



Università degli Studi di Napoli "*Parthenope*"

Dipartimento di Scienze e Tecnologie

Tecnologia delle costruzioni ed allestimento navale
Vincenzo Piscopo

Prova di trazione per materiali a comportamento duttile
Lezione 4 (8/48)

1.1 Classificazione delle prove meccaniche

Si definiscono **caratteristiche meccaniche** l'insieme delle proprietà che i materiali manifestano qualora sottoposti ad un sistema di forze statiche o dinamiche. In funzione della modalità di applicazione del carico, le prove meccaniche sui materiali si classificano in:

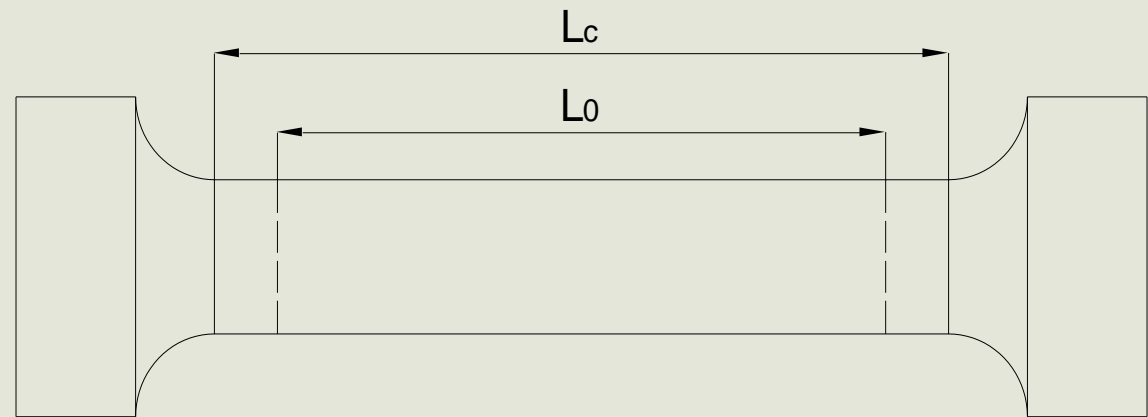
- 1. Prove statiche:** il carico viene incrementato lentamente nel tempo o viene mantenuto costante durante la prova (prova di trazione, di durezza, di compressione, di flessione);
- 2. Prove dinamiche:** il carico viene incrementato velocemente nel tempo (prova di resilienza);
- 3. Prove cicliche:** il carico varia periodicamente in ampiezza e, in alcuni casi, anche in direzione (prova di fatica).

Le prove meccaniche sono eseguite a temperatura ambiente, assunta normalmente pari a 20°C. Qualora le stesse vengano eseguite a temperatura diversa, quest'ultima deve essere obbligatoriamente indicata. Tra le prove meccaniche di tipo statico, la **prova di trazione** è certamente la più importante e diffusa. La stessa consiste nel sottoporre una provetta di materiale, opportunamente prelevata e preparata, ad uno sforzo di trazione fino alla sua rottura, allo scopo di determinare le proprietà meccaniche del materiale in funzione dell'allungamento del provino. Tale prova è effettuata in accordo alla norma UNI EN ISO 6892-1:2016.

1.2 Dimensioni e forma dei provini



I provini adoperati nella prova di trazione presentano un tratto a sezione costante di lunghezza L_c e due teste, le cui dimensioni dipendono dalle dimensioni dalla geometria dei morsetti di serraggio della macchina di prova, raccordate con il tratto a sezione costante. Il raccordo si rende necessario per evitare sovrasollecitazione locali e per distribuire il carico su tutta la sezione del provino. All'interno del tratto a sezione costante si individua un tratto di lunghezza L_0 detto tratto utile. Tale tratto è normalmente suddiviso in almeno 5 parti uguali per valutare, al termine della prova, l'allungamento del provino.



1.2 Dimensioni e forma dei provini

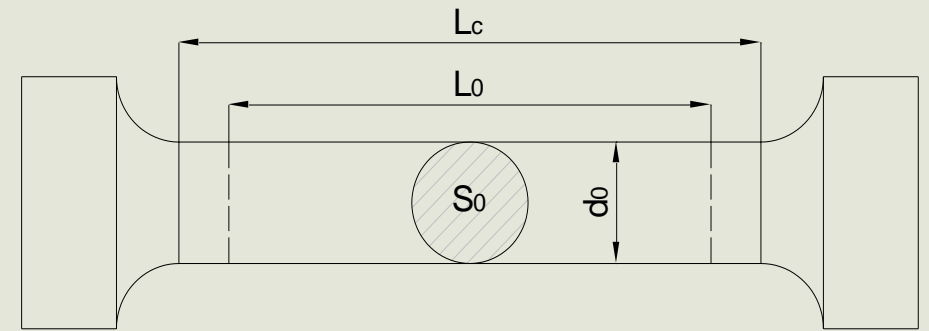
Le dimensioni della sezione trasversale del provino sono generalmente dipendenti dalla sua lunghezza. In particolare un provino si definisce proporzionale se la lunghezza del tratto utile L_0 dipende dall'area della sezione trasversale S_0 in accordo alla relazione:

$$L_0 = k\sqrt{S_0}$$

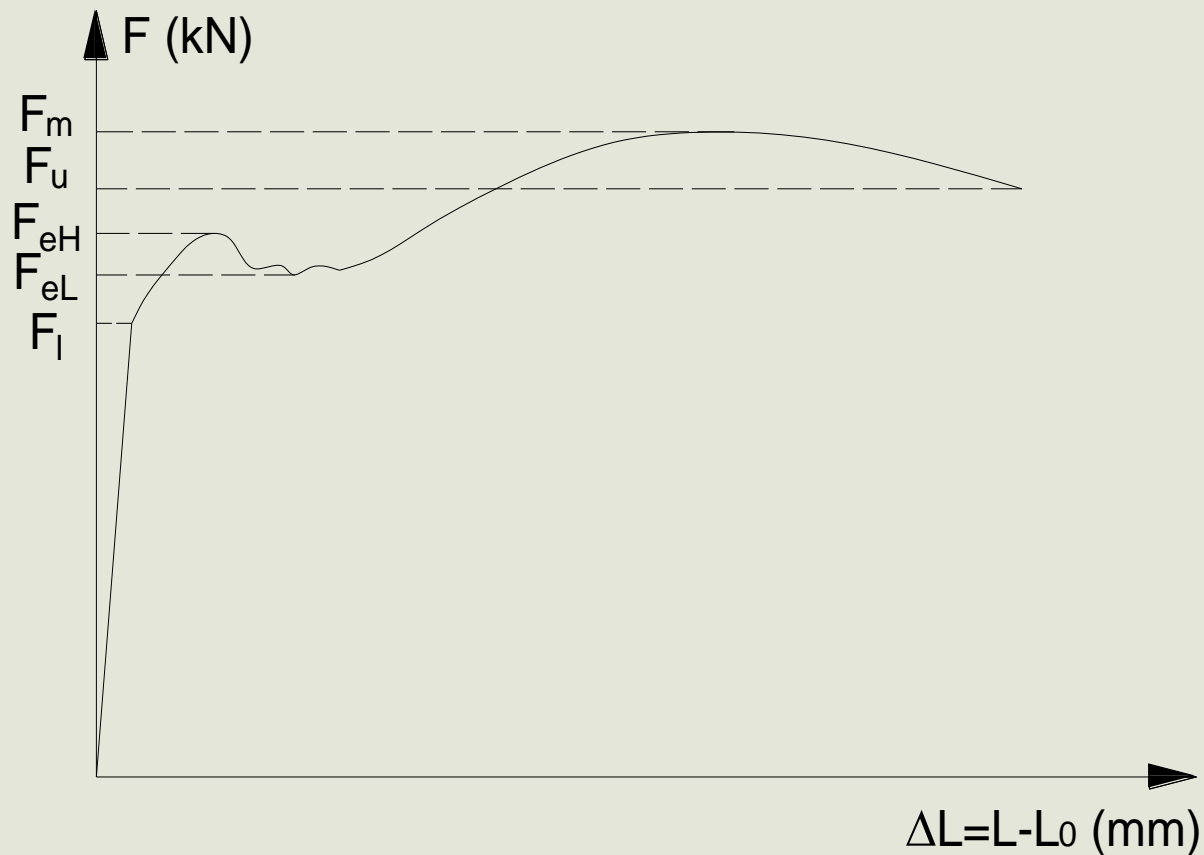
dove $k=5.65$ o 11.30 . I provini possono essere a sezione circolare o rettangolare. Nel primo caso, il diametro d_0 del tratto a sezione costante deve essere non inferiore a 4 mm. Inoltre devono essere soddisfatte le due seguenti condizioni:

$$L_c \geq L_0 + \frac{d_0}{2}$$
$$r \geq 0.75d_0$$

avendo indicato con r il raggio di raccordo tra il tratto a sezione costante e le teste. Pertanto il tratto utile dipende dal diametro del provino mediante la relazione: $L_0 = 5d_0$ ($k=5.65$) o $L_0 = 10d_0$ ($k=11.30$).



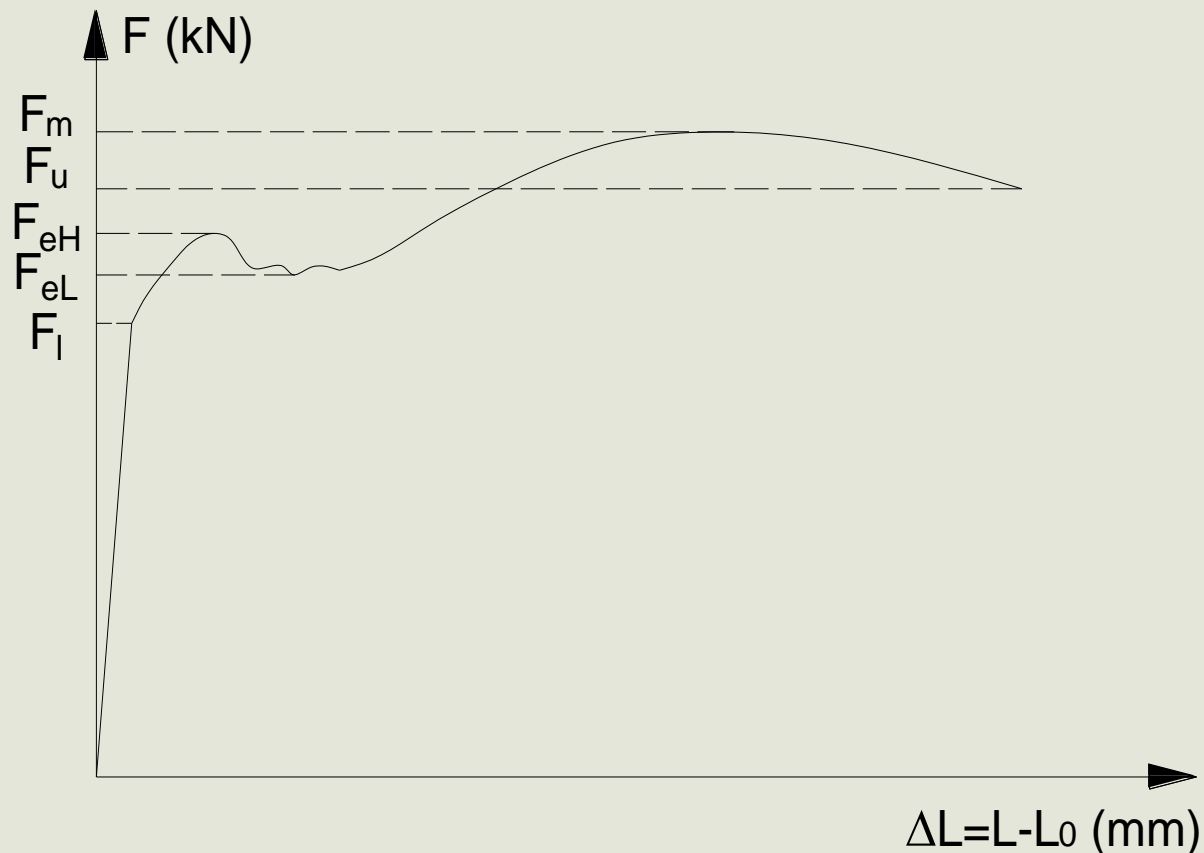
1.3 Diagramma carico-allungamento



Le teste del provino vengono fissate ai morsetti di serraggio della macchina di prova che incrementano gradualmente il carico assiale provocando l'allungamento progressivo del provino stesso. In figura è rappresentato un diagramma forza-allungamento $F - \Delta L$ di un materiale a comportamento duttile. Sul diagramma sono riportati alcuni punti caratteristici:

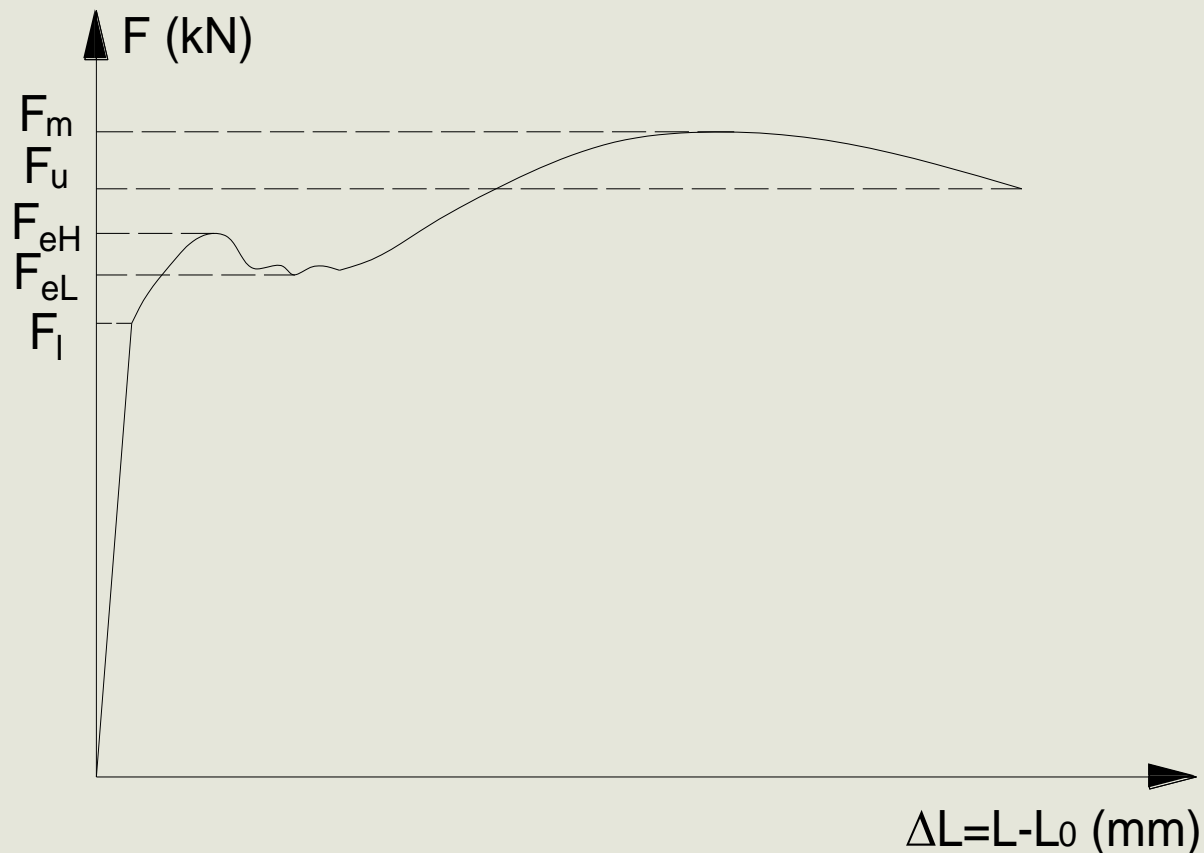
- **Carico al limite di proporzionalità F_l :** fino a tale carico sussiste una relazione lineare di tipo lineare $F = k\Delta L$ tra il carico applicato e l'allungamento del provino. Arrestando la prova ad un valore del carico immediatamente inferiore a quello al limite di proporzionalità, il provino ritorna nella sua configurazione indeformata.

1.3 Diagramma carico-allungamento



- **Carico al limite di snervamento superiore F_{eH} :** tale valore rappresenta il carico limite oltre il quale le deformazioni del provino diventano permanenti. Dopo il raggiungimento di tale valore, si nota una rapida diminuzione ed una successiva oscillazione del carico, legata a contrazioni elementari del materiale. Inoltre, al raggiungimento di tale valore limite si formano sulla superficie esterna del provino delle striature inclinate a 45° rispetto alla direzione di applicazione del carico, dette linee di Lüders, in corrispondenza delle quali avverrà successivamente la rottura del provino.

1.3 Diagramma carico-allungamento



- **Carico al limite di snervamento inferiore F_{eL} :** è il valore minimo prima dell'aumento regolare della forza applicata;
- **Carico massimo o di rottura F_M :** è il carico massimo raggiunto dal provino dopo il quale si nota una diminuzione del carico dovuta al fenomeno della strizione, ovvero alla riduzione locale della sezione trasversale. Pertanto, in seguito alla strizione la forza necessaria per produrre ulteriori allungamento risulta minore di quella richiesta qualora la sezione si mantenesse costante.
- **Carico ultimo F_U :** è il carico in corrispondenza del quale si verifica la rottura del provino.

1.4 Diagramma tensione-deformazione

Il diagramma forza-allungamento dipende non solo dalle caratteristiche meccaniche del materiale ma anche dalle dimensioni della sezione trasversale del provino. Inoltre, l'allungamento registrato è proporzionale alla lunghezza iniziale del provino stesso. Pertanto, per rendere la prova indipendente dalle caratteristiche geometriche del provino si definiscono i seguenti parametri:

- **Tensione o carico unitario** $\sigma = \frac{F}{S_0}$: è il rapporto tra la forza applicata e l'area della sezione indeformata del provino;
- **Deformazione** $\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0}$: è il rapporto tra l'allungamento del provino, valutato sotto l'azione di una assegnata forza applicata, e la lunghezza della configurazione indeformata.

Il diagramma forza-allungamento può dunque essere rielaborato in termini di tensione-deformazione. Inoltre, la relazione di linearità valida fino al carico al limite di proporzionalità viene riscritta come segue:

$$F = k\Delta L \Rightarrow \sigma = E\varepsilon$$

avendo indicato con E il **modulo di Young** del materiale, pari a 208 GPa per gli acciai da scafo.

1.5 Esecuzione della prova

Per quanto riguarda le modalità di esecuzione della prova, queste ultime dipendono prevalentemente dal tipo di macchina e possono essere sostanzialmente di due tipi:

- **Controllo della velocità di incremento del carico unitario:** il carico unitario viene progressivamente incrementato con una velocità dipendente dal modulo di Young del materiale, come indicato in tabella 1;
- **Controllo della velocità di deformazione del provino:** l'incremento del carico viene variato con continuità monitorando la velocità di deformazione del provino che non deve superare assegnati valori limite, come indicato in tabella 2.

Tabella 1

Modulo di Young	MPa/s	
	min	max
<150 GPa	2	20
≥150 GPa	6	60

Tabella 2

Carichi unitari	m/s
fino a F_{eH}	0.00025
oltre F_{eH}	0.0067