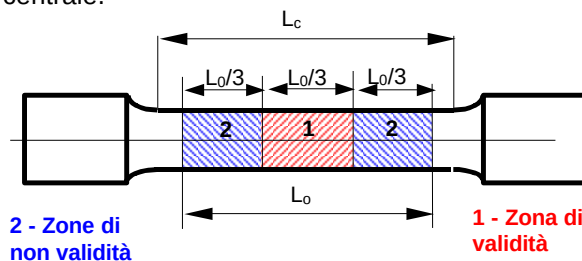


Prova di trazione

Procedimento di correzione per la determinazione dell'allungamento percentuale nel caso di rottura non centrata

Se in un provino la rottura non avviene in posizione centrale, la misura dell'allungamento risulta inferiore a quella reale. La normativa prevede comunque che, per provette con proporzionamento normale ($L_0 = 5 D_0$), si può ritenere valida una prova nella quale la rottura è avvenuta nel terzo centrale.



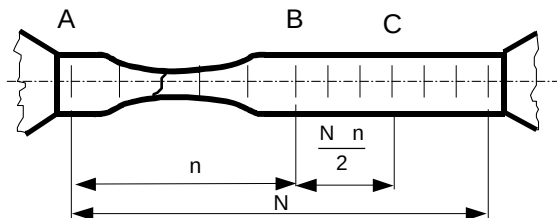
Se non si verifica questo evento, si possono prospettare i seguenti casi:

- la rottura avviene al di fuori di L_0 : la prova non è valida
- la rottura avviene entro L_0 , ma esternamente al terzo centrale e l'allungamento è superiore al limite minimo previsto: la prova è valida
- la rottura avviene entro L_0 , ma esternamente al terzo centrale e l'allungamento è inferiore al limite minimo previsto: è possibile eseguire una correzione del valore dell'allungamento.

Concettualmente, il metodo della correzione si basa sull'osservazione che le dilatazioni subite da un provino diminuiscono con l'aumentare della distanza dalla zona di frattura, ma a destra e a sinistra della frattura, sono uguali.

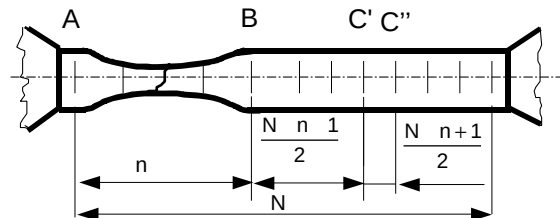
Il procedimento di correzione si applica nel seguente modo:

Prima della prova si suddivide la lunghezza iniziale tra i riferimenti L_0 in N parti uguali; dopo la prova, indicato con A il riferimento iniziale dello spezzone più corto e con B quello a pari distanza di A , ma relativo allo spezzone più lungo e la cui distanza dal punto di rottura è la più prossima a quella tra il punto di rottura e il riferimento A , si indica con n il numero di intervalli tra A e B .



Se $N-n$ è un numero pari, si misura la distanza che separa A da B e la distanza da B a C , posta a $(N-n)/2$ intervalli da B . L'allungamento è dato da:

$$A = 100 \frac{AB + 2BC - L_0}{L_0}$$



Se $N-n$ è un numero dispari, si misura la distanza da A a B e la distanza da B alle due divisioni C' e C'' situate a $(N-n-1)/2$ e $(N-n+1)/2$ intervalli da B . Si ha

$$A = 100 \frac{AB + BC' + BC'' - L_0}{L_0}$$

Lavoro unitario di deformazione ϵ_u

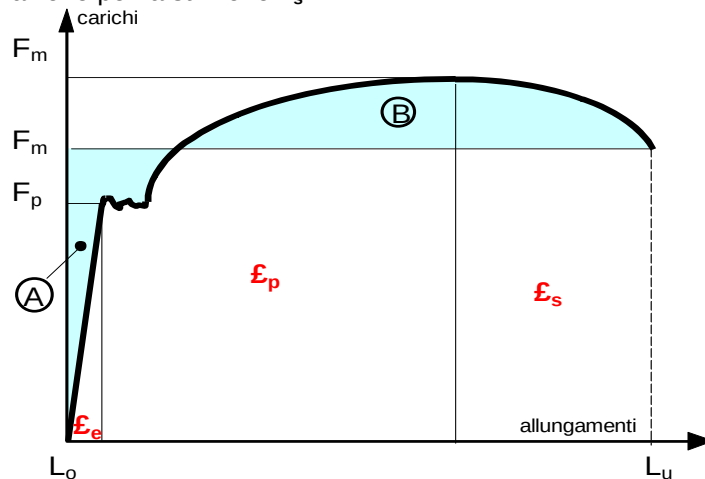
Il lavoro unitario di deformazione è definito come il rapporto tra il lavoro $\mathcal{E}$ speso durante l'esecuzione del test per deformare, fino a rottura, la provetta e il volume iniziale V_0 della provetta stessa.

$$\epsilon_u = \mathcal{E}/V_0$$

Questa caratteristica non è prevista dall'unificazione, ma talvolta viene richiesto un parametro ad esso assai simile.

Il lavoro di deformazione è rappresentato dall'area sottesa dalla curva del diagramma carichi-allungamenti ed è dato dalla somma dei seguenti termini:

- Lavoro per deformazione elastica ϵ_e
- Lavoro per deformazione permanente ϵ_p
- Lavoro di deformazione per la strizione ϵ_s



Il lavoro complessivo è quindi dato da:

$$\mathcal{E} = \epsilon_e + \epsilon_p + \epsilon_s$$

per calcolare il lavoro di deformazione si può ricorrere a due metodi:

- Calcolando l'area sottesa dalla curva del diagramma mediante gli integrali:

$$\mathcal{E} = \int_{L_0}^{L_u} F dl$$

- Scegliendo una retta di compenso di ordinata ηF_m tale che l'area A sia uguale all'area B; in quest'ultimo caso il lavoro di deformazione è dato da:

$$\mathcal{E} = \eta F_m (L_u - L_0)$$

da cui:

$$\epsilon = \frac{F_m (L_u - L_0)}{S_0 L_0} = \frac{F_m}{S_0} \frac{(L_u - L_0)}{L_0} = R_m \frac{A}{100}$$

raccogliendo il fattore costante $\eta/100$ e indicandolo con k , si ha:

$$\epsilon_u = k \times R_m \times A$$

Praticamente, in alcuni capitolati d'appalto si richiedono determinati valori del prodotto $R_m \times A$. Questo prodotto prende il nome di **COEFFICIENTE DI QUALITÀ**:

$$Q = R_m \times A$$

Il coefficiente di qualità ha la dimensione e il significato del lavoro specifico, differendo da questo per la costante η di difficile determinazione. Un elevato coefficiente di qualità indica un materiale che unisce elevata resistenza a buona tenacità.

Aspetto della frattura

L'aspetto della rottura derivante da una prova di trazione offre informazioni che possono essere assai importanti per comprendere lo stato del materiale.

Il tipo di frattura di un provino può essere ricondotto a due tipologie fondamentali: rottura duttile e rottura fragile.



Frattura duttile
in un alluminio



Frattura duttile
in un acciaio



Frattura fragile
in un acciaio

Le rotture duttili sono caratterizzate dai seguenti aspetti:

- grande dilatazione del materiale, di conseguenza notevole allungamento a rottura e alto coefficiente di strizione
- elevato lavoro di deformazione

Le fratture duttili presentano un aspetto fibroso e possono essere classificate come fratture piane (la frattura avviene perpendicolarmente all'asse di caricamento del provino), oppure come fratture di taglio (la rottura avviene lungo un piano inclinato di 45° rispetto a tale asse).



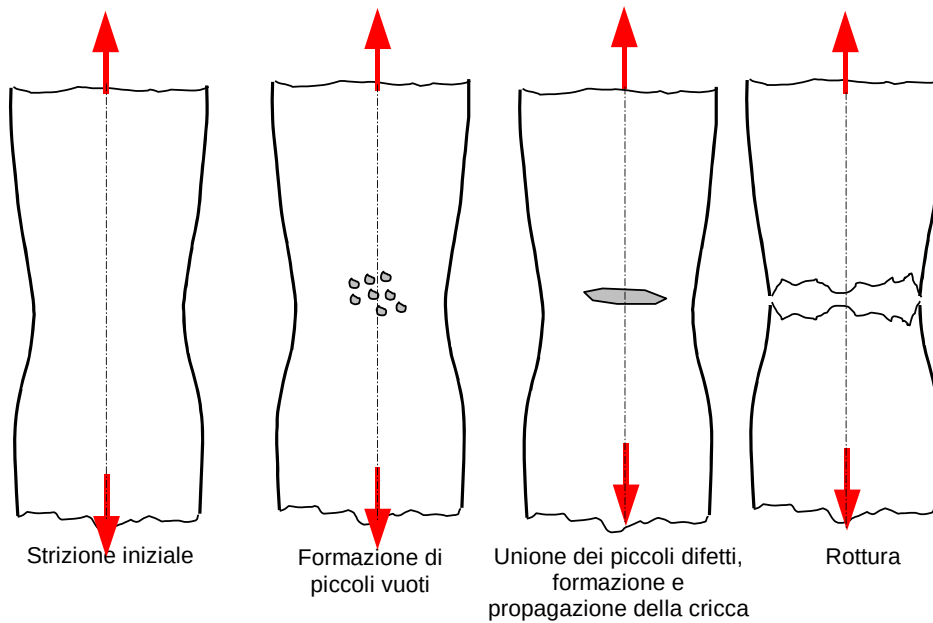
Frattura duttile piana



Frattura duttile a 45°

La rottura duttile di un provino, e in generale di un componente, avviene in fasi distinte, riassunte nella figura

- inizio della strizione sul provino e formazione di piccoli vuoti all'interno della zona di strizione
- i piccoli vuoti si uniscono e formano una cricca. Questa si propaga verso la superficie in direzione perpendicolare allo sforzo applicato
- quando la cricca si avvicina alla superficie la sua direzione si inclina di 45° rispetto all'asse di trazione e si ha una rottura di tipo coppa-cono



Rottura duttile: stadi di propagazione



Rottura duttile a coppa-cono

Le fratture fragili sono invece caratterizzate da:

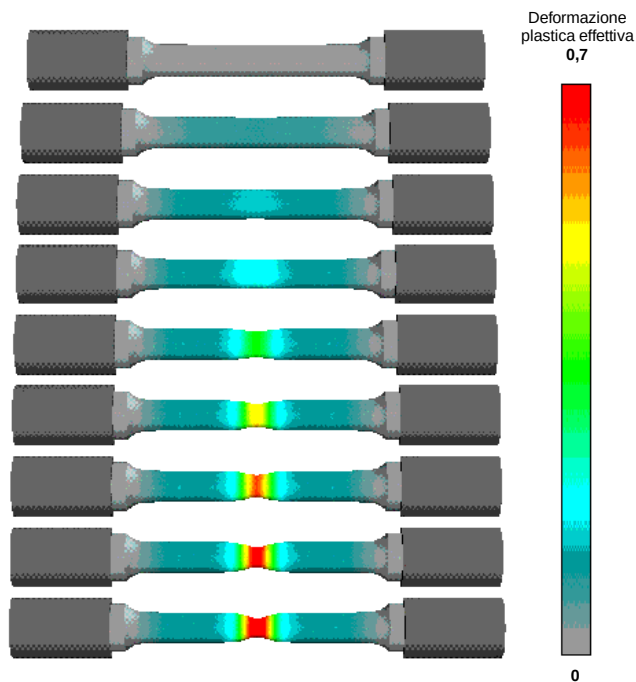
- minima deformazione plastica, e quindi allungamento a rottura e coefficiente di strizione piccolissimi o nulli
- lavoro di deformazione molto contenuto e comunque assai inferiore a quello relativo ai materiali duttili

La sezione di rottura presenta un aspetto definito, lucente e granuloso, mentre la strizione è irrilevante.



Rottura fragile

Simulazione di una prova di trazione con strizione localizzata



Rappresentazione cromatica delle deformazioni di un provino durante una prova di trazione: le dilatazioni sono evidenziate da colori che vanno dal rosso (dilatazione massima) a grigio (nessuna dilatazione)

Estensimetri ottici martens

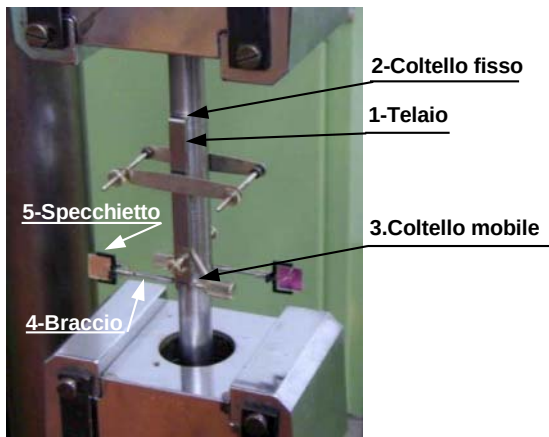


Fig. 1 Estensimetro Martens

L'estensimetro ottico Martens (Fig. 1) è costituito da un telaio (1) collegato al provino mediante due coltelli uno fisso (2) e l'altro mobile (3). Quest'ultimo è formato da un braccio (4) che porta ad una estremità un prisma, che funge da cerniera, e all'estremità opposta uno specchietto (5), che fa parte del sistema di amplificazione.

Il funzionamento è basato sulla comparazione della lunghezza utile della provetta in trazione rispetto alla lunghezza fissa di una lama. Ogni variazione di lunghezza è infatti trasformata nella rotazione dello specchietto e di conseguenza nella variazione di direzione dell'immagine riflessa da questo.

Prima di iniziare la prova, si sistema lo specchietto nel piano verticale, si posiziona una scala graduata ad una distanza d prefissata (generalmente $d = 1055$ mm, Fig. 2) e un cannocchiale che riceve l'immagine della scala graduata. Si azzerò lo strumento in modo che l'immagine rimandata dallo specchietto al cannocchiale sia posizionato sullo zero della scala.

Nel corso della prova, quando la provetta subisce un allungamento, il prisma ruota di un angolo α e l'immagine della scala ruota di un angolo 2α . La lettura c sulla scala è proporzionale all'allungamento l della provetta.

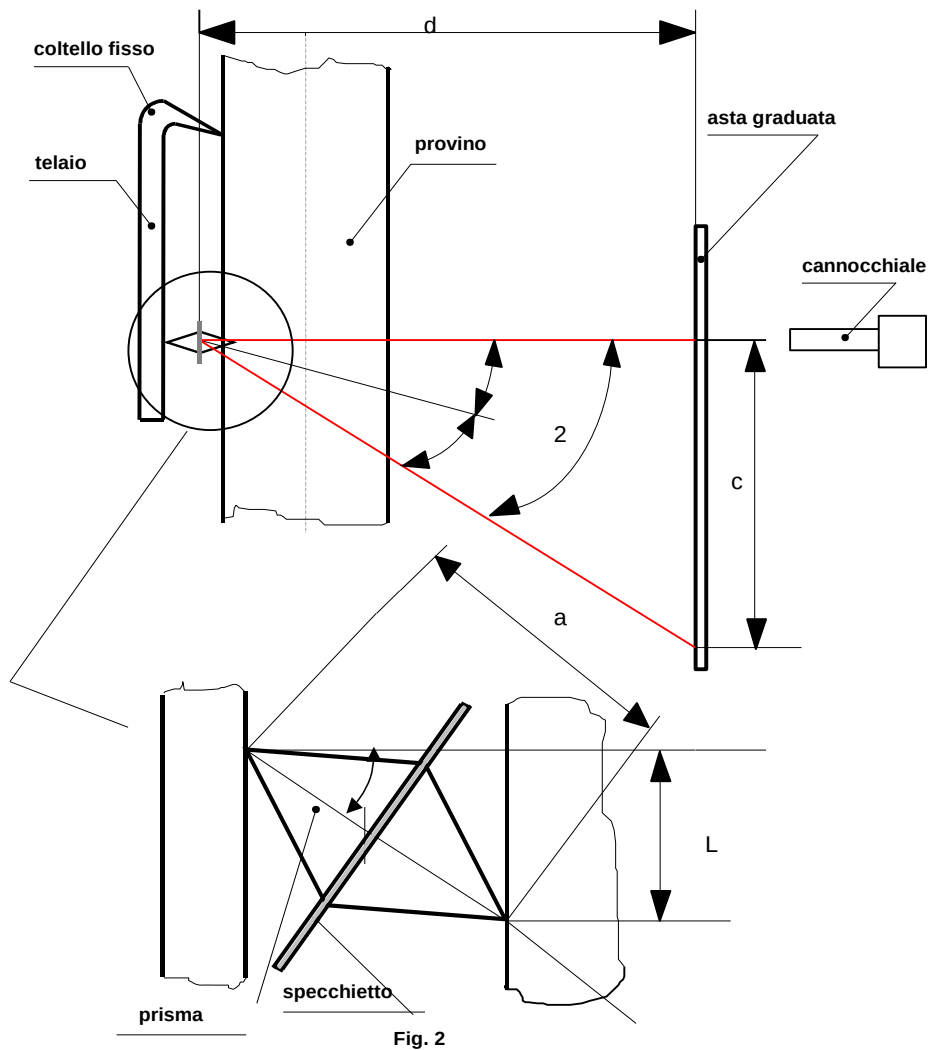


Fig. 2

Dalla fig. 2 si può ricavare:

$$L = a \sin \alpha$$

$$c = d \times \tan 2\alpha$$

dividendo membro a membro si ha:

$$\frac{L}{c} = \frac{a \sin \alpha}{d \tan 2\alpha}$$

essendo α molto piccolo, si può ritenere $\sin \alpha \approx \tan \alpha$ e $\sin 2\alpha \approx 2 \sin \alpha$. Pertanto la precedente relazione diventa:

$$L = c \frac{a}{2d}$$

la deformazione è quindi proporzionale alla lettura sulla scala.

a è una caratteristica dello strumento, generalmente $a=4,222$ mm, se si sceglie una distanza d tra il provino e l'asta graduata di 1055 mm, si ha:

$$L = c \frac{4,222}{2 \cdot 1055} = c \frac{1}{500}$$

o anche, essendo c la lettura sulla scala graduata:

$$c = 500 L$$

generalmente si montano due specchietti in due lati opposti del provino, come si può vedere in fig. 3, sia per compensare eventuali effetti flessionali che possono sorgere durante la prova (disassamento degli afferragli, provino non perfettamente rettilineo ecc), sia per comodità: infatti sommando le due letture, si ottiene la misura dell'allungamento L espresso in millesimi di millimetro.

