



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
eCAMPUS

Corsi Pas

La prova di compressione

Aspetti generali sulla prova di
compressione

LA PROVA DI COMPRESSIONE

La **prova di compressione** permette di ovviare ad alcuni inconvenienti tipici della prova di trazione.

Infatti, nella prova di compressione si ha:

- ***l'assenza della strizione***

Questo comporta il raggiungimento di valori di deformazione simili a quelli che si verificano nelle lavorazioni reali ($\varepsilon = 2 \div 4$). Infatti, mentre con la prova di trazione si arriva generalmente a valori di deformazione pari a $\varepsilon_T = 0.1 \div 0.5$ per materiali duttili, con la prova di compressione si ha $\varepsilon_C \cong 2$.

LA PROVA DI COMPRESSIONE

- ***stato tensionale simile a quello della maggior parte delle lavorazioni massive*** (fucinatura, laminazione, ...)

Esistono due tipi di prove di compressione:

- ***assialsimmetrica***
- ***in stato piano di deformazione (prova Ford)***



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
eCAMPUS

Corsi Pas

La prova di compressione

La prova di compressione
assialsimmetrica

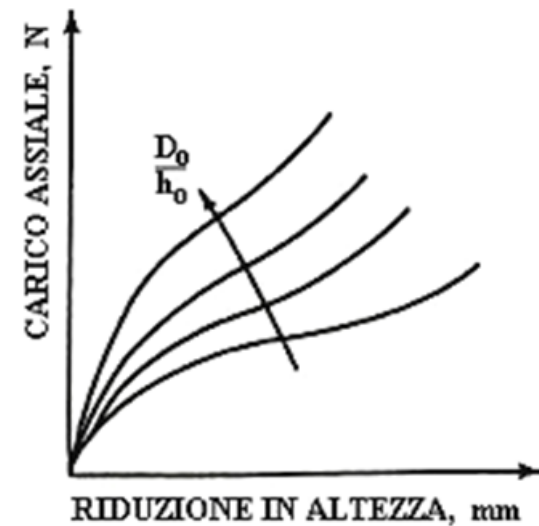
LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

La ***prova di compressione assialsimmetrica*** viene eseguita comprimendo tra piastre piane e parallele provini assialsimmetrici o prismatici; come già detto, il vantaggio che essa offre rispetto alla prova di trazione sta evidentemente nella possibilità di valutare il comportamento del materiale su un campo di deformazione molto più ampio, dal momento che il provino può essere teoricamente sottoposto a valori di deformazione molto elevati senza che si arrivi alla strizione e si manifestino fratture.

Se il materiale è sufficientemente duttile, è possibile raggiungere valori di deformazione reale anche superiori a 2.

LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

La prova di compressione viene effettuata su provini di piccole dimensioni, che quindi possono essere facilmente riscaldati alla temperatura di prova desiderata, e al variare della velocità di discesa della piastra mobile della pressa, permette di studiare il comportamento del materiale in termini di forza assiale in funzione della riduzione in altezza del provino.



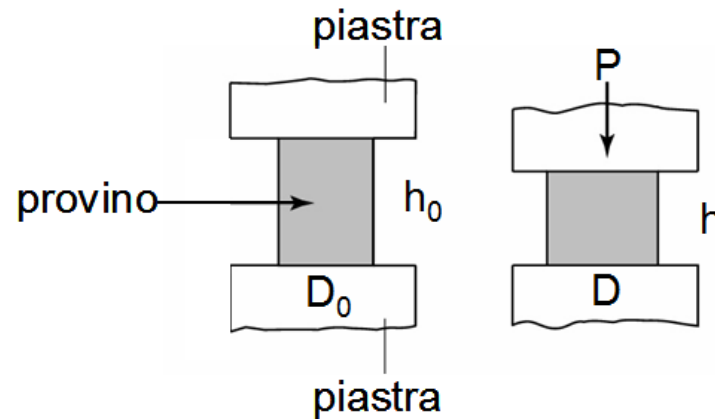
LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

Nella compressione omogenea di un cilindro di diametro iniziale D_0 dall'altezza h_0 all'altezza h , il provino subisce un aumento di diametro fino al valore D , secondo la legge della costanza del volume:

$$A_0 h_0 = Ah$$

$$\pi \frac{D_0^2}{4} h_0 = \pi \frac{D^2}{4} h$$

$$\left(\frac{D}{D_0} \right)^2 = \frac{h_0}{h}$$



LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

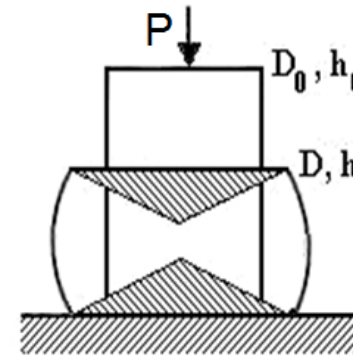
La prova viene condotta misurando in ogni istante la forza applicata (P) e la corsa della piastra ($\Delta h = h_0 - h$). In questo modo, è possibile ricavare la tensione e la deformazione reale sul provino (compressione omogenea):

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{P}{A_0} \frac{h}{h_0} = \frac{P}{A_0} \frac{h_0 - \Delta h}{h_0}$$

$$\varepsilon = \ln \frac{h_0}{h} = \ln \frac{A}{A_0} = \ln \frac{h_0}{h_0 - \Delta h}$$

LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

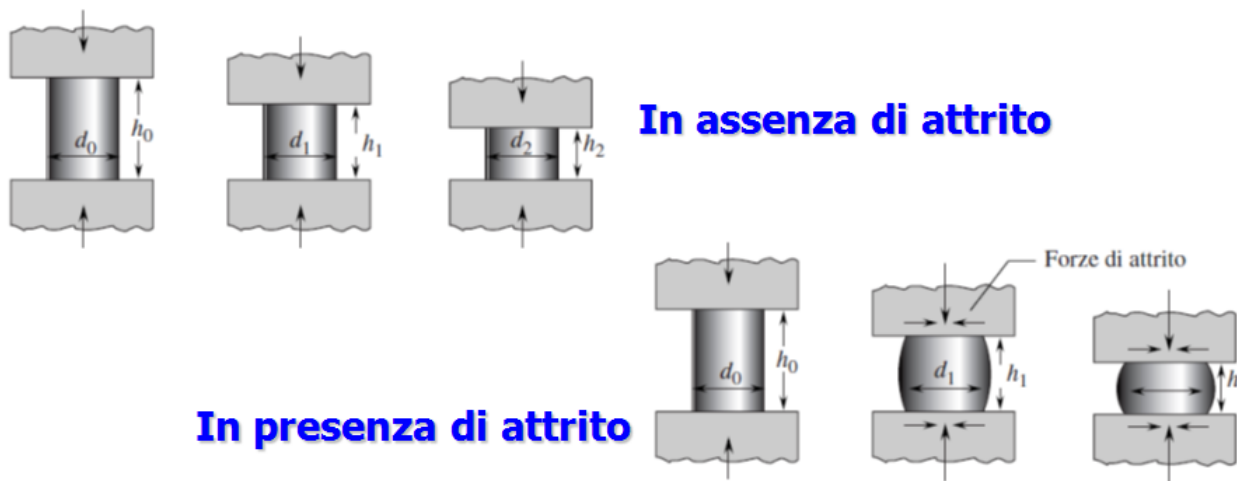
La prova di compressione presenta tuttavia alcune difficoltà operative: se all'interfaccia tra le piastre e il provino si verificano **fenomeni di attrito** che determinano tensioni tangenziali sulla superficie di contatto opposte al flusso plastico radiale del materiale, le sezioni al contatto non avranno la possibilità di espandersi liberamente al procedere dello schiacciamento e il provino deformato assumerà una caratteristica forma "a botte" (fenomeno della **barilottatura**).





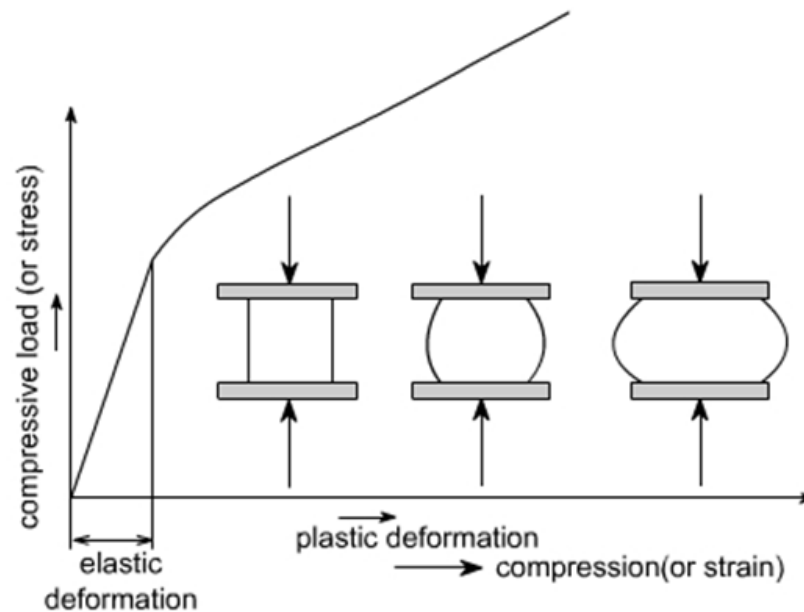
LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

La figura mostra graficamente le diverse configurazioni che i provini assumono in una prova di compressione rispettivamente in assenza e in presenza di attrito.

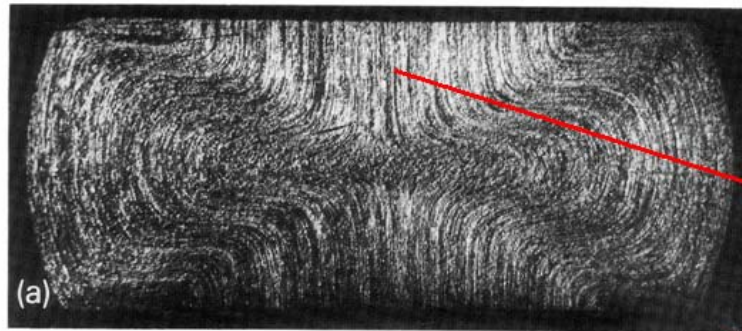


LA PROVA DI COMPRESIONE ASSIALSIMMETRICA

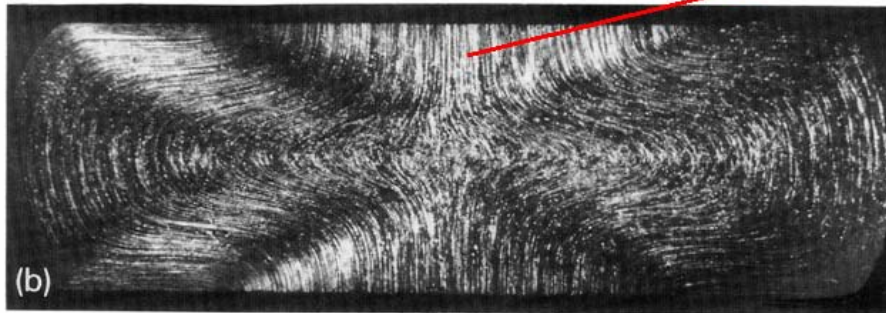
La figura mostra il tipico comportamento della tensione in funzione della deformazione.



LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA



zone di metallo
indeformato



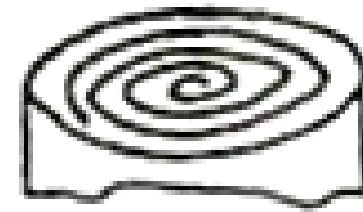
↓
direzione
applicazione
forza

LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

La *minimizzazione dell'attrito* all'interfaccia piastre-provino costituisce quindi una variabile fondamentale per la validità di una prova di compressione, in particolare per quanto riguarda le prove a caldo in cui la disponibilità di lubrificanti efficaci è meno ampia che a freddo. Lubrificanti molto efficaci sono fogli di teflon, bisolfuro di molibdeno e oli ad alta viscosità per le prove a freddo. A caldo si utilizza grafite in olio per le prove su leghe di alluminio, vetro per le prove su acciaio titanio e leghe resistenti ad alta temperatura.

LA PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALSIMMETRICA

In alcuni casi sulle facce del provino che vengono a contatto con gli stampi vengono realizzati dei solchi di opportuna geometria e dimensioni al fine di realizzare un intrappolamento del lubrificante all'interno del solco e quindi minimizzare gli effetti dell'attrito.





La prova di compressione

La prova di compressione in stato piano di deformazione (prova Ford)

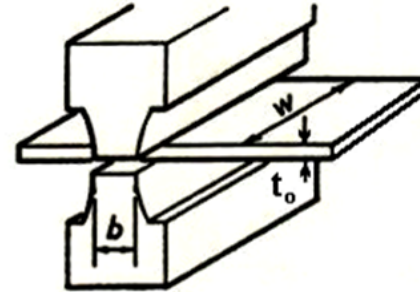
LA PROVA FORD

Una prova di compressione assialsimmetrica risulta di difficile esecuzione su lamiere, in quanto non è semplice preparare il provino.

In questi casi risulta molto più adatta la "*prova di Ford*", cioè una prova di compressione eseguita in stato di deformazione piano. Tale stato di deformazione è molto importante poiché ad esso si possono assimilare gli stati di deformazione della maggior parte dei processi di laminazione di nastri a freddo, allorché la diminuzione impartita allo spessore comporta un allungamento nella direzione di laminazione con una deformazione trascurabile nella direzione laterale.

LA PROVA FORD

Nella prova di Ford una striscia di metallo di spessore t_0 viene compressa tra due piastre larghe b che hanno profondità maggiore della profondità w del nastro di prova.



Le condizioni da rispettare per realizzare una prova in stato di deformazione piano sono:

- **$w > 5b$**
 - dilatazione nella direzione di w trascurabile
- **$0.25 < t_0/b < 0.5$**
 - t_0/b piccolo \Rightarrow aumenti significativi degli effetti di attrito prodotti dalla larghezza delle piastre
 - t_0/b grande \Rightarrow il processo diventa una penetrazione

LA PROVA FORD

L'attrito, comunque, sarà sempre presente, anche quando il rapporto t_0/b è scelto correttamente per cui si deve ricorrere alle tecniche di lubrificazione sulla superficie.

Il tipo di lubrificante dipende dal materiale in prova. Una copertura di grafite con olio per motori va bene con il rame, mentre il grasso al bisolfuro di molibdeno è molto efficace per gli acciai.

Dopo ogni riduzione di spessore di qualche percento, il campione va tolto e rilubrificato.

LA PROVA FORD

Questa prova, che con un'opportuna scelta del rapporto t_0/b consente di raggiungere deformazioni fino al 90% e di valutare i parametri delle lamiere sottili, presenta anche il vantaggio di simulare lo stato tensionale della laminazione e di eliminare i fenomeni di barilottatura. Inoltre è stato dimostrato che tale prova è ben riproducibile.

LA PROVA FORD

Rispetto alla prova di trazione, uno svantaggio della prova Ford è legato ai tempi di prova molto lunghi: tale limite è comunque parzialmente compensato dal fatto che il campione non ha una forma particolare e quindi non deve essere lavorato.

Il tempo di prova effettivo dipende fortemente dalla frequenza di lubrificazione: questa può essere ridotta di molto se si tollera un'accuratezza leggermente inferiore.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
eCAMPUS

Corsi Pas

La prova di compressione

Attività di laboratorio

ESERCIZI SULLA PROVA DI COMPRESIONE

In questa sessione di studio vengono proposti degli esercizi inerenti la prova di compressione, con le relative soluzioni.

Ciascun esercizio sarà comunque ripreso e svolto in aula con il docente durante le ore in presenza.

ESERCIZIO 1

La curva di flusso di un acciaio al C a temperatura ambiente è stata determinata con una prova di compressione in stato piano di deformazione tra piastre piane ben lubrificate larghe $b=5$ mm e di profondità superiore a quella del provino, inizialmente di spessore $L_0=5.16$ mm e profondità $w_0=37.3$ mm.

La prova ha fornito i risultati riportati nella tabella della diapositiva successiva.

Riportare su un grafico la curva σ - ε in termini di tensione reale e deformazione reale.

ESERCIZIO 1

CARICO F [kN]	SPESSORE L [mm]	PROFONDITA' w [mm]
0	5.16	37.3
10	5.16	37.3
20	5.16	37.3
41	5.1	37.3
60	5.05	37.3
81	4.9	37.5
100	4.52	37.5
120	3.99	37.8
141	3.18	38.1
150	2.74	38.1
159	2.29	38.3
170	1.8	38.3

ESERCIZIO 1

Soluzione:

Le formule da utilizzare per il calcolo delle tensioni e deformazioni reali sono:

$$\varepsilon = \ln \frac{L_0}{L_f} = \ln \frac{5.16}{L_f}$$

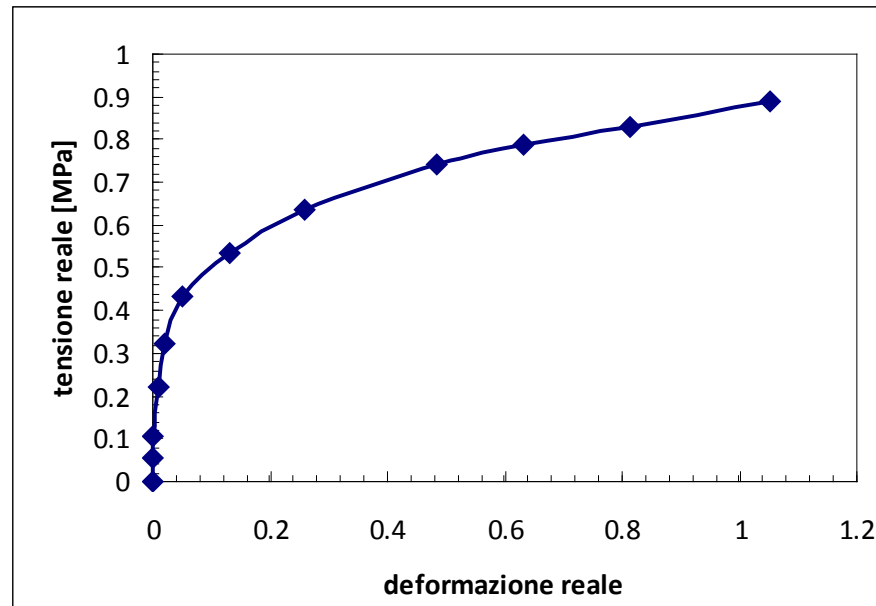
$$\sigma = \frac{F}{bw}$$

ESERCIZIO 1

Si determinano i seguenti valori (carico – tensione - deformazione) con cui è possibile tracciare la curva di flusso plastico.

CARICO F [kN]	TENSIONE REALE [MPa]	DEFORMAZIONE REALE
0	0	0
10	0.053619303	0
20	0.107238606	0
41	0.219839142	0.012
60	0.321715818	0.022
81	0.432	0.052
100	0.533333333	0.132
120	0.634920635	0.257
141	0.74015748	0.484
150	0.787401575	0.633
159	0.830287206	0.812
170	0.88772846	1.053

ESERCIZIO 1



ESERCIZIO 2

Una billetta di rame ($C=315$ MPa, $n=0.54$) di forma cilindrica ($D_0=50$ mm) viene ricalcata a freddo dall'altezza di 100 mm a quella di 40 mm. Si calcoli il valore del diametro alla fine della ricalcatura, la deformazione e la tensione reale.

ESERCIZIO 2

Soluzione:

Attraverso la formula della costanza del volume è possibile ricavare il valore finale del diametro:

$$A_0 \cdot h_0 = A_f \cdot h_f \Rightarrow \pi \left(\frac{D_0}{2} \right)^2 \cdot h_0 = \pi \left(\frac{D_f}{2} \right)^2 \cdot h_f$$

$$D_f = D_0 \cdot \sqrt{\frac{h_0}{h_f}} = 50 \cdot \sqrt{\frac{100}{40}} = 79 \text{ mm}$$

ESERCIZIO 2

$$\varepsilon = \ln \frac{h_0}{h_f} = \ln \frac{100}{40} = 0.916$$

$$\sigma = C \cdot \varepsilon^n = 315 \cdot 0.916^{0.54} = 300 \text{ MPa}$$

ESERCIZIO 3

Una barra di bronzo viene sottoposta ad una prova di compressione; sono noti il coefficiente di resistenza C e il coefficiente di incrudimento n , rispettivamente pari a 109 MPa e 0.34. Sapendo che la barra, inizialmente di raggio $R_0=5$ mm e altezza $h_0=15$ mm, viene compressa fino ad ottenere una riduzione di altezza del 35%, calcolare la geometria finale del provino ed i valori di deformazione e tensione reale.

ESERCIZIO 3

Soluzione:

I valori finali del diametro e dell'altezza del provino sono i seguenti:

$$A_0 \cdot h_0 = A_f \cdot h_f \Rightarrow \pi R_0^2 \cdot h_0 = \pi R_f^2 \cdot h_f$$

$$(h_0 - h_f) = 0.35 \cdot h_0 \Rightarrow h_f = 0.65 \cdot h_0$$

$$R_f = R_0 \cdot \sqrt{\frac{h_0}{h_f}} = R_0 \cdot \sqrt{\frac{h_0}{0.65 \cdot h_0}} = 5 \cdot \sqrt{\frac{1}{0.65}} = 6.2 \text{ mm}$$

$$h_f = 0.65 \cdot h_0 = 0.65 \cdot 15 = 9.75 \text{ mm}$$

ESERCIZIO 3

$$\varepsilon = \ln \frac{h_0}{h_f} = \ln \frac{15}{9.75} = 0.43$$

$$\sigma = C \cdot \varepsilon^n = 109 \cdot 0.43^{0.34} = 81.81 \text{ MPa}$$