

Proprietà Meccaniche dei Materiali

1 Introduzione

Questa lezione tratta delle **proprietà meccaniche dei materiali**, con un focus su concetti fondamentali quali *sforzi, deformazioni, comportamento elastico e plastico, resistenza, duttilità e tenacità*.

2 Sforzi e Deformazioni

- **Sforzo nominale**

Si definisce **sforzo nominale** σ come:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

dove F è la forza applicata lungo l'asse della barra e A_0 è la sezione iniziale. L'unità di misura è il Pascal (Pa), ma spesso si utilizzano multipli come MPa (10^6 Pa) o GPa (10^9 Pa) per materiali con elevata resistenza.

2.0.1 Sforzo reale

$$\sigma_T = \frac{F}{A_i} \quad (2)$$

In questo caso si considera l'area variabile

- **Deformazione nominale**

La **deformazione nominale** ε è invece definita come:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l - l_0}{l_0} \quad (3)$$

dove l_0 è la lunghezza iniziale del provino e l la lunghezza finale. Nei test di laboratorio si utilizza spesso la deformazione percentuale:

$$\varepsilon\% = \varepsilon \times 100\% \quad (4)$$

2.0.2 Deformazione reale

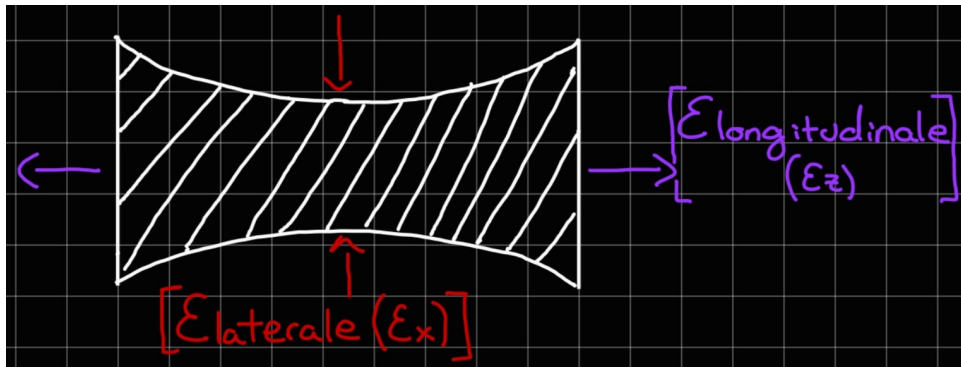
$$\varepsilon_T = \ln \left(\frac{l_i}{l_0} \right) \quad (5)$$

- **Modulo di Poisson**

Il **modulo di Poisson** ν descrive la relazione tra la deformazione longitudinale e quella laterale:

$$\nu = - \frac{\varepsilon_{laterale}}{\varepsilon_{longitudinale}} = - \frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} \quad (6)$$

Per i materiali reali, ν è tipicamente compreso tra 0.25 e 0.4, mentre per un materiale perfettamente incompressibile sarebbe pari a 0.5.



$$\varepsilon_x = \frac{\Delta d}{d_0} \quad ; \quad \varepsilon_z = \frac{\Delta l}{l}$$

3 Comportamento Elastico e Plastico

3.1 Deformazione elastica

La deformazione elastica segue la **Legge di Hooke**:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (7)$$

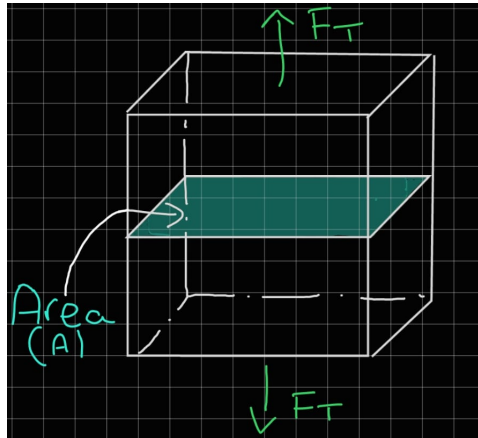
dove E è il **modulo di Young**, una misura della rigidità del materiale. Un valore alto di E indica un materiale meno deformabile sotto carico.

3.2 Deformazione plastica

Quando lo sforzo supera un valore critico chiamato **sforzo di snervamento** σ_y , la deformazione diventa irreversibile. Nei metalli, la deformazione plastica avviene per **scorrimento dei piani atomici**, mentre nei polimeri si manifesta con il riorientamento delle catene molecolari.

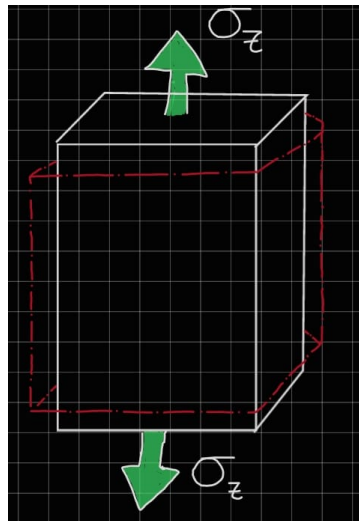
4 Differenze tra sforzo tensile e sforzo di taglio

4.1 Sforzo tensile



$$\sigma = \frac{F_T}{A_0} \quad (8)$$

4.1.1 Prova di tensione

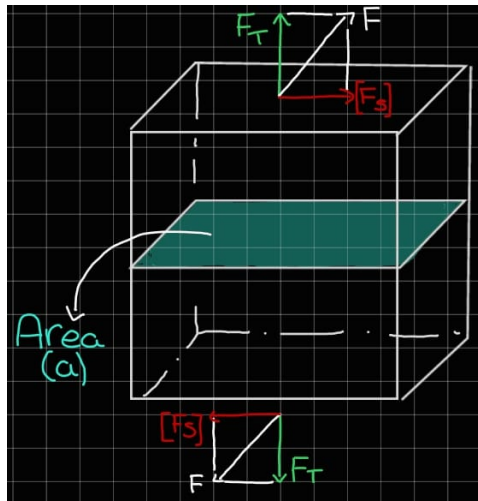


$$\nu = -\frac{\varepsilon_x}{\varepsilon_z} \quad (9)$$

4.1.2 Trazione puramente elastica

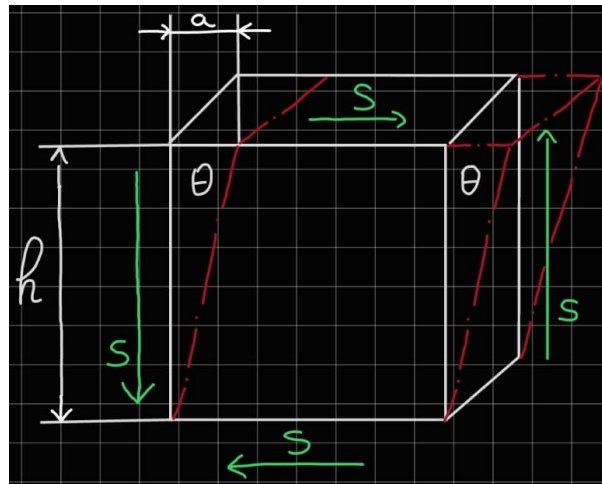
$$\sigma = E\varepsilon \quad (10)$$

4.2 Sforzo di taglio



$$\tau = \frac{F_S}{A_0} \quad (11)$$

4.2.1 Prova di tensione



$$\gamma = \frac{a}{h} = \tan \theta \quad (12)$$

4.2.2 Trazione puramente elastica

$$\tau = G\gamma \quad (13)$$

5 Duttività e Tenacità

La **duttività** è una misura della capacità di un materiale di subire grandi deformazioni plastiche prima della frattura. Si esprime come:

$$\%EL = \frac{l_f - l_0}{l_0} \times 100 \quad (14)$$

dove l_f è la lunghezza finale prima della rottura. Se $\%EL < 5\%$, il materiale è considerato fragile.

La **tenacità** è l'energia necessaria per rompere un materiale e si stima come l'area sotto la curva sforzo-deformazione:

$$U = \int_0^{\varepsilon_f} \sigma d\varepsilon \quad (15)$$

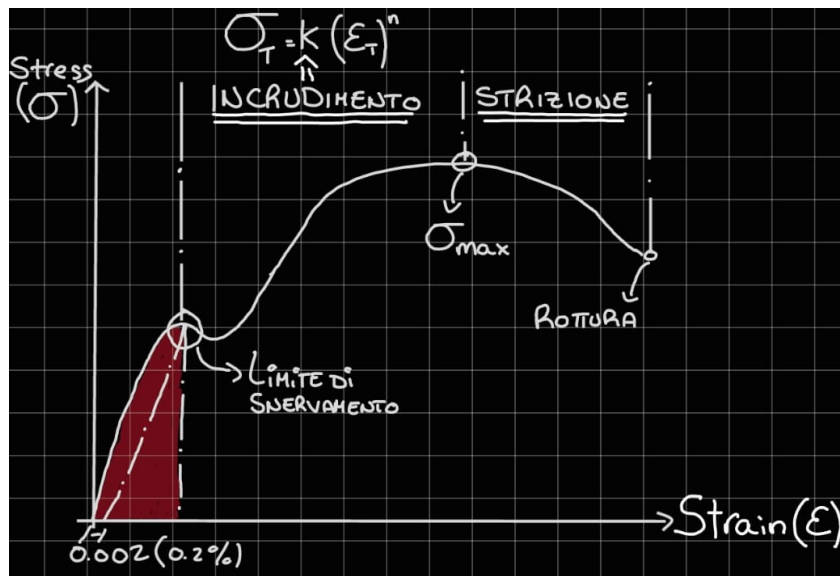
Dove U è l'energia specifica assorbita prima della rottura.

Incrudimento: incremento della resistenza dovuto a deformazione plastica, descritto dall'equazione:

$$\sigma_T = C\varepsilon^n \quad (16)$$

dove n è l'esponente di incrudimento, tipicamente tra 0.1 e 0.5.

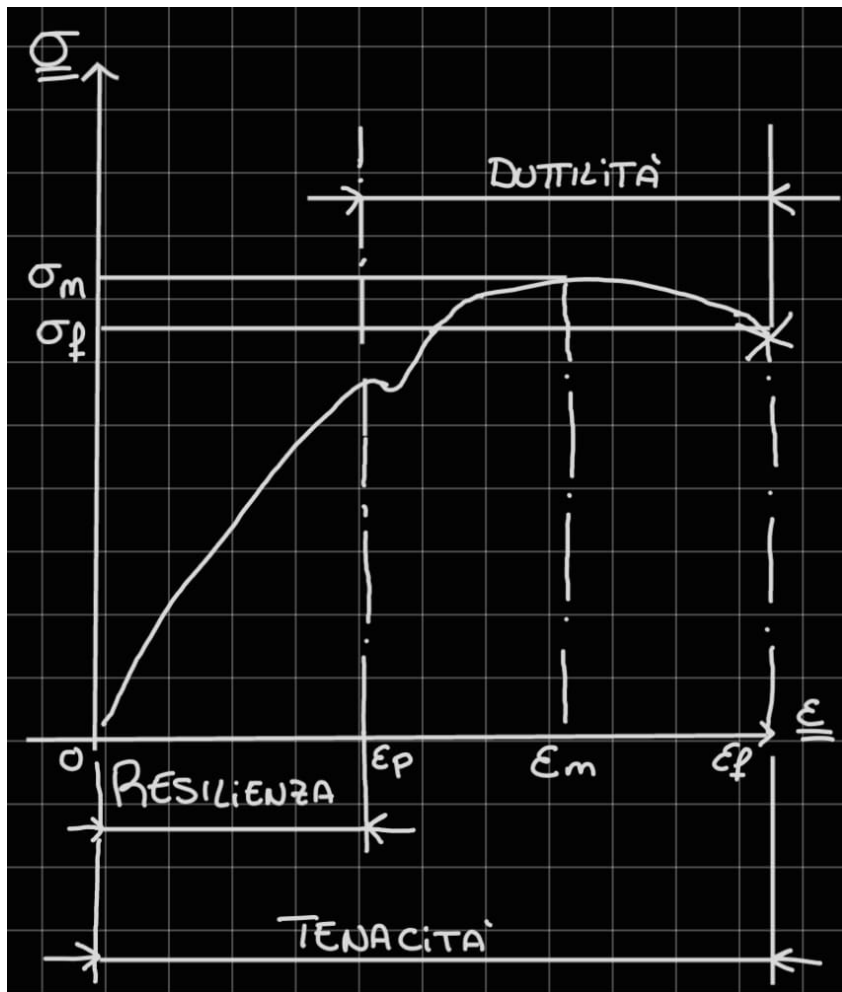
5.1 Grafici



Limite di Snervamento: Il *limite di snervamento* (o *sforzo di snervamento*) è il valore dello *sforzo massimo* che un materiale può sopportare senza subire deformazioni plastiche permanenti. In altre parole, rappresenta il punto in cui il materiale smette di comportarsi in modo elastico e inizia a deformarsi plasticamente (ovvero, a snervarsi).

Caratteristiche principali:

- Fino al limite di snervamento, la deformazione è elastica e reversibile, seguendo la legge di Hooke.
- Dopo il limite di snervamento, la deformazione diventa plastica e permanente.
- Il limite di snervamento è cruciale nella progettazione ingegneristica, in quanto indica la *forza massima* che un materiale può sopportare senza compromettere la sua forma.



Sforzo (σ)

- σ_m : Sforzo massimo che il materiale può sopportare prima della rottura.
- σ_f : Sforzo di rottura, ovvero il valore dello sforzo quando il materiale si rompe.

Deformazione (ε)

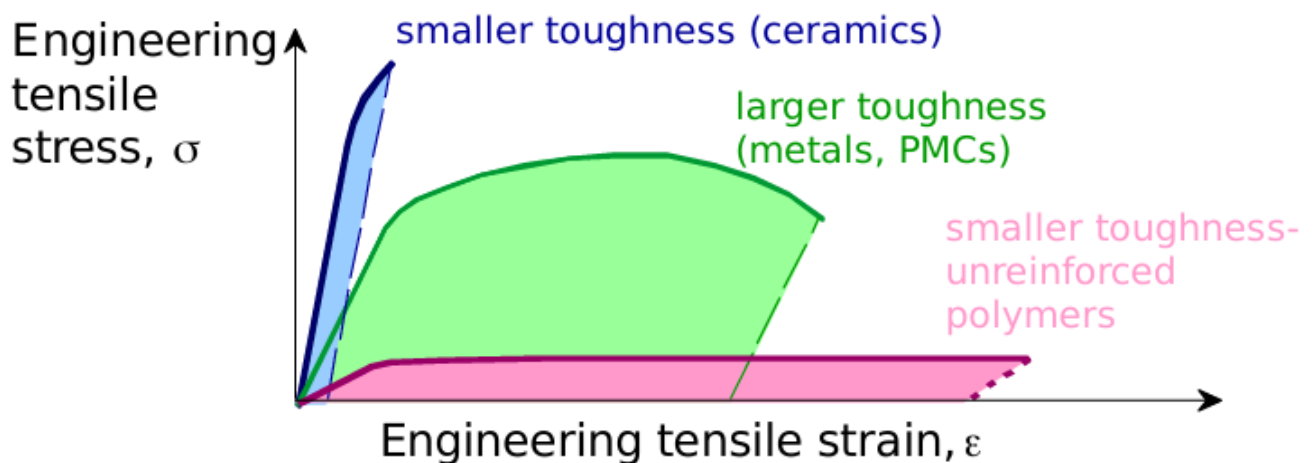
- ε_p : Deformazione plastica, ovvero la deformazione irreversibile che rimane dopo la rimozione del carico.
- ε_m : Deformazione massima raggiunta dal materiale prima della rottura.
- ε_f : Deformazione a rottura, ovvero il valore della deformazione quando il materiale si rompe.
- ε : Deformazione totale misurata sull'asse orizzontale del diagramma.

Proprietà del materiale

- **Resilienza:** Area sotto la curva fino al limite elastico, rappresenta la capacità del materiale di assorbire energia in campo elastico.
- **Duttilità:** Differenza tra ε_p ed ε_f , indica la capacità del materiale di subire grandi deformazioni prima della rottura.
- **Tenacità:** Area totale sotto la curva, rappresenta l'energia totale assorbita dal materiale prima della rottura.

6 Diagrammi Sforzo-Deformazione

- **Metalli:** presentano una fase elastica ben definita, seguita da un tratto plastico con eventuale incrudimento.
- **Ceramici:** fragili, si rompono prima di subire deformazioni plastiche significative.
- **Polimeri:** possono mostrare comportamento elastico non lineare e forte dipendenza dalla temperatura.



Durezza: proprietà che misura la resistenza alla penetrazione, valutata con test come Rockwell, Brinell e Vickers. La durezza è spesso correlata alla resistenza a trazione.

7 Fattori di Sicurezza

Per evitare cedimenti strutturali, si utilizza un **coefficiente di sicurezza** N , definito come:

$$\sigma_{working} = \frac{\sigma_y}{N} \quad (17)$$

Valori tipici di N variano tra 1.2 e 4 a seconda dell'applicazione. Per strutture critiche, come ponti o aerei, si adottano valori più elevati.

8 Conclusione

La selezione di un materiale per un'applicazione ingegneristica richiede un bilanciamento tra resistenza, duttilità, tenacità e fattori di sicurezza, garantendo il corretto funzionamento e la durabilità nel tempo.