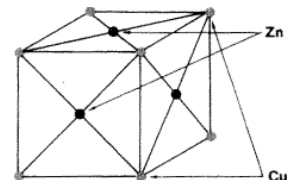
Per le miscele di cristalli si può portare ad esempio la struttura eutettoide perlite in figura: una struttura lamellare formata da strati alternati di cristalli cubici a corpo centrato del ferro (ferro α) e di cristalli di carburo di ferro (Fe_3C).



Soluzioni solide

I solidi cristallini sono costituiti da un unico tipo di grano, il cui reticolo cristallino contiene atomi di elementi diversi.

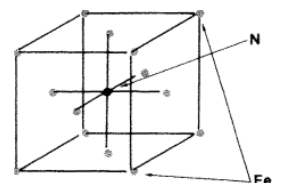
Per le soluzioni solide si può portare ad esempio l'ottone, cioè l'inserimento di atomi di zinco nel reticolo cristallino cubico a facce centrate del rame ($\text{Zn} < 40\%$), come illustrato in figura.



Composti intermetallici

Nei solidi cristallini l'elemento base forma con l'elemento aggiunto (per una ben determinata proporzione o per una proporzione variabile in limiti piccolissimi) un composto.

Per i composti intermetallici si può portare ad esempio la struttura cristallina del nitruro di ferro Fe_4N , illustrata in figura.



Proprietà fisiche

Massa volumica

La massa di un dm³ di alluminio è 2,7 kg, La massa di 1 dm³ di ferro è 7,86 kg.
A parità di volume il ferro ha dunque una massa maggiore dell'alluminio, cioè ha una maggiore massa volumica.

Si definisce pertanto massa volumica il rapporto fra la massa di un corpo e il suo volume.

La massa volumica di un corpo metallico viene espressa normalmente in kg/dm³

Questa proprietà fisica, prima della introduzione del S.I. veniva chiamata peso specifico.

Per conoscere la massa volumica di un materiale, si divide la sua massa, misurata in kg, per il suo volume; misurato in dm³.

Indicando con γ (gamma, lettera dell'alfabeto greco) la massa volumica si ha:

$$\gamma = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \quad [\text{kg/dm}^3]$$

La massa volumica ha un valore diverso per ogni materiale.

Nella tabella sono riportate le masse volumiche di alcuni metalli.

Con il nome di leghe leggere sono spesso chiamate le leghe metalliche, ad esempio a base di alluminio, la cui massa volumica è inferiore a 4 kg/dm³.

Metallo	γ [kg / dm ³]
Magnesio	1,75
Alluminio	2,70
Titanio	4,50
Zinco	7,14
Stagno	7,30
Ferro	7,86
Bronzo	8 - 8,8
Nichel	8,66
Rame	8,90
Piombo	11,34
Mercurio	13,59
Oro	19,30
Tungsteno	19,30
Platino	21,40

Calore specifico

Per portare da 0 °C a 100 °C la temperatura di 1 kg di alluminio è necessario fornire all'alluminio una quantità di calore pari a circa 90.000 J. Per portare da 0°C a 100 °C la temperatura di 1 kg di acciaio è necessario fornire una quantità di calore pari a circa 45.000 J, si può dire dunque che, a parità di massa, l'alluminio richiede una quantità di calore maggiore di quanto richieda l'acciaio per ottenere uno stesso aumento di temperatura.

Da questo deduciamo che l'alluminio ha un calore specifico (più esattamente, una capacità termica massica) maggiore dell'acciaio.

Il calore specifico è il rapporto fra la quantità di calore che è necessario fornire ad un corpo di massa unitaria per elevarne di 1 °C la temperatura.

Per conoscere il calore specifico, C_s di un materiale, si divide il calore ceduto Q, espresso in Joule (J), per la differenza tra la temperatura finale T₂ e quella iniziale T₁, moltiplicata per la massa del materiale (espressa in kg).

$$C_s = \frac{Q}{(T_2 - T_1) m} \quad [\text{J} / \text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}]$$

Il calore specifico ha un valore diverso per ogni materiale, come risulta dalla tabella.

Poiché per uno stesso materiale il calore specifico varia a seconda dell'intervallo di temperatura considerato, in pratica ci si riferisce al calore specifico medio nell'intervallo di temperatura da 0 °C a 100 °C.

Metallo	C _s [J / kg °C]
Piombo	128
Oro	130
Platino	136
Tungsteno	142
Stagno	226
Argento	230
Rame	383
Zinco	385
Cobalto	431
Nichel	440
Ferro	465
Cromo	502
Alluminio	900

Dilatazione termica

È noto che tutti i corpi, quando vengono riscaldati, subiscono una dilatazione.

Se prendiamo due barre, una di acciaio e una di piombo, di uguale lunghezza alla temperatura di 20 °C, avranno lunghezze differenti alla temperatura di 100 °C.

Ciò è dovuto al fatto che la dilatazione è diversa per ogni materiale, di questa dilatazione si deve sempre tenere conto quando si montano organi meccanici, ad esempio, accoppiamenti forzati di la dilatazione termica può far nascere forze che compromettono la struttura stessa dell'accoppiamento.

È a causa della dilatazione termica dei materiali che in ogni misurazione di precisione si deve sempre far riferimento alla temperatura alla quale si trova il pezzo da misurare, e si deve controllare che anche la temperatura dello strumento di misura non sia diversa dalla temperatura alla quale lo strumento è stato tarato (generalmente 20 °C)

Il coefficiente di dilatazione termica lineare esprime l'aumento di lunghezza ΔL che subisce il materiale di lunghezza iniziale L₀ per effetto di una variazione di temperatura ΔT

$$\alpha = \frac{\Delta L}{\Delta T \cdot L_0} \quad [\text{m} / (\text{m} \text{ } ^\circ\text{C})]$$

Nella tabella sono riportati i coefficienti di dilatazione lineare media nell'intervallo tra 20 e 100 °C dei principali metalli.

Dalla formula si ricava che il coefficiente α rappresenta l'aumento di lunghezza di un pezzo di lunghezza unitaria quando la sua temperatura aumenta di 1 °C. Ad esempio, una barra di alluminio lunga 1 m si dilata di 24 μm (0.000024 m) all' aumentare di 1 °C della sua temperatura.

Metallo	α [m / (m °C)]
Platino	0,000 009
Ghisa	0,000 010
Acciaio	0,000 012
Nichel	0,000 013
Oro	0,0000 14
Rame	0,0000 17
Zinco	0,000 017
Bronzo, Ottone	0,000 018
Argento	0,0000 20
Stagno	0,000 023
Alluminio	0,000 024
Piombo	0,000 029

Proprietà fisiche

Temperatura di fusione

Se riscaldiamo un pezzo di ferro fino a portarlo alla temperatura di 1535 °C il ferro fonde, cioè passa dallo stato solido a quello liquido.

Il piombo fonde invece a 327 °C, cioè ad una temperatura inferiore a quella del ferro.

La temperatura di fusione è la temperatura alla quale un materiale comincia a passare dallo stato solido a quello liquido.

La temperatura di fusione è caratteristica di ogni materiale ed è anche chiamata punto di fusione.

Nella tabella a fianco sono riportati i punti di fusione di alcuni metalli puri.

Metallo	T (°C)
Tungsteno	3380
Platino	1769
Nichel	1453
Acciaio	1300 - 1400
Rame	1083
Oro	1063
Argento	960
Alluminio	630
Zinco	419
Piombo	330
Stagno	232

Calore latente di fusione

Quando un materiale ha raggiunto la temperatura alla quale ha inizio la fusione è necessario continuare a fornire calore affinché la fusione avvenga completamente. Questo calore che si deve continuare a fornire è detto calore latente di fusione.

Durante la cessione di questo calore se il materiale è un metallo puro, la temperatura rimane costante, il calore latente evidenzia la differenza fisica fra temperatura e calore.

Solitamente, quando cediamo calore ad un corpo, la sua temperatura aumenta, mentre diminuisce se lo sottraiamo.

Quando invece il corpo ha un passaggio di stato (ad esempio, passa da solido a liquido) la sua temperatura non varia anche se cede o assorbe calore.

I metalli puri fondono mantenendo la temperatura costante.

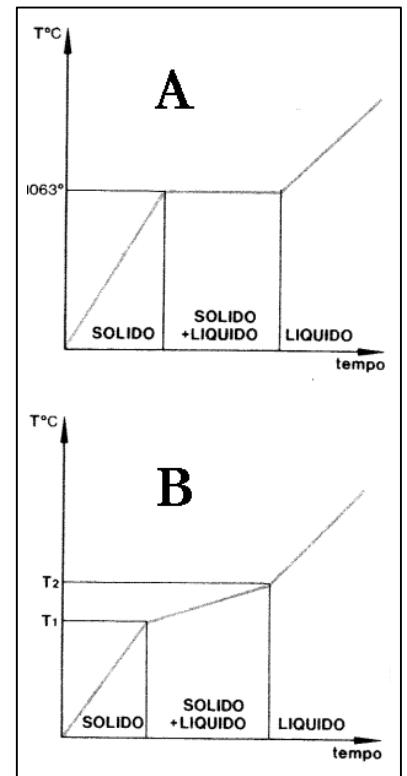
Le leghe invece iniziano la fusione ad una temperatura (T_1) e la completano ad una temperatura diversa (T_2).

Se riscaldiamo, ad esempio, una certa quantità di oro in un forno, notiamo che la temperatura indicata dal termometro prima sale e poi si stabilizza a 1063 °C (temperatura alla quale l'oro fonde), per poi salire ancora quando l'oro è passato completamente allo stato liquido.

Le temperature rilevate ad intervalli di tempo regolari vengono registrate in una tabella.

In base ai dati della tabella è possibile costruire un grafico che mostra chiaramente la costanza della temperatura nel periodo entro il quale l'oro passa dallo stato solido allo stato liquido (A).

Se ripetiamo l'esperienza, invece che con oro puro, con una lega oro-platino, possiamo osservare che la temperatura sale sempre nel tempo, senza avere un punto di stabilizzazione, anche se durante il passaggio di stato (tra T_1 e T_2) sale meno rapidamente (B).



Conduttività termica

Se riscaldiamo le estremità di due barre di metallo diverso, noteremo all'altra estremità, dopo breve tempo, due temperature diverse. Ciò è dovuto al fatto che i due materiali hanno una diversa capacità di condurre il calore. I materiali possono essere buoni o cattivi conduttori di calore. Sono buoni conduttori di calore il rame, l'alluminio, l'argento, l'oro e i metalli in generale.

Sono cattivi conduttori di calore l'antimonio, il polistirolo espanso, l'amianto, la lana di vetro, il legno, la porcellana ed in generale i non metalli. Negli impianti termici, ad esempio, assumono notevole importanza i materiali cattivi conduttori di calore, detti anche isolanti, che servono ad impedire la dispersione del calore e quindi a risparmiare energia.

Conduttività elettrica

Se prendiamo due fili di metalli differenti ed applichiamo una stessa tensione ai loro capi, noteremo che essi saranno attraversati da due correnti di intensità diversa, l'intensità di corrente sarà maggiore nel filo di materiale che ha maggiore conduttività elettrica.

La conduttività elettrica è l'inverso della resistività elettrica.

Sono buoni conduttori di elettricità il rame, l'argento, l'alluminio e i metalli in generale.

Sono cattivi conduttori di elettricità il carbone, la porcellana, il vetro, il legno e i non metalli in generale, che vengono detti per questo isolanti.

La conduttività elettrica interessa la scelta dei materiali nel campo delle costruzioni elettriche.

Proprietà meccaniche

Tipi di sollecitazioni

Le proprietà meccaniche riguardano la capacità dei materiali di resistere alle sollecitazioni dovute all'azione di forze applicate dall'esterno, che tendono a modificarne la forma e le dimensioni.

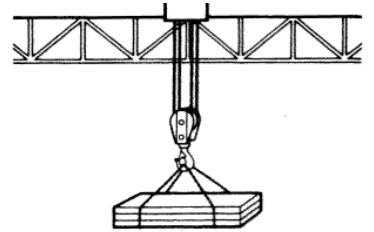
Le forze applicate ai materiali possono essere di tipo diverso e i materiali hanno una diversa capacità di resistere ai vari tipi di forze.

Le forze infatti possono variare per il tempo di applicazione, per il punto o la superficie di applicazione, per la direzione che hanno rispetto al corpo stesso, ecc.

Forze statiche

Le forze applicate con gradualità e continuità nel tempo (ad es. per più di un minuto) sono dette statiche. La capacità dei materiali di resistere a forze statiche è detta resistenza meccanica.

A seconda del modo in cui agiscono, le forze statiche si distinguono in: forze di trazione, di compressione, di flessione, di torsione e di taglio. Sono soggetti, ad esempio, a sollecitazioni di trazione i ganci e le funi delle macchine di sollevamento.

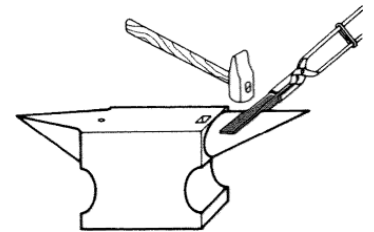


Forze dinamiche

Se le forze sono applicate in tempi brevi, (ad esempio sotto forma di urto, per meno di 1/10 di secondo) vengono dette dinamiche.

La resistenza dei materiali alle forze dinamiche è detta resilienza.

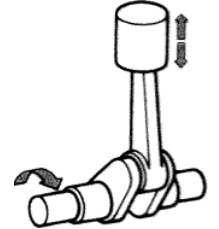
Sono soggetti a queste forze, ad esempio, i martelli o le mazze dei magli e le incudini.



Forze periodiche

Quando le forze hanno un carattere ripetitivo nel tempo (ad esempio, forze che agiscono decine di volte ogni secondo), vengono dette forze periodiche.

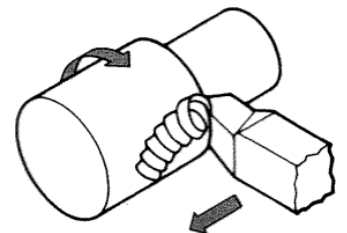
La resistenza dei materiali alle forze periodiche è detta resistenza a fatica. Sono soggetti a queste forze, ad esempio, gli alberi a gomito e le bielle.



Forze concentrate

La resistenza dei materiali a forze applicate in zone ristrette o puntiformi è detta durezza.

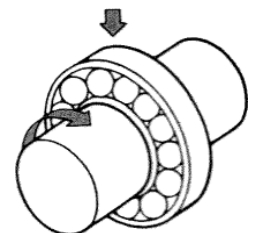
Sono soggetti a queste forze i materiali lavorati con asportazione di truciolo.



Forze di attrito

La resistenza dei materiali applicate su contatti mobili è detta resistenza all'usura.

Sono soggetti a queste forze gli organi meccanici di trasmissione (ruote dentate), gli alberi e i cuscinetti, le guide di scorrimento, ecc.



Proprietà meccaniche

Tipi e sollecitazioni statiche

Si definisce sollecitazione l'insieme di forze esterne (o carichi) agenti su di un corpo, i vari tipi di sollecitazione si distinguono in base alla direzione di applicazione delle forze rispetto all'asse geometrico del solido.

I principali tipi di sollecitazione sono: trazione, compressione, torsione, flessione, taglio; Queste sollecitazioni sono chiamate semplici.

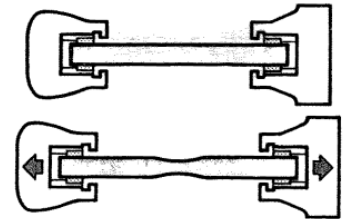
Ovviamente, un solido può essere sottoposto a più di una sollecitazione semplice contemporaneamente, in questo caso si hanno sollecitazioni composte.

Ad esempio, un albero di trasmissione è quasi sempre sottoposto a sollecitazioni di torsione e di flessione contemporaneamente.

Sollecitazione di trazione

Un corpo si dice sollecitato a trazione quando due forze di uguale intensità sono dirette lungo l'asse geometrico del corpo e tendono ad allungarlo.

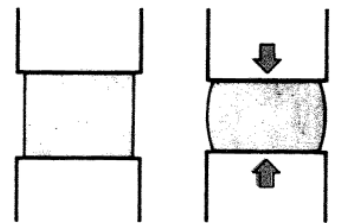
È il caso, ad esempio, delle funi metalliche o delle catene che sorreggono carichi sospesi.



Sollecitazione di compressione

Un corpo si dice sollecitato a compressione quando le forze, dirette lungo l'asse, tendono ad accorciarlo.

È il caso ad esempio dei basamenti delle macchine utensili, dei pilastri negli edifici, dei pezzi stretti nella morsa, ecc.

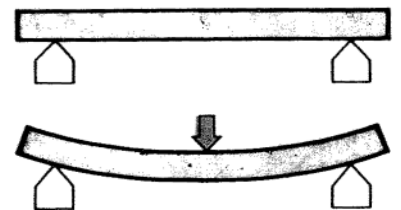


Sollecitazione di flessione

Un corpo è sollecitato a flessione quando la forza applicata tende a piegarlo (o a fletterlo).

La direzione della forza è perpendicolare all'asse del pezzo e giace nel piano passante per l'asse geometrico stesso.

Questa sollecitazione è caratteristica, ad esempio, delle travi, degli alberi, dei bracci di sostegno, ecc.

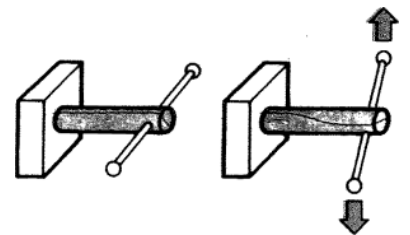


Sollecitazione di torsione

Un corpo è sollecitato a torsione quando è sottoposto ad una forza che tende a far ruotare una sezione del pezzo rispetto alla sezione immediatamente adiacente.

Le forze giacciono sul piano perpendicolare all'asse del pezzo e tendono a torcerlo.

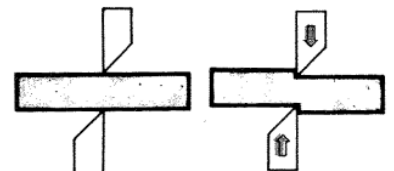
È questa la sollecitazione cui sono sottoposti, ad esempio, gli alberi di trasmissione di una macchina, le maniglie delle porte, ecc.



Sollecitazione di taglio

Un corpo è sollecitato a taglio per effetto di una forza applicata soltanto su una parte del corpo stesso, che tende, di conseguenza, a scorrere rispetto all'altra parte, mantenuta fissa da una forza contraria.

La sollecitazione a taglio si ha nella chiodatura delle lamiere, nelle linguette per pulegge, negli spinotti, ecc. il caso tipico di sollecitazione a taglio è quello di una lamiera sottoposta all'azione della cesoia.



Resistenza meccanica

Resistenza meccanica

La resistenza meccanica è la capacità dei materiali di resistere a forze statiche esterne, tendenti a modificarne la forma e la dimensione.

La resistenza meccanica dei materiali ai vari tipi di sollecitazione statica può essere misurata con prove specifiche: di trazione, di compressione, di torsione, di flessione, di taglio, ecc.

La prova più importante è quella di trazione statica dalla quale si rilevano le proprietà di resistenza, di deformabilità e di elasticità del materiale, cioè tutte le proprietà mediante le quali si classificano, si designano e si scelgono i materiali.

Infatti, la conoscenza della resistenza a trazione di un materiale permette di stabilire, mediante calcoli appropriati, anche i valori relativi agli altri tipi di resistenza meccanica, senza dover ricorrere alle prove specifiche.

Le prove specifiche di compressione, di taglio, di flessione e di torsione vengono eseguite solo in casi particolari; ad esempio, nel collaudo di pezzi finiti

Prova di trazione statica

La prova consiste nel sottoporre una provetta unificata del materiale in esame ad un carico di trazione applicato gradatamente e con continuità fino a provocarne la rottura. Le variazioni di allungamento con l'aumentare del carico impresso vengono registrate o per punti (e allora si ottiene una tabella) o in modo continuo (e allora si ottiene un grafico). Generalmente, un materiale sottoposto a trazione crescente manifesta cinque momenti o fasi differenti di:

allungamento:

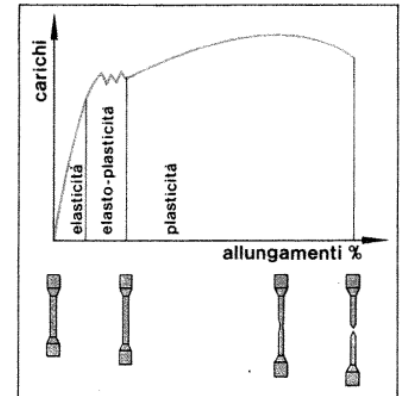
elasticità e proporzionalità

sola elasticità (senza proporzionalità)

elasticità e plasticità

snervamento

rottura.



Fase di elasticità e proporzionalità

In una prima fase, quando il materiale è sottoposto ai primi carichi, l'allungamento cresce proporzionalmente al carico impresso. Al cessare del carico la provetta riacquista le dimensioni iniziali.

In questa fase, se si raddoppia o si triplica il carico, anche l'allungamento raddoppia o triplica.

Se, ad esempio, aumentiamo il carico di una stessa quantità (es. 10 N alla volta), l'allungamento aumenta sempre dello stesso valore (es. di 0,1 mm ad ogni carico aggiunto). Se si toglie il carico non permane alcuna deformazione.

Fase di sola elasticità

In una seconda fase, aumentando il carico, il materiale è ancora elastico, cioè le deformazioni permanenti sono trascurabili rispetto a quelle elastiche.

In questa fase, non viene rispettata la legge di proporzionalità, cioè la provetta si allunga di più, e in modo non più proporzionale al carico. Ad esempio, aggiungendo altri 10 N di carico, in questa fase l'allungamento cresce non più di 0,1 mm, ma di 0,2 mm, poi di 0,3 mm per altri 10 N, e così via.

Se togliamo il carico non permane alcuna deformazione e la provetta riassume la lunghezza primitiva.

Fase di elasticità e plasticità

Oltre questo carico, la provetta comincia a subire delle deformazioni che permangono, in parte, anche dopo aver eliminato il carico.

Questa fase è detta di elasto - plasticità, perché il materiale presenta deformazioni sia plastiche (permanenti), sia elastiche (che scompaiono).

Se togliamo il carico l'allungamento si riduce, ma la provetta non riassume le dimensioni iniziali.

Fase di snervamento

Si ha lo snervamento quando la deformazione della provetta aumenta per la prima volta senza che il carico aumenti, oppure quando il carico diminuisce. Il carico che provoca questo cedimento si chiama carico di snervamento. Questa fase non compare nei materiali fragili come le ghise o gli acciai duri (ad elevato tenore di carbonio), i quali arrivano a rottura sotto un carico determinato senza passare attraverso la fase di snervamento.

Il carico di snervamento caratterizza l'inizio della fase plastica che precede la rottura della provetta.

Fase di rottura

Dopo lo snervamento se aumentiamo ancora il carico la provetta continua a deformarsi plasticamente fino all'improvvisa rottura.

In questa fase, nella zona di rottura della provetta, la sezione si stringe visibilmente, presenta il cosiddetto fenomeno della strizione.

In generale la rottura non coincide con il carico massimo. Infatti, la provetta, prima di rompersi, si allunga anche se il carico diminuisce.

Resistenza meccanica

provette unificate

Le provette per la prova di trazione sono costituite da una parte cilindrica o prismatica (detta « tratto utile ») sulla quale deve essere misurato l'allungamento, raccordata alle estremità a due teste di forma opportuna che vengono afferrate dagli organi di presa della macchina.

Le teste possono avere qualunque forma appropriata ai dispositivi di serraggio della macchina di prova. L'esperienza ha dimostrato che i risultati della prova sono influenzati sensibilmente dalle dimensioni della provetta.

Per questo le norme UNI (Unificazione Nazionale Italiana) prescrivono il modo di prelievamento, la forma, le dimensioni e la preparazione delle provette al fine di ottenere valori attendibili, ripetibili e confrontabili.

In figura sono rappresentate due tipiche provette per la prova di trazione; una a sezione circolare (A) e una a sezione rettangolare. Il tratto utile per la misurazione degli allungamenti è compreso tra due tratti, che all'inizio della prova si trovano ad una distanza L_0 che varia a seconda del tipo di provetta. La sezione S_0 della provetta è un dato che deve essere conosciuto con precisione perché serve a determinare i carichi unitari che caratterizzano la resistenza del materiale.

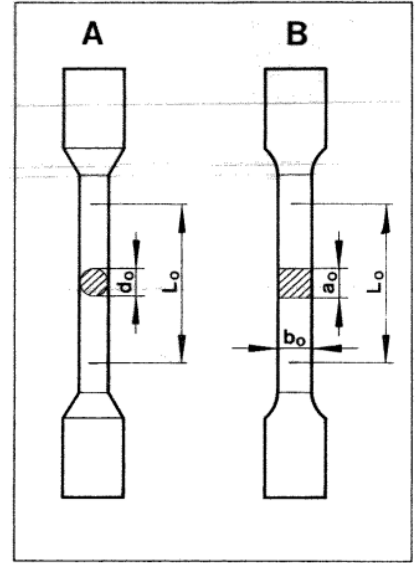


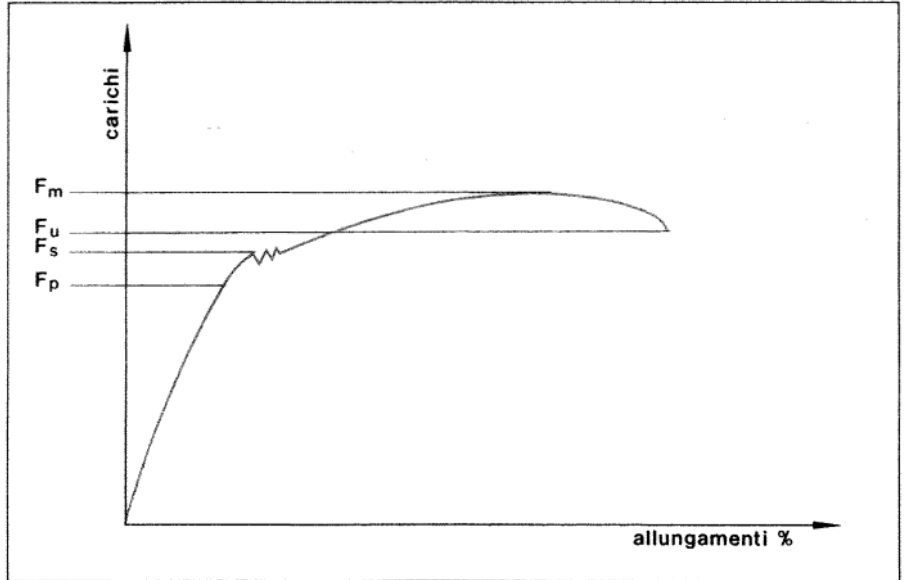
Diagramma della prova di trazione

Durante la prova di trazione, l'apparato registratore della macchina traccia un diagramma carichi - allungamenti il cui andamento è caratteristico per ciascun materiale.

Il diagramma può essere costruito per punti, trascrivendo su una tabella i valori dei carichi e dei corrispondenti allungamenti.

In figura è rappresentato il diagramma di un acciaio dolce (a basso tenore di carbonio), cioè di un materiale duttile. Da questo diagramma si rilevano i seguenti carichi caratteristici:

- F_p = carico di scostamento dalla proporzionalità
- F_s = carico di snervamento
- F_m = carico massimo
- F_u = carico ultimo

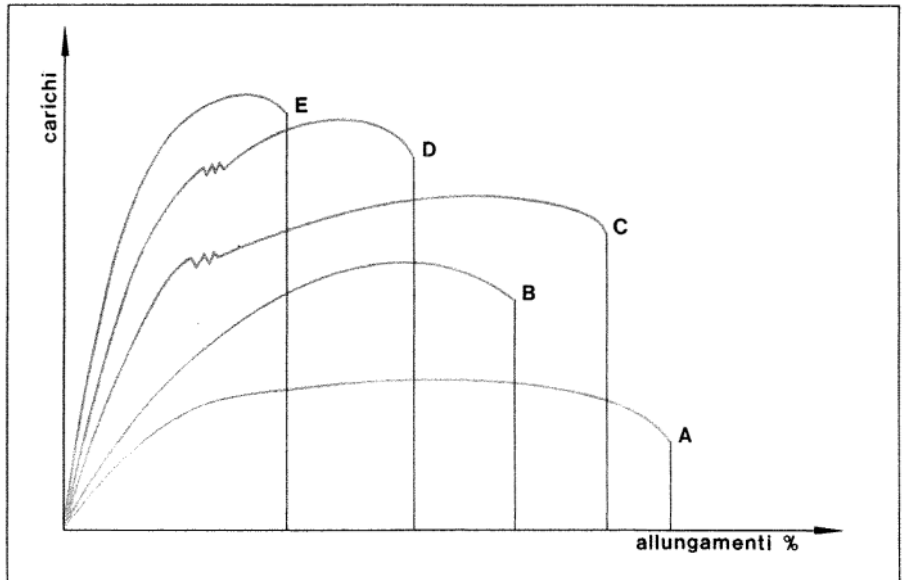


Esempi di diagrammi di materiali diversi

Nella figura a fianco sono rappresentati i diagrammi di vari materiali, sottoposti alla prova di trazione.

- A Rame
- B Ghisa
- C Acciaio a basso tenore di carbonio
- D Acciaio ad alto tenore di carbonio
- E Acciaio bonificato

Si noti che nella ghisa, nel rame e nell'acciaio bonificato (materiali fragili) non compare la fase di snervamento.



Resistenza meccanica

Carichi unitari

Dai valori dei carichi totali impressi alla provetta si ricavano, dividendo per la sezione iniziale della provetta (S_0) i carichi unitari ($R = F / S_0$) che sono indici delle caratteristiche del materiale in esame e non dipendono dalla sezione della provetta, infatti, qualunque sia la sezione della provetta, il carico unitario di un determinato acciaio è sempre lo stesso, se non vi sono difetti di fabbricazione.

L'unità di misura dei carichi è il N/mm². L'unità di misura usata prima dell'introduzione del S.I. era il kg/mm². Si ricorda che: 1 kg = 9,8 N

Carico di scostamento dalla proporzionalità F_p

Rappresenta il valore di carico "sotto il quale" si verifica un allungamento elastico e plastico non proporzionale, il valore dell'allungamento, espresso in percentuale, viene prestabilito e deve essere il più piccolo possibile, compatibilmente con le possibilità di registrazione della macchina con la quale si esegue la prova di trazione. In pratica il carico si ricava dall'intersezione tra la curva del diagramma e una parallela alla retta che rappresenta la fase di proporzionalità, scostata rispetto a quest'ultima di una distanza pari a un allungamento prefissato (ad esempio 0,002 % di L_0).

il carico unitario di scostamento dalla proporzionalità è ottenuto dividendo il carico di proporzionalità per la sezione iniziale della provetta.

Il carico di scostamento dalla proporzionalità sostituisce il carico limite di proporzionalità che in pratica non può essere determinato, cioè il carico massimo sotto il quale il materiale subisce piccole deformazioni, che comunque vengono annullate se eliminiamo la forza che le provoca. Superato questo valore, le deformazioni, anche se elastiche, non sono più proporzionali ai carichi.

$$R_p = \frac{F_p}{S_0}$$

carico di snervamento F_s

Rappresenta il massimo valore di carico sotto il quale il materiale della provetta continua ad allungarsi, anche se il carico stesso non aumenta ulteriormente o diminuisce. Il carico unitario di snervamento è ottenuto dividendo il carico di snervamento per la sezione iniziale.

Le deformazioni che il materiale subisce possono essere inammissibili per le tolleranze dei pezzi. Per questo i progetti di molte strutture vengono eseguiti considerando il carico di snervamento invece che quello massimo.

$$R_s = \frac{F_s}{S_0}$$

Carico massimo F_m

Rappresenta il valore massimo del carico raggiunto durante la prova di trazione condotta fino a termine. Questo valore è convenzionale in quanto il carico non è sopportato dalla sezione iniziale S_0 , bensì da una sezione decisamente inferiore per la deformazione subita dalla provetta.

Il carico massimo unitario è dato dal rapporto fra il carico massimo e la sezione iniziale della provetta.

Nonostante il suo valore convenzionale il carico unitario massimo è la più importante caratteristica meccanica rilevata con la prova di trazione.

$$R_m = \frac{F_m}{S_0}$$

Modulo di elasticità E

Il modulo di elasticità serve per calcolare le inflessioni delle strutture soggette a sforzi (travi inflesse, bracci di gru, ponti, ecc.).

Desunto dalla prova di trazione è il rapporto fra il carico unitario entro il limite di proporzionalità (cioè per $F < F_p$) e la deformazione longitudinale unitaria.

È un indice del grado di rigidità (o di deformabilità) dei materiali sottoposti a trazione o a compressione, non va confuso con il concetto di elasticità che abitualmente attribuiamo ai materiali,

Il ferro, infatti, ha modulo di elasticità maggiore della gomma perché si deforma meno a parità di carico.

$$E = \frac{F \cdot L_0}{S_0 \cdot \Delta L}$$

Allungamento percentuale dopo rottura (A %.)

Se dopo la rottura si ricongiungono gli spezzoni della provetta, si può misurare la lunghezza L_u raggiunta dalla provetta tra i tratti di riferimento inizialmente a distanza L_0 (pari a 5 diametri).

Si definisce l'allungamento come il rapporto fra l'allungamento permanente della lunghezza utile della provetta dopo rottura, espresso in percentuale della lunghezza iniziale L_0 .

L'allungamento è l'indice più efficace per esprimere la deformabilità e quindi la lavorabilità di un materiale.

È una proprietà intrinseca della materia, del suo stato, della forma e della distribuzione dei costituenti strutturali; è influenzato, inoltre, dalle dimensioni, dalla forma e dalla lavorazione della provetta e dalla posizione in cui avviene la rottura.

La lavorabilità è tanto maggiore quanto maggiore è l'allungamento. Lo stesso vale per la plasticità e per la tenacità.

$$A \% = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100$$

Resistenza meccanica

Macchina per le prove di trazione

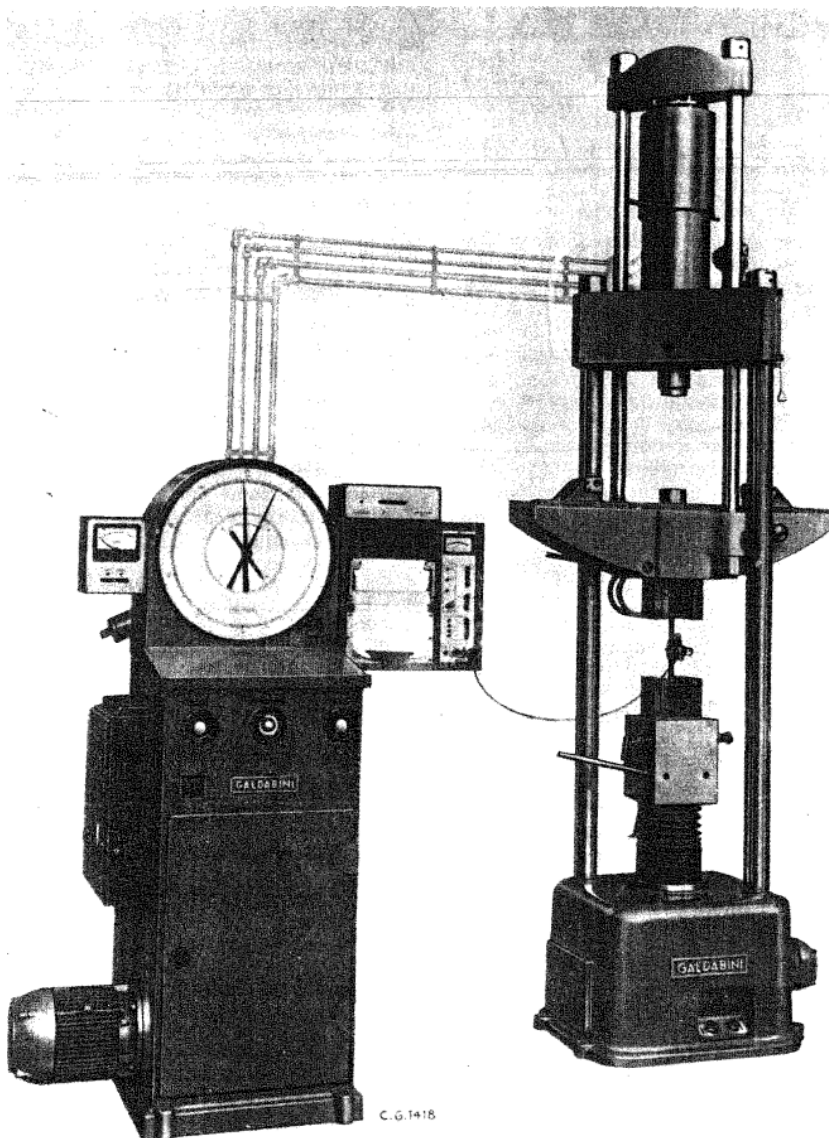
In figura è illustrata una macchina per le prove di trazione su provette unificate.

In genere, le macchine per le prove di trazione sono di tipo universale, cioè sono in grado di eseguire anche prove di flessione, compressione, taglio e piegamento.

La macchina è costituita da una incastellatura che regge l'apparato di trazione che funziona sul principio del torchio idraulico.

L'olio sotto pressione è inviato da una pompa ad un pistone che solleva una traversa collegata agli organi di presa della provetta.

Il circuito oleodinamico contiene gli organi di regolazione sia della pressione dell'olio che determina il carico, sia della velocità di aumento del carico, sia dei tempi di applicazione. L'apparato misuratore è in genere costituito da un dinamometro a pendolo che fornisce direttamente su un quadrante il valore del carico.



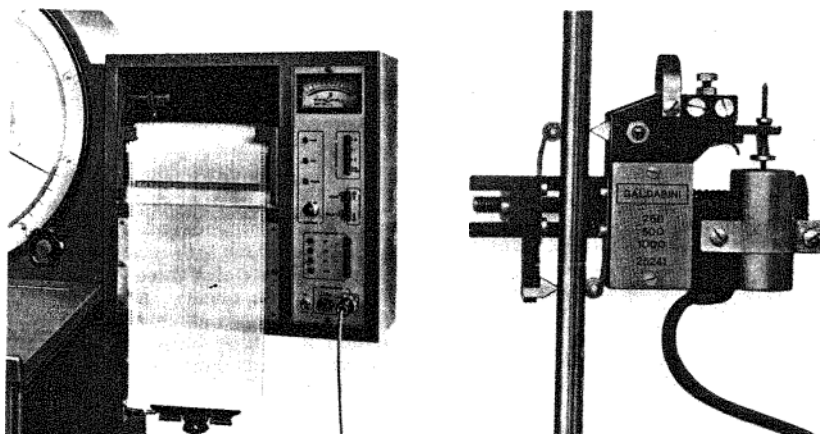
Apparato registratore

Al dinamometro è collegato un dispositivo per la registrazione delle deformazioni della provetta, al variare del carico, che fornisce direttamente il grafico della prova.

Il dispositivo è costituito da un pennino scrivente, collegato al dinamometro, che si sposta in modo proporzionale alla variazione del carico applicato alla provetta.

Contemporaneamente, il cilindro, su cui è avvolto un foglio millimetrato, ruota in modo proporzionale all'allungamento subito dalla provetta.

La rotazione è comandata da un estensimetro (meccanico o elettronico) che registra e amplifica gli allungamenti.



Fatica e usura

Resistenza alla fatica e all'usura

L'esperienza insegna che un pezzo meccanico offre una certa resistenza se viene sottoposto a un carico costante. Presenta invece una resistenza minore se è sottoposto ad un carico di intensità variabile nel tempo e ripetuto più volte.

Ad esempio, un tondino di ferro che sopporta una trazione costante di 100 kg, può invece spezzarsi in breve tempo se viene sottoposto ad un carico che vari rapidamente e ripetutamente da un minimo di 0 ad un massimo di 50 kg.

Le sollecitazioni ripetute nel tempo producono una specie di affaticamento del materiale. Le rotture prodotte in questo modo sono denominate rotture per fatica.

Le rotture per fatica sono molto pericolose perché si verificano istantaneamente, senza segni premonitori (allungamenti locali), anche se il carico è inferiore al carico di rottura.

Le cause della rottura per fatica non sono quindi da attribuire all'intensità della forza impressa, ma ad intagli e cricche superficiali, variazioni brusche di sezione, corrosione, disomogeneità del materiale, rugosità, tempra troppo brusca, ecc.

In questi casi si forma una piccolissima cricca locale che, col tempo, si allarga a tutto il pezzo fino al cedimento totale, brusco ed improvviso.

La presenza di cricche all'interno di un materiale metallico può essere rivelata mediante esami radiografici, magnetoscopici, con gli ultrasuoni o con liquidi penetranti fosforescenti.

Prova di fatica

La prova consiste nel sottoporre una provetta unificata del materiale in esame all'azione di carichi noti, ripetuti nel tempo, e nel determinare il numero di azioni da carico, dette cicli (N) sopportato dalla provetta prima di rompersi.

Per ciclo s'intende l'insieme dei valori assunti dalla sollecitazione in un periodo, ad esempio: un giro, per un albero rotante sottoposto a flessione, o un colpo per un martello pneumatico. Le prove di fatica non sono state unificate per quanto concerne la parte esecutiva.

Si seguono, perciò, molti procedimenti e si usano macchine diverse che si differenziano per: genere della sollecitazione (flessione rotante, assiale, torsionale); variazione del carico (a carico costante o variabile); natura della provetta (provetta convenzionale, oggetto in scala o reale).

Una delle prove più diffuse è quella eseguita con la macchina di Schenck per la flessione rotante.

Macchina Schenck per la prova di fatica

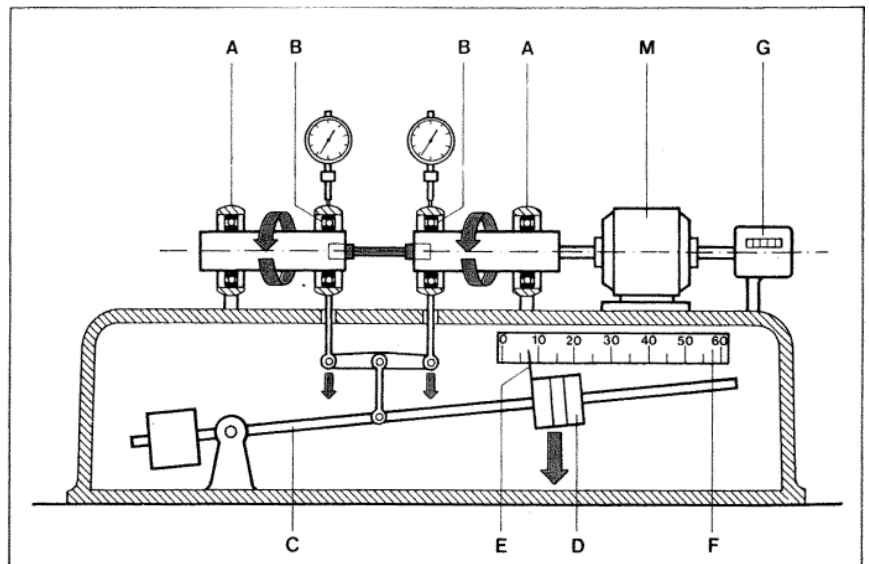
La macchina è costituita da una incastellatura in ghisa su cui sono montati i supporti a cuscinetto della provetta, posta in rotazione da un motore M.

Sulla provetta sono montati due cuscinetti provvisti di tiranti che imprimono il carico.

Il carico è trasmesso ad una stadera C, munita di un peso D. Se si sposta il peso D verso destra aumenta il carico impresso alla provetta.

Una lancetta E, collegata al peso D segna sulla scala graduata F il valore del carico impresso.

Vicino al motore vi è un contagiri G e un sistema per bloccare la macchina quando la provetta si rompe.



Condizione della prova

Normalmente la prova viene eseguita sottoponendo a flessione una serie omogenea di provette, con carichi decrescenti. Si tenga presente che diminuendo il valore della sollecitazione unitaria cresce il numero di cicli a cui il pezzo può resistere.

In generale si parte applicando alla provetta una sollecitazione di poco inferiore al carico di rottura statico, in modo che il numero di cicli occorrente per rompere la provetta sia limitato, si ripete la prova numerose volte applicando sollecitazioni sempre più piccole. È evidente che minore è il carico maggiore sarà il numero di cicli sopportati dalla provetta prima di rompersi.

Con i risultati ottenuti si compila una tabella dei carichi e del numero di cicli corrispondenti. Riportando i dati della tabella in un diagramma, si ricava il carico limite di fatica.

Fatica e usura

Diagramma della prova di fatica (o diagramma di Wöhler)

I risultati delle prove vengono riportati in un diagramma su cui, in verticale, sono riportati i carichi mentre in orizzontale sono riportati i corrispondenti numeri di cicli (N) ai quali la provetta ha resistito.

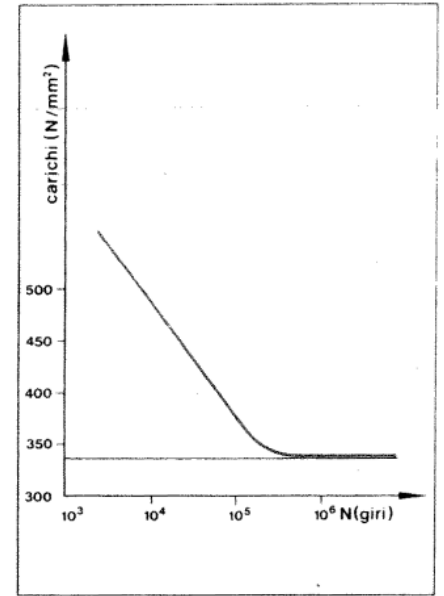
Unendo i punti delle singole prove si ottiene una curva, rappresentata in figura.

Si assume come carico di fatica il carico corrispondente al tratto della curva parallelo all'asse orizzontale.

Per tale valore del carico, o per carichi inferiori, il materiale della provetta ha una resistenza alla fatica che si può ritenere illimitata.

Confrontando il carico di rottura con il carico limite di fatica, si può vedere che per gli acciai al carbonio il carico di fatica è circa la metà del carico di rottura alla trazione.

Per le leghe del rame, le leghe leggere e quelle ultraleggere il carico limite di fatica è 0,3 ~ 0,4 volte il carico di rottura.



Resistenza all'usura

L'usura è il deterioramento meccanico che avviene sulle superfici di contatto fra organi meccanici accoppiati, in movimento uno rispetto all'altro. L'effetto prodotto dall'usura consiste nella riduzione del peso e delle dimensioni degli elementi accoppiati, in conseguenza dell'asportazione di piccole particelle di materiale.

Le cause dell'usura sono da attribuire al fatto che le superfici di contatto non sono perfettamente piane, ma hanno piccolissime sporgenze che, durante il movimento, si urtano l'una contro l'altra.

L'urto di queste sporgenze genera forze, cosiddette di attrito, che si oppongono al moto e causano perdite di energia che viene dissipata sotto forma di calore.

Le forze di attrito responsabili dell'usura delle superfici sono direttamente proporzionali alla pressione fra le superfici di contatto e aumentano con la velocità relativa delle superfici stesse. L'usura è quindi favorita da una cattiva finitura superficiale ed aumenta quando le particelle staccate rimangono aderenti alla superficie di lavoro.

Per realizzare le condizioni di minima usura bisogna impiegare materiali con una grande durezza superficiale e con superfici a bassa rugosità. Per diminuire ulteriormente l'usura si ricorre alla lubrificazione forzata che, oltre ad impedire un contatto diretto fra le superfici, asporta le particelle di usura che si vadano formando. Un altro accorgimento per diminuire l'usura è costituito dall'applicazione di cuscinetti a rulli o a sfere agli elementi accoppiati.

Prove di usura

Le prove di usura non sono unificate e sono di vario tipo. Ognuna cerca di riprodurre e di precisare particolari condizioni di esercizio più o meno complesse.

Una delle prove più conosciute è quella che concerne l'usura di rotolamento e di strisciamento tra due superfici. Due corpi a forma di disco vengono fatti ruotare uno contro l'altro in senso inverso.

L'usura deriva dall'attrito tra le superfici a contatto. Scegliendo opportunamente i diametri e regolando la pressione tra i due dischi, la velocità di rotazione e i tempi della prova, si possono indagare diverse forme d'attrito e ricavare informazioni sui diversi gradi di usura (tassi di usura).

Il tasso di usura viene calcolato sulla base della differenza tra le masse iniziali dei due dischi e quelle riscontrate al termine della prova. Con le prove di usura si ricava anche il coefficiente di attrito f , caratteristico del materiale in esame, definito dalla formula

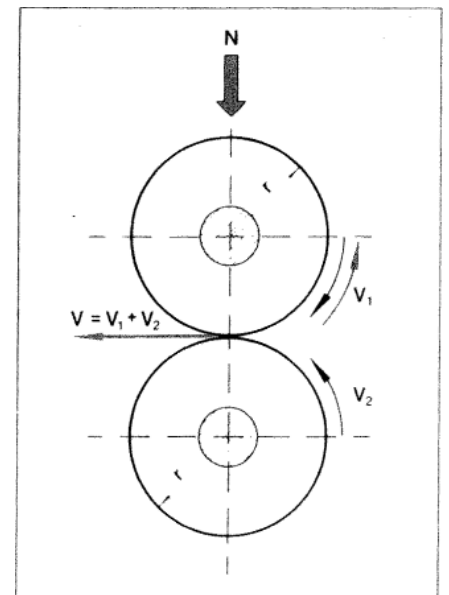
$$f = \frac{M_a}{N \cdot r}$$

dove:

M_a = momento di attrito

N = forza normale al piano di contatto tra le superfici

r = raggio dei dischi a contatto



Resilienza

Resilienza

La resilienza è la proprietà dei materiali di resistere ad urti o strappi (a sforzi cioè applicati in tempi brevissimi).
La resilienza è l'inverso della fragilità, cioè quanto più grande è la resilienza tanto è minore la fragilità e viceversa.

Il grado di resilienza di un materiale fornisce preziose indicazioni sulle caratteristiche del materiale: orienta sulla scelta dei materiali destinati a subire urti (incudini, trince, mazze, ecc.); condiziona i parametri dei trattamenti termici (temperatura, tempi e velocità di raffreddamento); precisa lo stato di un materiale sottoposto a lavorazione plastica (ad esempio fragilità in seguito a incrudimento).

I materiali con buona resilienza sono tenaci, cioè hanno buon allungamento sotto trazione buona resistenza allo sforzo di trazione. In generale gli acciai sono tenaci e hanno buona resilienza.

I materiali con scarsa resilienza, detti fragili, sono di solito più duri e hanno scarso allungamento. Sono fragili quei materiali che non possono assorbire, mediante deformazioni senza rottura gli urti ai quali sono sottoposti. Le ghise sono generalmente fragili, cioè hanno scarsa resilienza.

Prova di resilienza

L'indice della resilienza dei materiali viene ottenuto con una prova pratica, consistente nel misurare il lavoro L necessario per rompere con un sol colpo una provetta unificata del materiale in esame, di sezione S_0 .

La resilienza K è espressa dal rapporto
$$K = \frac{L}{S_0}$$

L'unità di misura della resilienza è J/cm^2 .

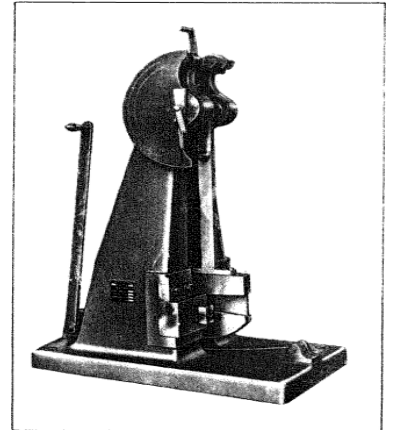
Pendolo di Charpy

La macchina per eseguire la prova di resilienza è nota col nome di pendolo Charpy.

Il pendolo Charpy consiste in una pesante mazza che scende per gravità dall'alto, incontra sulla sua traiettoria pendolare una provetta unificata, la rompe e continua la sua corsa oltre la provetta risalendo fino ad una certa quota.

La macchina è tarata per dare immediatamente su un quadrante il valore dell'energia assorbita dalla provetta.

Oltre alla provetta, anche gli appoggi della macchina e la testa della mazza che colpisce la provetta devono possedere forma e dimensioni unificate per garantire alla prova valori attendibili, confrontabili e ripetibili



Indice di resilienza

Il lavoro assorbito dalla provetta nell'urto è dato dalla differenza, fra l'energia posseduta dal pendolo all'inizio della sua corsa e l'energia che gli rimane per risalire oltre la provetta.

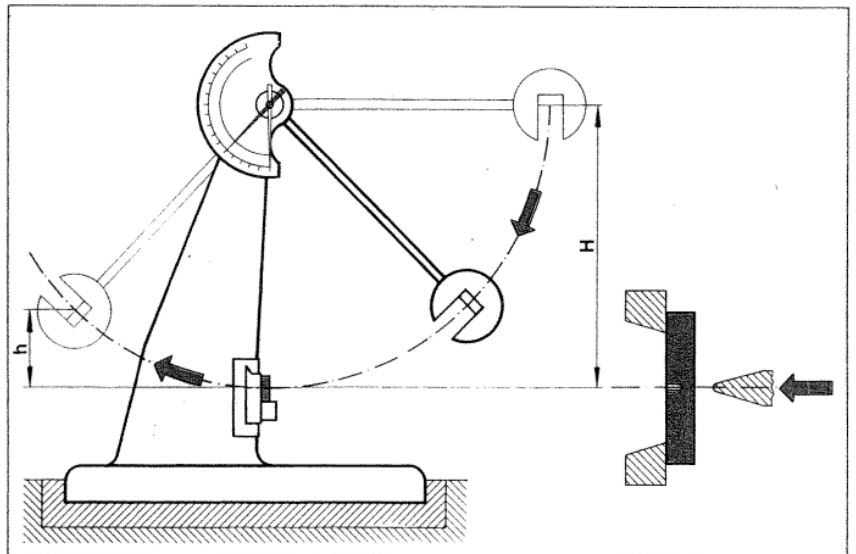
L'energia disponibile prima della caduta è data dal peso P del pendolo moltiplicato per l'altezza di caduta H .
L'energia posseduta dal pendolo quando risale è data dal peso P moltiplicato per l'altezza h di risalita.

Quindi, il lavoro necessario per rompere la provetta è dato da:

$$L = P H - P h$$

Dividendo L per la sezione S_0 della provetta in corrispondenza dell'intaglio, si ottiene l'indice di resilienza

$$K = \frac{L}{S_0}$$



Provette unificate

Per rendere attendibile la prova di resilienza e quindi gli indici che da essa si ricavano è necessario utilizzare provette unificate aventi precise caratteristiche dimensionali e di forma. Solo così infatti gli indici di resilienza di materiali diversi risultano confrontabili.

La provetta unificata più diffusa è del tipo Mesnager ed è costituita da una barretta lunga 55 mm, a sezione quadrata, con il lato di 10 mm e indebolita al centro da un intaglio a U profondo 2 mm.

Questo intaglio ha lo scopo di concentrare lo sforzo al centro della provetta, in modo che la rottura avvenga in quel punto prestabilito.

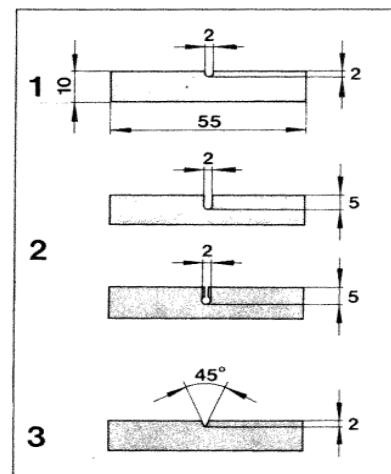
Altre provette unificate utilizzate per gli acciai differiscono dal tipo Mesnager solo per la forma dell'intaglio che può essere a U o a buco di chiave e profondo 5 mm (provette tipo Charpy), oppure a V.

A seconda del tipo di provetta usata varia il simbolo della resilienza:

K per la provetta tipo Mesnager (1)

KCU per le provette tipo Charpy (2)

KV per la provetta a V (3)



Temperatura di transizione

La temperatura ha una grande influenza sulla resilienza dei materiali.

In generale, la resistenza all'urto dei materiali metallici diminuisce leggermente al diminuire della temperatura. Se però la temperatura si abbassa oltre un certo valore la resilienza all'urto diminuisce in maniera brusca e netta.

La temperatura alla quale il materiale ha una brusca caduta di resilienza è detta temperatura di transizione.

Si considerino due provette sottoposte a prova di resilienza.

Per temperature superiori a quella di transizione il materiale è tenace e la provetta subisce delle deformazioni plastiche e talvolta non si rompe neppure. Nella zona di rottura si notano allungamenti e restringimento della sezione.

Per temperature inferiori a quelle di transizione il materiale diventa fragile e la resilienza ha valori molto bassi (fragilità a freddo).

La provetta si rompe nettamente senza manifestare allungamenti, come se la rottura si fosse propagata all'istante a tutta la sezione.

La temperatura di transizione dipende dal tipo di materiale, dalla sua composizione chimica (presenza di particolari impurezze quali l'idrogeno per l'acciaio), dal trattamento termico subito, dalle lavorazioni subite e da altri fattori di minore importanza.

Determinazione della temperatura di transizione

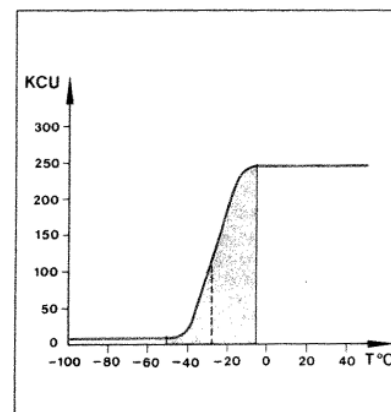
Per conoscere la temperatura di transizione di un materiale si effettuano diverse prove di resilienza su provette assolutamente uguali e a temperature via via decrescenti.

I risultati delle varie prove vengono riportati su un diagramma.

In orizzontale vengono segnate le temperature delle prove e in verticale vengono segnati i corrispondenti valori delle resilienze ottenute.

Unendo i punti si ottiene una curva caratteristica del materiale, dalla quale si ricava che, in corrispondenza di un breve intervallo di temperatura, si ha una brusca variazione dei valori della resilienza (zona di transizione).

Si assume come temperatura di transizione la temperatura intermedia tra i due estremi della zona di transizione.



Importanza della temperatura di transizione nella scelta dei materiali

La conoscenza della temperatura di transizione è molto importante ai fini dell'impiego di un materiale soprattutto quando questo è destinato a subire forti sbalzi di temperatura.

Ciò significa che il pezzo in opera non dovrà lavorare a temperature troppo vicine a quella di transizione per evitare che una improvvisa possibile diminuzione della temperatura provochi una rottura fragile.

Per questo motivo i materiali da impiegare in un ambiente esterno a temperatura ordinaria devono avere una temperatura di transizione inferiore a 20 °C - 30 °C sotto zero.

Per applicazioni a temperature molto basse si usano materiali con temperature di transizione inferiori a 100 °C - 140 °C sotto zero.

Durezza

Durezza

La durezza è la proprietà che hanno i materiali di resistere alla penetrazione di un corpo di materiale duro, in ogni caso più duro del materiale in esame. 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 sulla 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.

In base alla durezza viene effettuata la scelta dei materiali soggetti a sfregamento e degli utensili per lavorazioni meccaniche.

I materiali più duri hanno elevata resistenza alla trazione, sono poco plastici e sono pertanto adatti alle lavorazioni con le macchine utensili

I materiali meno duri sono invece più plastici, hanno bassa resistenza a trazione e sono perciò adatti ad essere lavorati per stampaggio a caldo o a freddo.

La durezza varia con la temperatura del materiale. Al crescere della temperatura la durezza diminuisce.

Prove di durezza

In pratica, il grado di durezza di un materiale viene misurato comprimendo sulla superficie del materiale in esame un penetratore, con una punta di forma, dimensioni e materiale opportuni.

Dalle dimensioni della impronta prodotta sotto un determinato carico, si deduce il grado di durezza del materiale in esame.

Gli apparecchi per l'esecuzione della prova sono detti durometri. 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 ed un valore diverso del carico.

Se, su uno stesso materiale, eseguiamo prove 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.

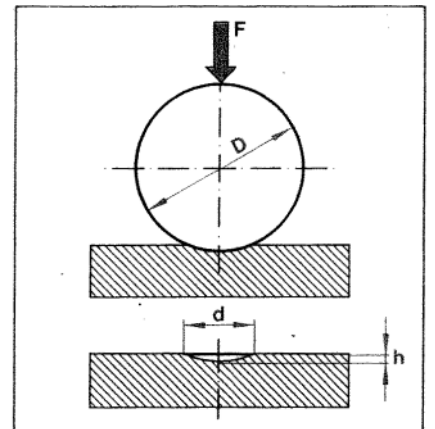
Dopo il numero che dà l'indice di durezza si deve indicare il tipo di prova: HB (Brinell), HR (Rockwell), HV (Vickers)

Prova di durezza Brinell

Il metodo Brinell viene usato in prevalenza per materiali teneri, quali acciai dolci, ottoni, leghe leggere. La prova di durezza Brinell consiste nel far penetrare nel materiale in esame una sfera di acciaio duro, pressata con un carico prestabilito. La durezza risulta, per un certo carico, inversamente proporzionale alla superficie dell'impronta lasciata dalla sfera sul pezzo.

Il diametro della sfera di solito è di 10 mm ed il carico F più usuale è di 3000 kg (29.400 N). Per materiali più teneri, il carico può essere diminuito fino 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.

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



Indice di durezza Brinell HB

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. Con l'introduzione del S.I. il kgf è infatti sostituito dal newton (N) e 0,102 è il fattore di conversione tra le due unità. $1 \text{ N} = 0,102 \text{ kgf}$

Poiché la maggior parte dei durometri in commercio porta ancora le indicazioni dei carichi espressi in kg, in questo capitolo esprimeremo i carichi sia secondo le vecchie unità (kg) sia secondo le nuove (N). Il simbolo HB designa sempre le condizioni normali di esecuzione della prova:

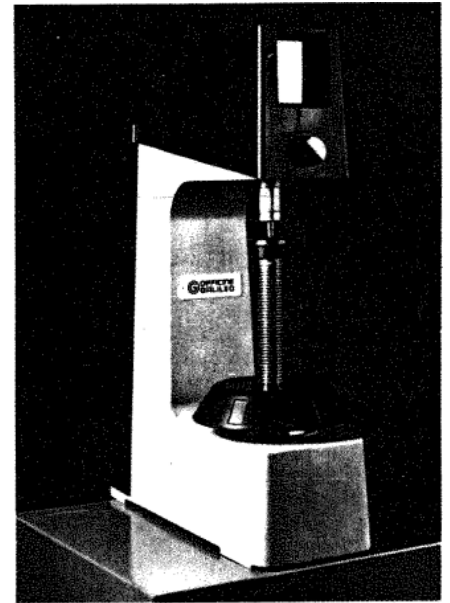
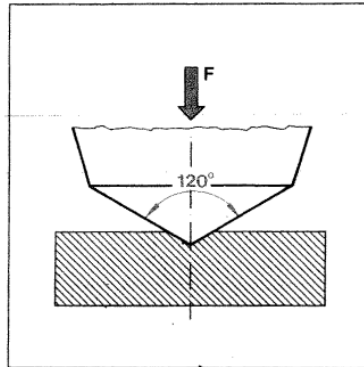
$D = 10 \text{ mm}$; $F = 3000 \text{ kg}$ (29400 N) La durata di permanenza del carico è uguale a ~15. secondi. In condizioni di prova diverse da quelle sopraindicate, il simbolo HB deve essere completato, nell'ordine, dal diametro della sfera in mm, dal carico di prova, in $\text{N} \times 0,102$, e dalla durata di permanenza del carico, in secondi.

Ad esempio: HB 5/750/20 sta a significare che la prova Brinell è stata eseguita con una sfera avente $\varnothing = 5 \text{ mm}$, con un carico $F = 750 \text{ kg}$ ($0,102 \times 7250 \text{ N}$), applicato per 20 secondi.

Durezza

prova di durezza Rockwell

Questa prova è oggi la più impiegata, per la sua praticità ed immediatezza di lettura. la prova viene eseguita comprimendo la superficie del materiale con un penetratore conico di diamante, sottoposto ad un carico prestabilito. L'angolo al vertice del cono è di 120°. in base alla profondità di penetrazione del cono nel materiale in esame si deduce la durezza del materiale stesso.

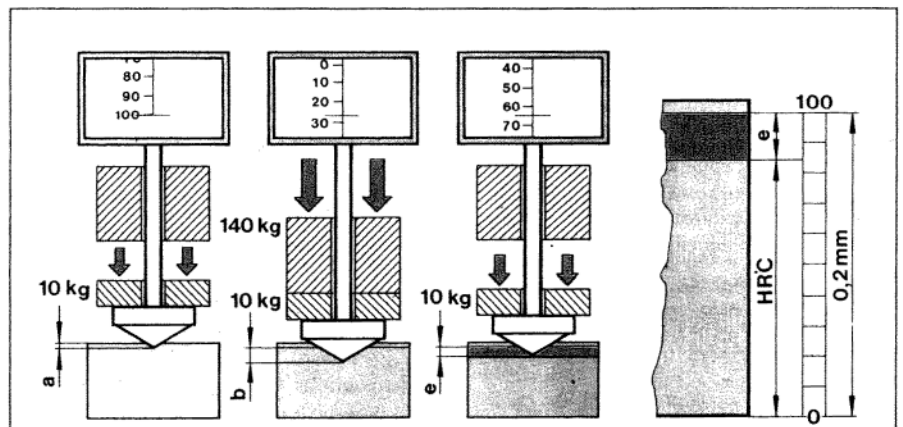


Durometro Rockwell

L'apparecchio per eseguire la prova col metodo Rockwell è un durometro che fornisce direttamente l'indice di durezza cercato. Su un apposito quadrante del durometro si legge direttamente la durezza, che è in funzione della profondità alla quale è arrivato il penetratore.

Esecuzione della prova Rockwell

La prova viene svolta in tre fasi:
 Si applica senza urto un carico iniziale di 10 kg (98 N) e si azzerza il quadrante.
 Si aggiunga al carico iniziale di 10 kg un altro carico di 140 kg (1372 N), progressivamente in 3 - 6 secondi.
 Si elimina il secondo carico di 140 kg e si esegue la lettura sul quadrante, con il penetratore sempre sollecitato dal carico iniziale di 10 kg (98 N).
 La durezza è inversamente proporzionale alla profondità raggiunta dal penetratore



Indice di durezza HRC

Il quadrante è tarato per dare direttamente la durezza mediante la formula: $HRC = 100 - 500e$ dove e è la profondità espressa in mm. Si che e rappresenta la differenza tra la profondità dell'impronta permanente prodotta dal carico di prova e quella dell'impronta prodotta dal carico iniziale (a). La maggiore profondità (b) raggiunta dal carico complessivo è dovuta alla deformazione elastica, che non deve essere considerata per non falsare la prova di durezza.

La formula si spiega come segue. Al fine di esprimere i valori della durezza HRC in ordine crescente e con numeri semplici, compresi fra 0 e 100, e poiché in pratica le penetrazioni per i materiali duri più comuni risultano comprese fra 0 e 0,2 mm, questo intervallo viene diviso in 100 parti; così che la profondità risulta espressa in unità di 2 μm ($0.2/100 = 0,002$), che vengono sottratte a 100 per ottenere:

$$HRC = 100 - \frac{e}{0,002} = 100 - 500e$$

Il valore di e diminuisce pertanto con l'aumentare della durezza dei materiali, ma cresce il valore di HRC. Per $e = 0$ si ha $HRC = 100$ (valore limite di durezza del penetratore di diamante). Per $e = 0,2$ mm si ha $HRC = 0$ (valore limite di durezza nulla). Nell'esempio in figura, la durezza, letta direttamente sul quadrante della macchina, è $HRC = 63$

Indice di durezza HRB

Per i materiali teneri, per i quali con la prova HRC si otterrebbe una durezza quasi nulla, o comunque valori poco attendibili, è prevista una prova analoga alla precedente con un carico di 100 kg (980 N) con un penetratore a sfera in acciaio ($\varnothing 1/16''$). In questo caso l'indice di durezza HRB è espresso dalla formula:

$HRB = 130 - 500e$ dove e è la profondità raggiunta dalla sfera d'acciaio.

La prova di durezza HRB può essere eseguita sullo stesso durometro impiegato per la prova HRC sostituendo al penetratore conico la sfera e aggiungendo al carico iniziale di 10 kg (88 N) un secondo carico di 90 kg (882 N).

Nella formula che esprime HRB il numero 130 rappresenta la durezza della sfera d'acciaio impiegata come penetratore. Si ha infatti $HRB = 130$ quando la profondità di penetrazione è nulla. Esistono anche altri indici di durezza Rockwell, ma molto meno usati di quelli qui richiamati.

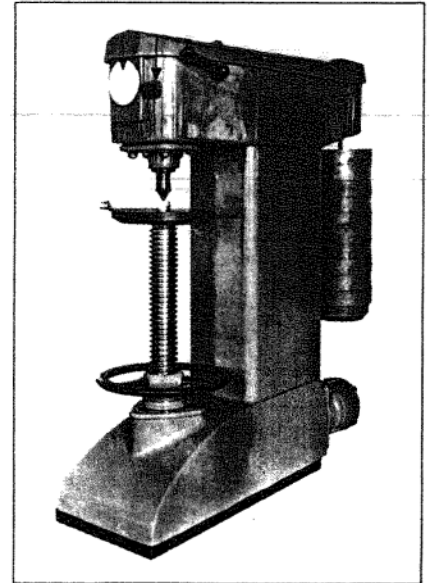
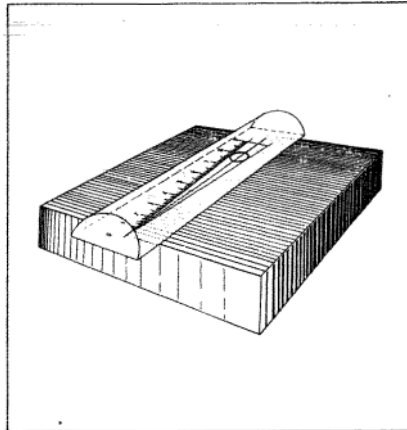
Durezza

Durometro per prove di durezza Brinell

La macchina per eseguire la prova di durezza Brinell è dotata di un dispositivo che consente di regolare con precisione i carichi che agiscono sul penetratore a contatto con il pezzo. La superficie dell'impronta S si ricava con la formula

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

Apposite tabelle danno il valore di S , quando si conosca il diametro della sfera D e il diametro dell'impronta d . Il diametro d si rileva per mezzo di un microscopio dotato di una scala graduata e misurando su ogni impronta due diametri disposti ortogonalmente e facendo la media tra le due letture. Per misure approssimate si può anche fare uso di una lente di ingrandimento dotata di due linee di riferimento, per tralasciare l'impronta, e di una scala graduata in mm. In figura illustrato un durometro per prove di durezza Brinell



Prova di durezza Vickers

Il metodo consiste nel far penetrare nel materiale in esame una punta di diamante a forma piramidale, a base quadrata, sottoponendo il penetratore ad un carico prestabilito.

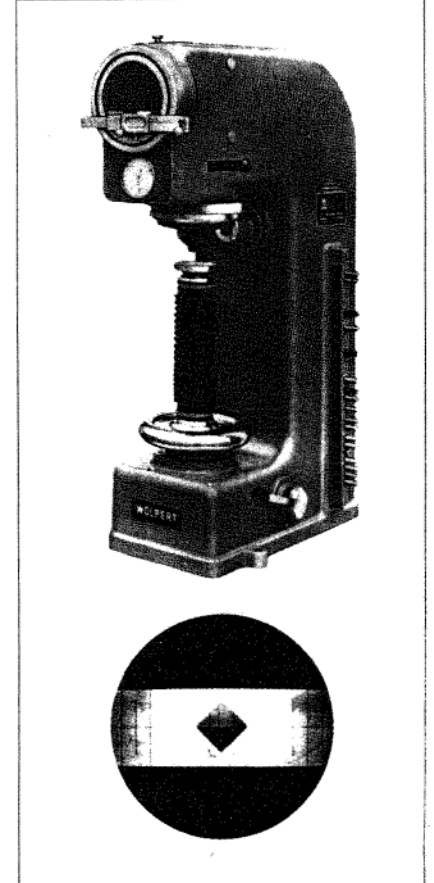
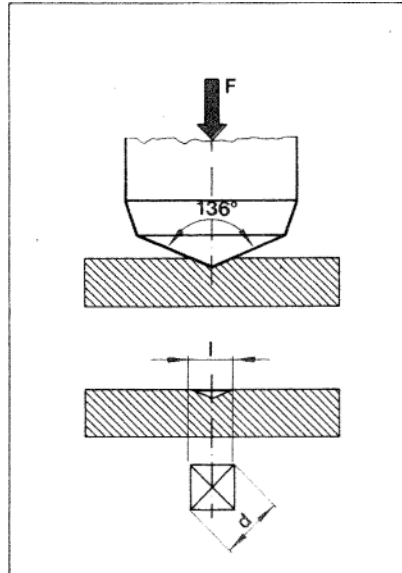
L'angolo al vertice tra due facce opposte del penetratore è di 136° .

Il carico può variare da 5 a 100 kg (da 49 a 980 N).

Il valore della durezza Vickers non varia sensibilmente con il carico e questo è uno dei pregi di questa prova rispetto alla prova Brinell.

Il carico più comune è di 294 N (30 kg).

La durata di applicazione è di 10 - 15 secondi.



Macchine per prove di durezza Vickers

La macchina per eseguire le prove di durezza Vickers è dotata di un sistema che consente di applicare al penetratore precisi carichi prestabiliti.

Su uno schermo dotato di una scala graduata viene visualizzata l'immagine ingrandita dell'impronta lasciata dal penetratore sul materiale e rilevata la misura della diagonale d .

Indice di durezza Vickers

L'indice di durezza Vickers è dato dal rapporto fra il carico e la superficie dell'impronta lasciata sul materiale. Il suo simbolo è HV

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

La superficie dell'impronta è ricavabile con la formula

$$S = \frac{d^2}{1.854}$$

dove d rappresenta la diagonale del quadrato dell'impronta rilevabile otticamente sullo schermo della macchina.

Apposite tabelle danno direttamente il valore di S , quando si conosca il valore di d . Talvolta il simbolo HV è accompagnato dall'indicazione delle condizioni della prova.

Ad esempio, HV 10/15 sta a significare che il carico utilizzato per la prova è di 10 kg (0,102 x 98 N) per una durata di applicazione di 15 secondi.

Prova di durezza Knoop

È molto simile a quella Vickers e viene eseguita sulla stessa macchina. Cambia la forma del penetratore di diamante che è romboidale come l'impronta che lascia sul pezzo, il simbolo della durezza Knoop è **HK**.

È detta anche prova di micro durezza perché l'impronta lasciata sul pezzo in prova è molto piccola così come molto basso è il carico utilizzato, inferiore a 1 kg (9,8 N).

Questa prova molto precisa viene sfruttata per valutare la durezza di materiali fragili o di oggetti di piccolo spessore o di zone molto limitate (ad esempio punte di utensili, lame taglienti, ecc.).

Prova di durezza Shore

A differenza delle precedenti la prova di durezza Shore è di natura dinamica e consiste nel lasciare cadere da una altezza prestabilita un percussore di peso prestabilito sul materiale da provare.

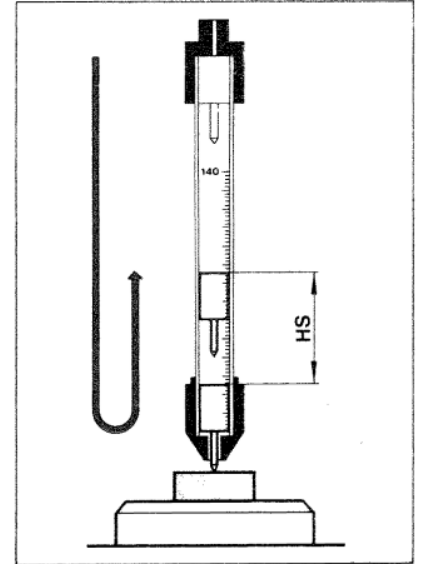
La durezza è funzione dell'altezza di risalita del percussore, più duro è il materiale meno si deforma e quindi più alto risulta il rimbalzo del percussore.

La prova di durezza Shore non è unificata, ma ha il vantaggio, rispetto alle precedenti, di non lasciare tracce evidenti sul pezzo in prova. Inoltre può essere eseguita su qualunque particolare metallico.

La prova di durezza Shore viene realizzata con una macchina chiamata scleroscopio che consiste in un tubo di vetro graduato, all'interno del quale cade, da un'altezza di 254 mm (10"), il percussore.

La scala della durezza è ottenuta convenzionalmente ponendo uguale a 140 l'altezza di rimbalzo del percussore sul vetro e dividendo tale altezza in 140 parti.

Ogni parte della scala rappresenta così una unità di durezza Shore (HS).



Campi di applicazione delle prove Brinell, Rockwell e Vickers

Ogni prova di durezza ha un suo campo di applicazione.

Per materiali duri (come gli acciai speciali) sono consigliate le prove Vickers o Rockwell, che sfruttano un penetratore di diamante.

La prova Brinell ha un penetratore a sfera di acciaio che si potrebbe deformare falsando la prova.

Per materiali teneri la prova Rockwell **HRC** non è adatta, perché il penetratore conico penetrerebbe troppo a fondo nel materiale e darebbe sempre una durezza nulla, si consiglia la prova Vickers o Brinell, oppure la Rockwell **HRB**.

In laboratorio è consigliabile la prova Vickers che ha un campo illimitato di applicazione per materiali di qualsiasi durezza.

Inoltre, la prova Vickers offre risultati costanti anche variando il carico.

Quando il pezzo presenta una superficie non liscia, oppure il materiale non è omogeneo, i valori dati dalla prova Brinell sono più attendibili, perché la zona interessata alla prova è molto ampia.

Quando invece si deve misurare la durezza di strati sottili induriti (es. cementati) o di fogli di lamiera sottile, la prova Brinell non è consigliabile, perché la sfera provocherebbe lo sfondamento dello strato o la imbutitura della lamiera.

È invece indicata la prova Vickers poiché lascia una piccola impronta.

Le prove Rockwell e Vickers richiedono la preparazione della superficie in prova mediante levigazione.

La prova Brinell, invece, può essere fatta senza alcuna preparazione della superficie in prova.

Se si deve provare la durezza di una serie di pezzi con superficie già lavorata la prova più adatta è la prova Rockwell, per la brevità di esecuzione.

Confronto tra le scale di durezza

Nella tabella a fianco sono messe a confronto le diverse scale di durezza.

Nell'ultima colonna della tabella è riportato anche il valore della resistenza a trazione (carico unitario massimo R_m) corrispondente approssimativamente agli indici di durezza.

La relazione fra durezza e resistenza può infatti ritenersi di proporzionalità: $R_m = n \cdot HB$

essendo n un coefficiente il cui valore è: $n = 0,36 \div 0,34$ e **HB** è l'indice di durezza Brinell

La corrispondenza tra i valori delle varie scale è soltanto indicativa, perché come si è detto, molte sono le variabili da cui dipendono i risultati delle prove.

HRB 1/16 100	HRC 120° 150	HV 136°	HB 10 3000	R_m N/mm ²
	80			
	75			
	70	900		
	67	800		
	64			
	60,1	700		2148
	57,8	650		1994
	55,2	600		1818
	52,3	550		1651
	49,1	500		
	45,3	450	427	1487
	40,8	400	380	1322
	38,8	380	361	1256
	36,6	360	342	1189
	34,4	340	323	1121
	32,2	320	304	1057
	29,8	300	285	991
	27,1	280	266	926
	24,0	260	247	858
	20,3	240	228	793
98,2		220	209	727
95,0		200	190	661
93,0		190	180	628
90,8		180	171	594
88,2		170	161	562
85,4		160	162	529
82,2		150	142	495
80,4		145	138	480
78,4		140	133	463
76,4		135	128	446
74,4		130	123	429
72,0		125	119	413
69,4		120	114	396
86,4		115	109	381
63,4		110	104	363
60,0		105	99,8	347
56,4		100	95,0	330
52,0		95	90,2	314
47,4		90	85,5	297
42,4		85	80,7	280
36,4		80	76,0	265

Proprietà tecnologiche

Proprietà tecnologiche

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

Le proprietà tecnologiche dei materiali vengono controllate e misurate con prove specifiche, non sempre unificate, utilizzando campioni o provette dei materiali in esame. Per eseguire le prove tecnologiche sono usate macchine e attrezzature speciali.

Le più importanti proprietà tecnologiche sono: la malleabilità, la duttilità, l'imbutibilità, la piegabilità, l'estrudibilità, la fusibilità, la saldabilità, la truciolabilità, la temprabilità;

Malleabilità

La malleabilità è sinonimo di plasticità ed è l'attitudine di un materiale ad essere trasformato, a caldo o a freddo, in lamine, senza screpolarsi o rompersi, mediante l'azione di presse, magli o laminatoi.

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

Per aumentare la malleabilità si scalda il pezzo fino alla temperatura più opportuna (temperatura di fucinabilità).

La malleabilità è particolarmente significativa nell'operazione di laminazione per costruire lamiere e profilati di varie forme.

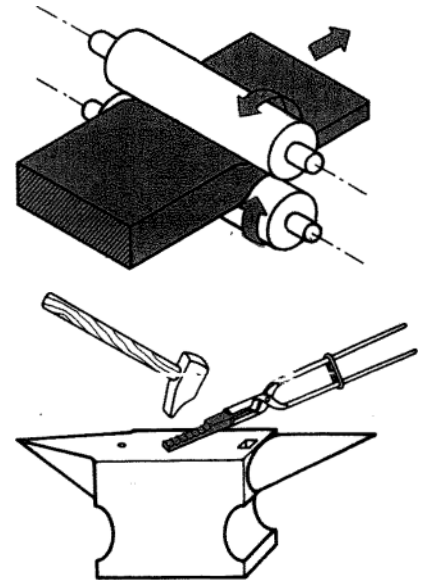
La laminazione consiste nel far passare il materiale attraverso due cilindri, ruotanti in senso opposto, che danno al materiale stesso la forma e lo spessore voluto.

In questo caso la malleabilità può dirsi anche laminabilità.

La malleabilità è sfruttata anche nell'operazione di fucinatura che consiste nel riscaldare il pezzo sino ad una data temperatura e nel batterlo con martelli o con magli o comprimerlo con presse fino a dargli la forma voluta.

È per questa proprietà che le lamiere possono essere sottoposte a piegature e a stampaggio, sia al maglio che alla pressa.

In questo caso la malleabilità prende il nome di fucinabilità o stampabilità a caldo.



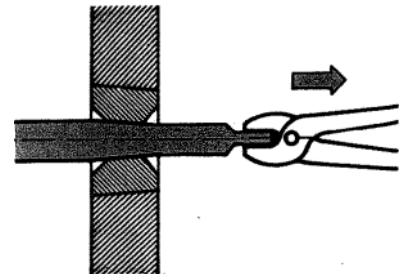
Duttilità o trafilabilità

È l'attitudine di un materiale ad essere trasformato in fili senza rompersi quando siano tirati e costretti a passare attraverso un foro di dimensione e profilo opportuni.

I materiali più duttili sono i più tenaci (cioè quelli che hanno elevato allungamento e resistenza a trazione), ma sono i meno duri.

Sono duttili: l'acciaio dolce, l'argento, l'oro, l'alluminio, il rame. Non è duttile la ghisa.

La duttilità è particolarmente significativa nell'operazione di trafilatura, mediante la quale si producono fili o profilati di qualsiasi forma. L'operazione di trafilatura viene eseguita anche su acciai speciali, quali quelli in lega con nickel - cromo, cromo, magnesio, ecc.

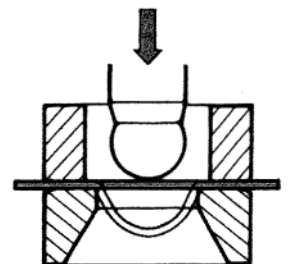


Imbutibilità

È l'attitudine che hanno le lamiere di alcuni materiali ad essere formate a freddo per ottenere corpi cavi, senza rompersi o screpolarsi.

I materiali imbutibili devono essere particolarmente puri, avere grande allungamento ed essere malleabili. Sono bene imbutibili gli acciai dolcissimi, il rame, l'ottone, l'alluminio.

Questa proprietà viene sfruttata nelle operazioni di imbutitura, per la costruzione, mediante stampaggio a freddo, di pentolame, carrozzerie di auto, mobili metallici, elettrodomestici ecc.



Piegabilità

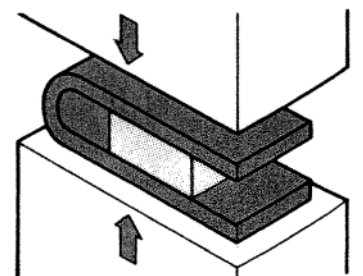
È l'attitudine di alcuni materiali a subire operazioni di piegatura senza screpolarsi o rompersi.

I materiali per essere sottoposti a piegatura devono avere buona malleabilità, grande resilienza, buon allungamento e grande purezza.

Sono piegabili gli acciai dolci a bassa percentuale di carbonio e le leghe leggere.

È una proprietà imposta dalle norme di collaudo dei tondi di acciaio per cemento armato ed inoltre dalle norme di collaudo delle lamiere usate nella costruzione di caldaie o di recipienti destinati a contenere sostanze ad una pressione superiore a quella atmosferica.

Nella pratica industriale si ricorre a piegatura anche nella costruzione di profilati metallici in generale, angolari, scaffalature metalliche, grondaie, ecc.



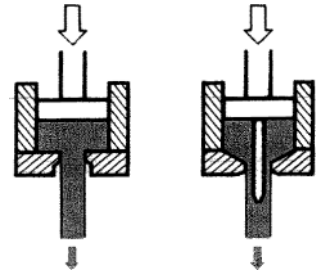
Proprietà tecnologiche

Estrudibilità

È l'attitudine di un materiale ad assumere una determinata forma quando viene spinto attraverso un foro sagomato.

Sono ben estrudibili le leghe leggere e gli acciai dolci

Questa proprietà viene sfruttata nella operazione di estrusione per la costruzione dei profilati metallici.



Fusibilità e colabilità

La fusibilità è l'attitudine di un materiale ad essere trasformato in prodotto finito (getto) mediante fusione.

La colabilità è la proprietà dei metalli liquidi di riempire una forma ricopiandone l'impronta.

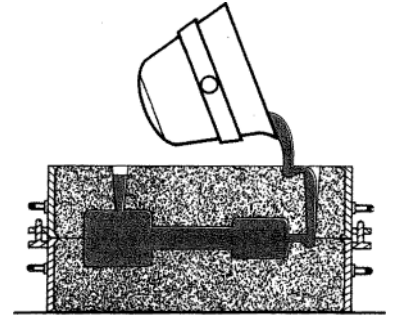
Il pezzo colato non deve presentare zone mancanti, per questo il materiale deve essere scorrevole e deve mantenersi liquido fino al completo riempimento della forma.

Sono colabili e fusibili: le ghise, i bronzi, gli ottoni, le leghe leggere.

Non sono colabili: il ferro e gli acciai, perché rimangono pastosi e vischiosi alle temperature di fusione.

Queste proprietà vengono sfruttate in fonderia, dove si ottengono per fusione o colata pezzi anche molto grandi e di forma complessa, difficilmente ottenibili in altro modo.

Esempio: termosifoni, statue, blocchi motore, ecc.



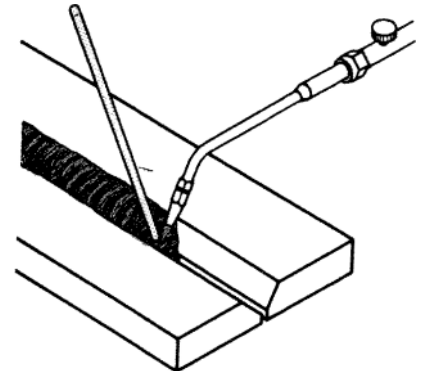
Saldabilità

È l'attitudine di un pezzo di un determinato materiale ad unirsi con un altro pezzo di uguale o diverso materiale, mediante fusione.

Un materiale è ben saldabile se presenta alle temperature vicine a quelle di fusione un intervallo plastico o pastoso, il passaggio da solido a liquido non deve cioè essere improvviso, ma avvenire gradatamente. Sono saldabili: il ferro, gli acciai dolci e le leghe metalliche in genere. Non sono ben saldabili le ghise, i bronzi ecc.

Si noti che i materiali ben saldabili non sono ben colabili e viceversa.

Questa proprietà è sfruttata nell'operazione di saldatura.



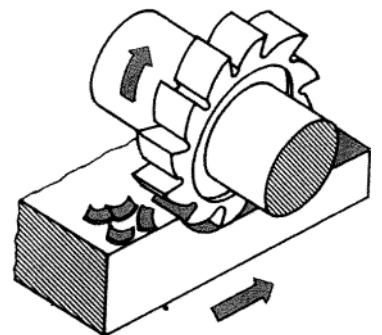
Truciolabilità

È l'attitudine di un materiale a subire lavorazioni con asportazione di truciolo, mediante apposito utensile da taglio (utensile da tornio, fresa, punta da trapano ecc.).

Sono truciolabili: le ghise grigie, gli acciai, in particolare quelli al piombo (acciai automatici), i bronzi e le leghe

Non sono ben truciolabili: le ghise bianche e gli acciai temperati, perché Purissimi.

Questa proprietà è sfruttata in tutte le lavorazioni con asportazione di truciolo quali la tornitura, la trapanatura, la filettatura, la fresatura, la brocciatura, ecc.



Temprabilità

È l'attitudine delle leghe metalliche a subire trasformazioni della struttura cristallina a seguito di riscaldamenti seguiti da raffreddamenti. Il cambiamento di struttura comporta variazioni sensibili delle proprietà meccaniche e tecnologiche dei materiali

La temprabilità è una proprietà caratteristica soprattutto degli acciai ed è sfruttata nei trattamenti termici volti ad ottenere caratteristiche meccaniche,

Ad esempio, sottoponendo un acciaio al trattamento termico di tempra si aumenta notevolmente la sua durezza.