



Università degli Studi di Genova
Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale



Corso di Laurea in Chimica e Tecnologie Chimiche

FONDAMENTI DI TECNOLOGIE CHIMICHE PER L'INDUSTRIA E PER L'AMBIENTE
(modulo II)

CENNI SULLE PROPRIETÀ MECCANICHE DEI MATERIALI

Aldo Bottino
e-mail : bottino@chimica.unige.it
Tel. : 010 3538724 - 3538719

Proprietà meccaniche dei materiali

Un materiale per effetto della forza ad esso applicata si deforma in misura più o meno grande.

Al cessare della forza il materiale può riprendere lo stato originale (comportamento elastico) oppure rimanere deformato (comportamento anelastico o plastico).

La sollecitazione alla quale può essere sottoposto un materiale durante l'esercizio può essere di natura diversa (per esempio di trazione, di compressione, di urto, di flessione, etc).

La risposta del materiale a queste sollecitazioni può essere diversa a seconda per esempio alla temperatura, delle condizioni ambientali, delle modalità di sollecitazione, etc.

Misura delle proprietà meccaniche

Le caratteristiche meccaniche dei materiali vengono determinate sperimentalmente su appositi campioni (provini) e con apposite apparecchiature.

I parametri che entrano in gioco nella misurazione sperimentale delle proprietà meccaniche sono molteplici.

Ad esempio le dimensioni e la forma del provino incidono fortemente sul risultato numerico e per avere risultati riproducibili è necessario standardizzare cioè utilizzare provini di dimensione e forma ben definita.

Anche le apparecchiature devono essere standardizzate così come le modalità di esecuzione delle prove.

Tutto ciò conformemente a norme nazionali o internazionali tipo UNI o ASTM.

Trazione o tensione

Le caratteristiche legate agli sforzi di tensione possono essere valutate con un dinamometro del tipo di quello schematizzato in Figura che permette di allungare (deformare) il campione in modo controllato.

Il provino ha sezione circolare con la testa rotonda liscia o filettata oppure quadra a seconda del sistema di attacco alla macchina.

Le estremità del provino hanno sezione maggiore della porzione centrale, in modo che la rottura non avvenga nelle zone influenzate dagli sforzi di attacco.

Ciò non vale ovviamente per prove di trazione su tubi o su fili.

I fogli e la lamiera sono fatti di solito in forma di saggi piani aventi essi pure sezione trasversale ridotta nella porzione centrale.



Definizione del tratto calibrato nelle prove di trazione

Prima di eseguire la prova, è necessario segnare il *tratto calibrato* mediante due punzonature centrali poste alla giusta distanza tra loro.

Questa necessità deriva dal fatto che la deformazione è prevalentemente localizzata nella zona di strizione.

Come mostra la Figura la mancata indicazione del tratto calibrato può portare a conclusioni erranee.

Infatti i diversi allungamenti percentuali sono legati alle differenti lunghezze del tratto utile.

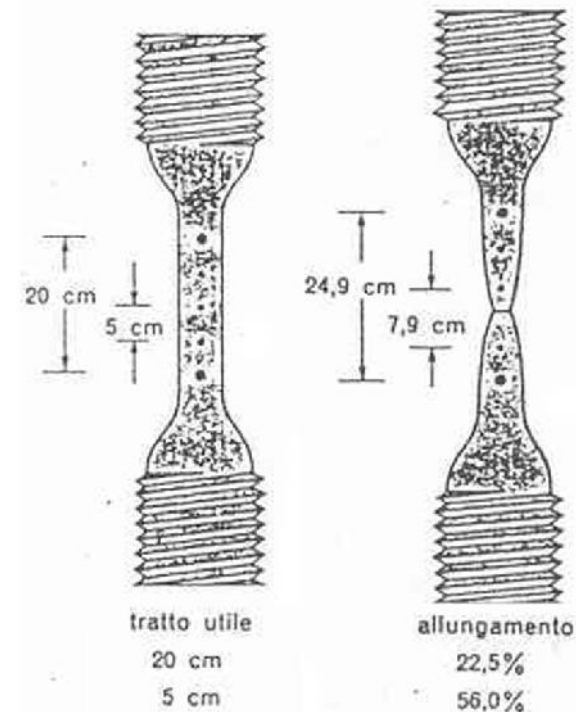
Nelle prove correnti si considera frequentemente una lunghezza del tratto calibrato di 5 cm.

Se F è la forza applicata e S_0 è la sezione iniziale del provino lo sforzo σ è definito come: $\sigma = F/S_0$

La deformazione è rappresentata da: $\varepsilon = (L - L_0)/L_0 = \Delta L/L_0$

dove: L_0 = dimensione iniziale del provino

L = dimensione del provino a deformazione avvenuta.



Deformazione elastica

La Figura mostra una curva di trazione.

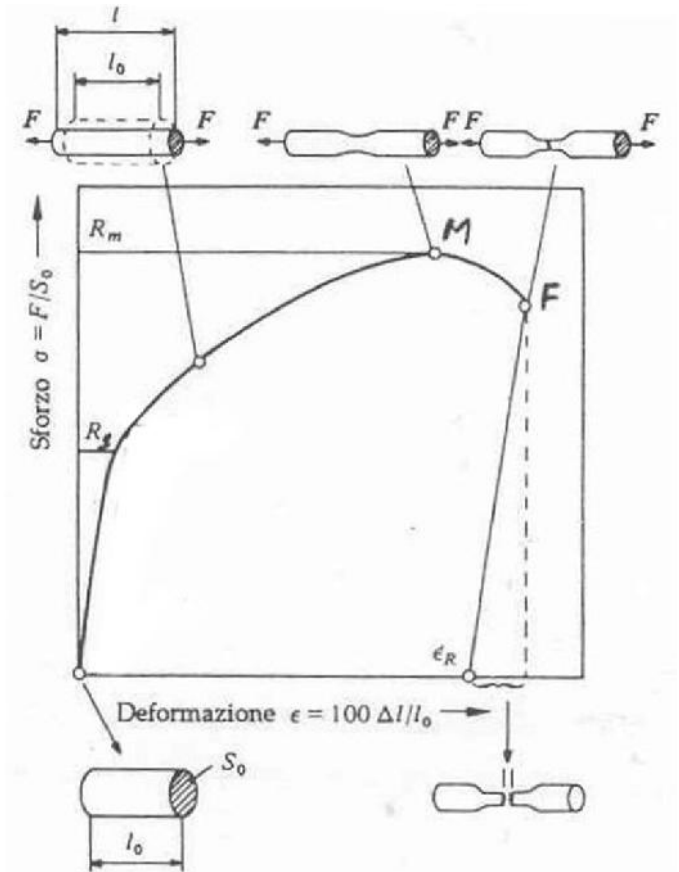
Nel primo tratto della curva c'è proporzionalità diretta tra sforzo e deformazione ed è valida la legge di Hooke: $\sigma = E \varepsilon$ dove E prende il nome di modulo elastico o modulo di Young.

In questa zona il materiale è soggetto ad una deformazione elastica e cioè perfettamente reversibile. Quando lo sforzo viene rimosso il provino recupera la dimensione iniziale.

Il modulo elastico, esprime la rigidità del materiale e cioè la sua capacità di resistere ad una trazione

Se il materiale ha valori del modulo elastico alti occorrerà un carico considerevole per deformarlo.

[per esempio per deformare un campione di alluminio ($E = 7140 \text{ kg/mm}^2$) occorrerà impiegare un carico notevolmente superiore rispetto a quello necessario per deformare una materia plastica quale il polietilene ($E = 10-140 \text{ kg/mm}^2$)]



Deformazione plastica. Snervamento

Alla deformazione elastica segue la deformazione plastica, caratterizzata dalla mancanza di proporzionalità diretta tra sforzo e deformazione.

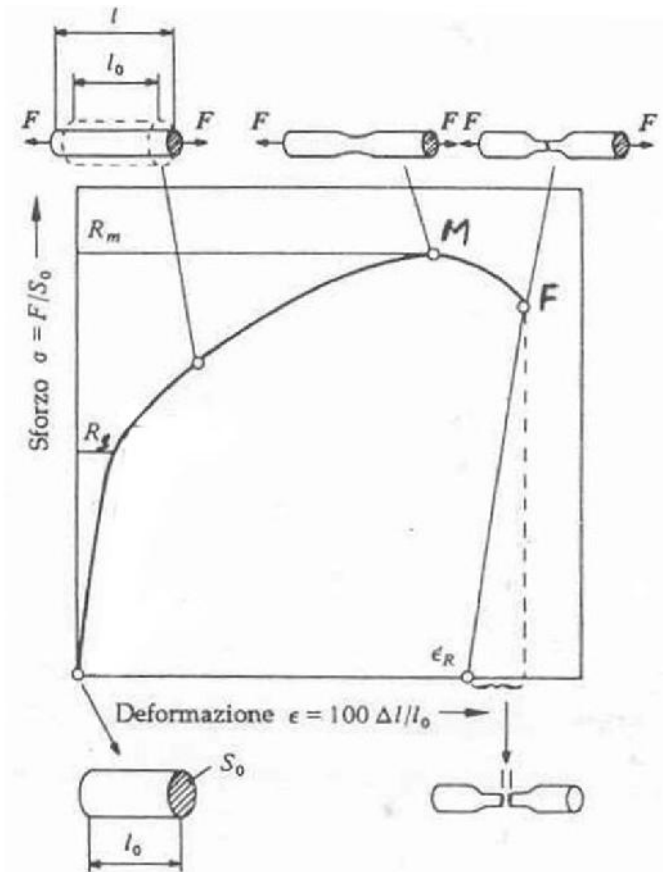
La deformazione plastica è permanente, per cui, una volta che si è prodotta, il campione non è più in grado di recuperare integralmente le dimensioni iniziali. Quindi il materiale deformato plasticamente è deformato in modo definitivo.

Il passaggio dall'elasticità alla plasticità è individuato dal punto di snervamento.

Il valore dello sforzo applicato al punto di snervamento è detto carico di snervamento ed è indicato con R_s

Il carico di snervamento indica dunque il carico massimo che si può applicare senza che il materiale si alteri in maniera irreversibile.

Esso viene quindi assunto come misura della resistenza del materiale alle deformazioni plastiche.



Carico tensile e carico di rottura

Continuando l'analisi della curva sforzo-deformazione si può individuare un punto di massimo M ed il punto F , a cui si ha la rottura del campione.

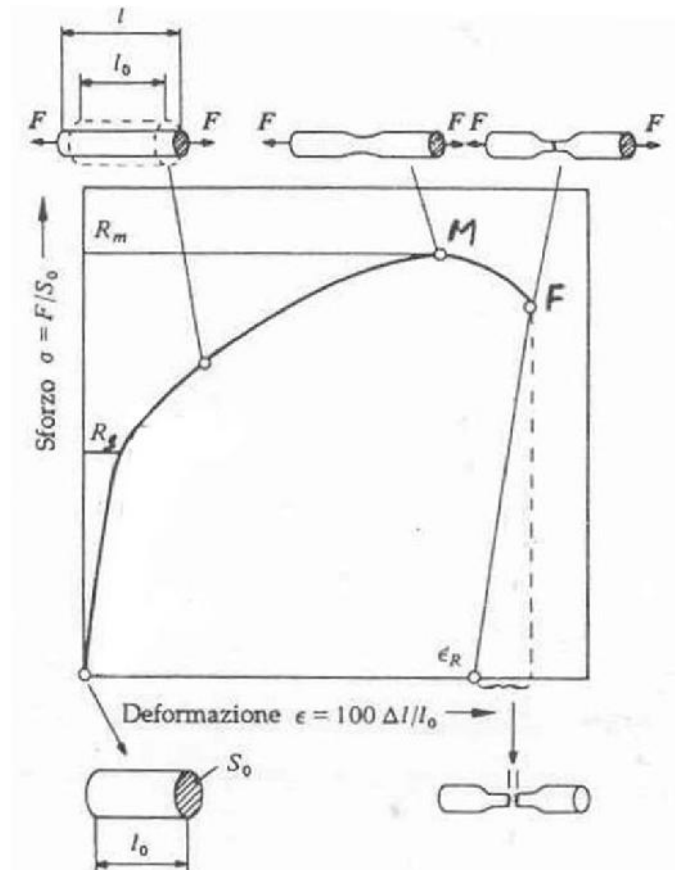
Ad F corrisponde il carico di rottura.

Sul piano pratico, ha però maggiore interesse il carico corrispondente ad M , detto carico tensile ed indicato con R_m .

Il carico tensile definisce lo sforzo massimo che può essere applicato, in tensione, senza che il materiale si rompa: e cioè la resistenza a trazione effettiva del materiale.

La diminuzione dello sforzo tra M ed F è soltanto apparente.

Infatti in corrispondenza di M si ha la formazione di una strizione nella zona centrale del provino, con conseguente diminuzione irregolare della sua sezione ed una diversa distribuzione degli sforzi.



Duttilità e fragilità

Sempre sulla base dell'andamento della curva sforzo-deformazione possiamo definire altre caratteristiche del materiale come la duttilità e la fragilità.

La duttilità è l'espressione del grado di deformazione plastica che un materiale subisce per arrivare a rottura.

La duttilità si può esprimere in termini di elongazione (percentuale):

$$\% EL = [(L_f - L_0)/L_0] 100$$

o di riduzione di sezione (percentuale):

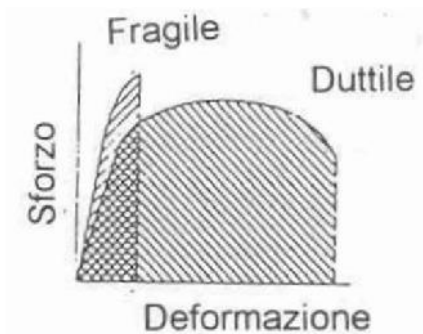
$$\% SR = [(S_0 - S_f)/S_0] 100$$

L'opposto della duttilità è la fragilità.

Come mostra la Figura un materiale è duttile se arriva a rottura subendo una deformazione rilevante, è fragile se la deformazione a rottura è modesta.

La duttilità e la fragilità dipendono fortemente dalla temperatura. Un materiale, duttile a temperatura elevata, diventa fragile a bassa temperatura.

Si può così definire una temperatura di transizione duttile-fragile, che delimita i due tipi di comportamento



Tenacità

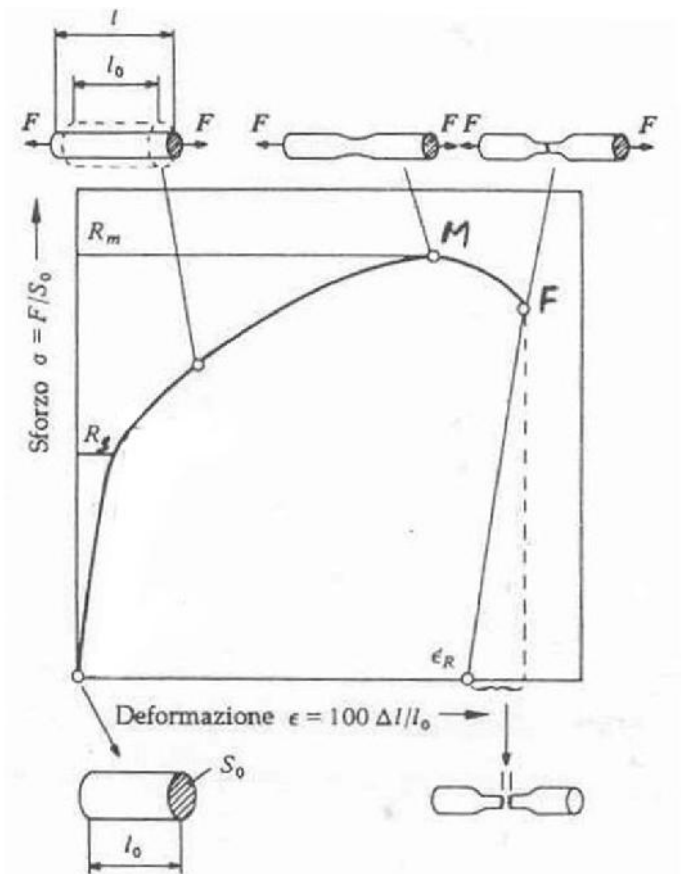
La tenacità di un materiale è definita come la sua capacità di assorbire energia per arrivare a frattura.

La tenacità è espressa dall'area sottesa dalla curva sforzo-deformazione sottende, ed è dunque correlabile sia con la rigidità che con la duttilità.

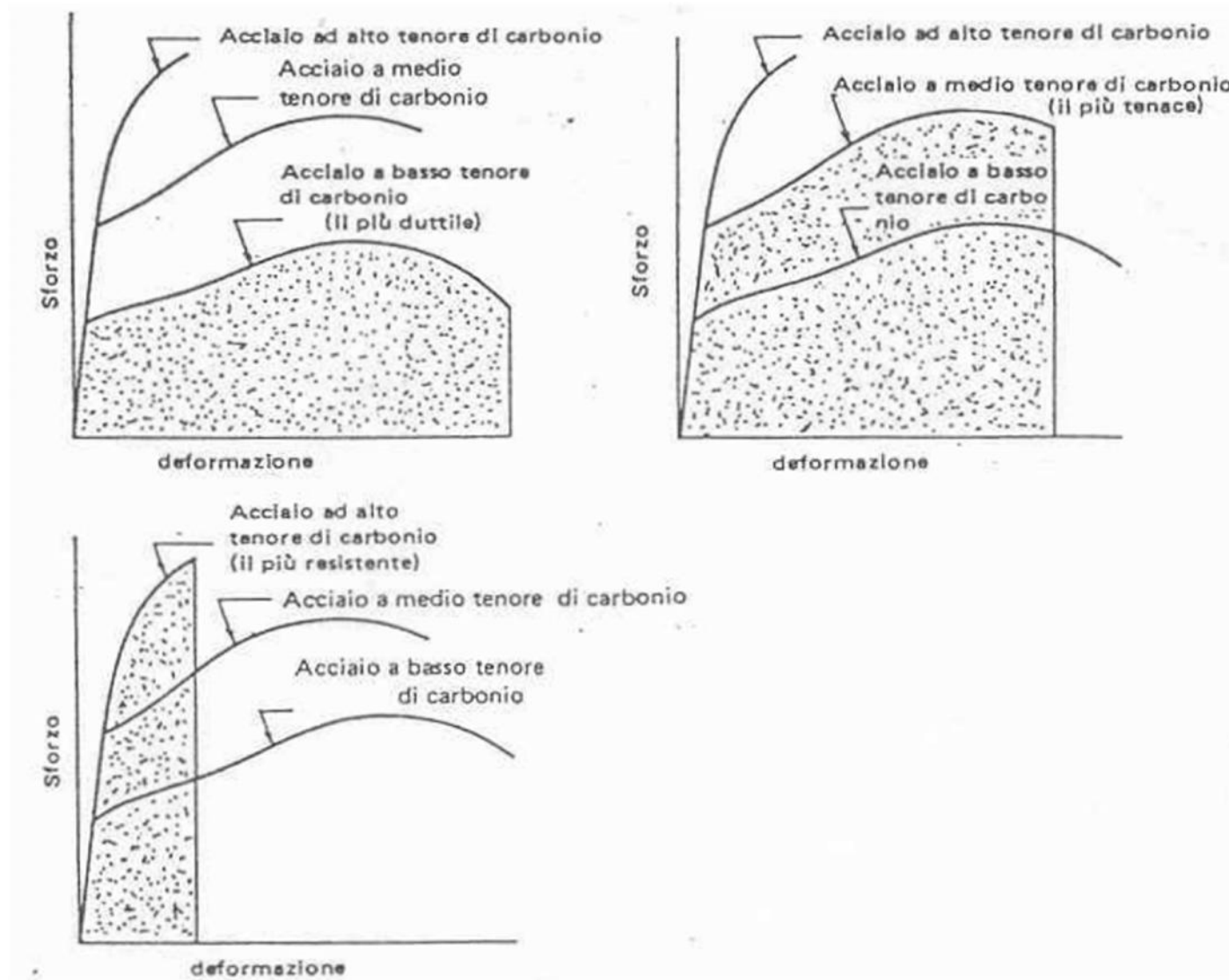
La tenacità non deve essere confusa con la resistenza meccanica.

La resistenza meccanica è infatti legata al carico specifico necessario a produrre la rottura, mentre la tenacità è correlata all'energia che deve essere fornita perchè si verifichi la rottura stessa.

Quindi un materiale tenace deve essere non solo molto resistente (cioè in grado di sopportare alti carichi specifici) ma anche dotato di notevole duttilità (cioè in grado di deformarsi molto prima che sopravvenga la rottura).



La Figura seguente rappresenta la tenacità come area totale sotto la curva di trazione.



Resilienza

La resilienza ha lo stesso significato della tenacità, ma non è più legata alla di sforzo-deformazione che abbiamo considerato sinora.

Essa si riferisce a condizioni di carico molto veloci, in quanto lo sforzo viene applicato al campione in un tempo molto breve: si tratta di un vero e proprio impatto da parte di un corpo rigido e si parla comunemente di resistenza all'impatto.

Durezza

Con durezza di un materiale si intende la resistenza locale che esso oppone alla penetrazione da parte di un altro corpo.

Schematicamente la prova di durezza consiste nel premere con una forza opportuna, e per un certo tempo, un penetratore tipo contro il materiale in esame, e nel misurare la deformazione plastica residua sul pezzo.

Minore è la deformazione permanente più elevata è la durezza.