



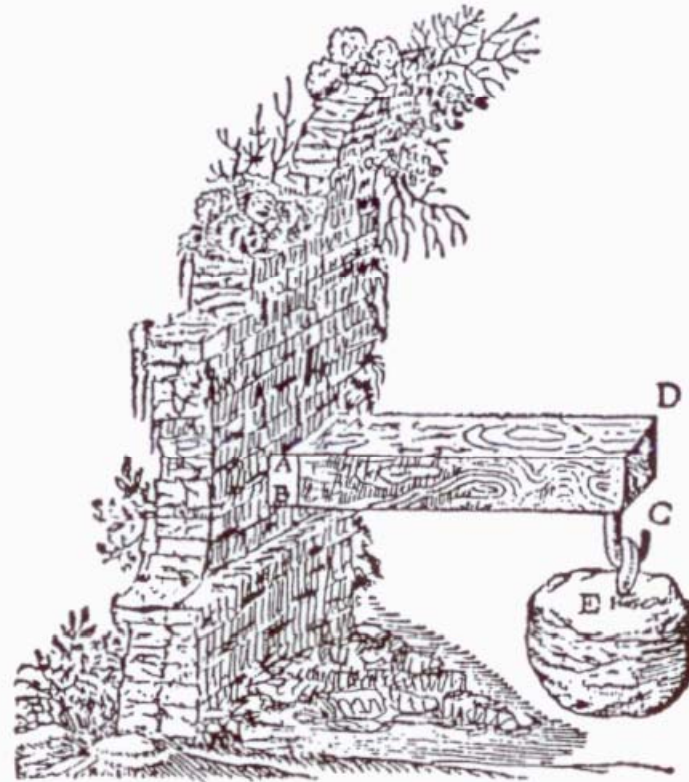
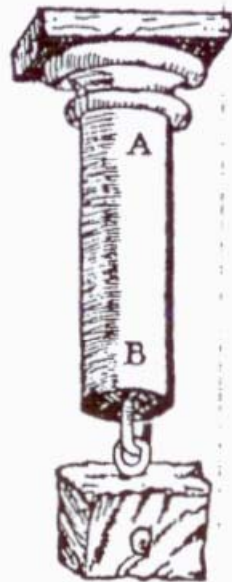
# Macchine di prova

Il compito storicamente affidato alle macchine di prova è stato quello di qualificare i diversi materiali impiegati dall'ingegnere. Si sono quindi dovuti progressivamente definire con opportune norme parametri da misurare, le condizioni di prova (ad es. trazione semplice, compressione, urto, imbutitura, piegamento, ecc.) e le forme dei provini.

Con l'aumentare delle norme si sono ovviamente moltiplicati i dispositivi e gli accessori delle macchine.

Esiste poi una seconda strada su cui sono avviati da qualche anno i laboratori

Si tratta di provare non più il materiale, ma bensì il pezzo, realizzando dispositivi capaci di applicare a pezzi o modelli di forma e dimensioni molto varie carichi ovvero deformazioni prescelti e generalmente variabili nel tempo, che simulino le condizioni reali di esercizio.



6.1 – Schema di prove di trazione e di flessione, secondo Galileo Galilei (figure tratte da *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, Leida, 1638).

Le macchine di prova dei materiali possono essere classificate in vario modo, ed una loro enumerazione descrittiva non è semplice per la varietà delle prove che si possono eseguire e dei materiali che si possono sottoporre a prova.

Noi ci limiteremo a parlare delle macchine di prova cosiddette universali che si distinguono per un telaio di carico ed un corredo di afferraggi che permettono di sollecitare provini molto diversi tra loro quanto a forma e dimensioni, e di realizzare le prove unificate di trazione (UNI 556), compressione (UNI 558) e flessione statica (UNI 559). Queste macchine sono in genere dotate di più scale di carico e dispongono di sistemi di programmazione e di comando che permettono di realizzare cicli di sollecitazione del provino molto diversi tra loro quanto a forma ed a frequenza.

Se si considera la posizione dell'asse del provino che viene sollecitato dalla macchina, le macchine di prova possono essere distinte in macchine **orizzontali** e **verticali**.

Le macchine orizzontali vengono usate per prove su funi, cavi e catene; la lunghezza del provino può raggiungere i 10 m.

Le macchine di prova verticali costituiscono il tipo più diffuso: qui la lunghezza del provino non supera in genere i 2 m.

## Le macchine idrauliche a comando manuale.

L'operatore agisce sulle due valvole di mandata e scarico dell'impianto idraulico ( $V_c$  e  $V_s$ ), e può così regolare la velocità di applicazione del carico (1). Sul quadrante  $Q$  vi sono in genere due indici: un primo per l'indicazione del carico, un secondo folle che viene trascinato dal primo, e serve per indicare il carico di rottura del provino, quando il primo indice torna di colpo a zero.

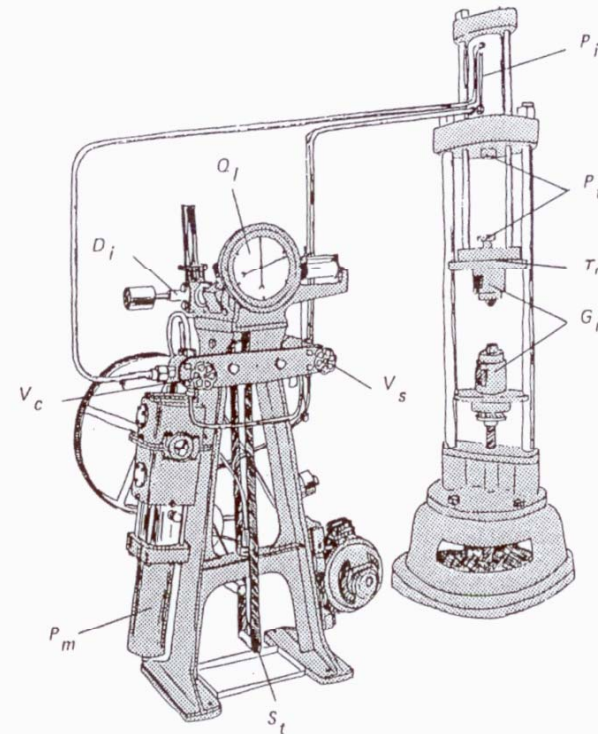


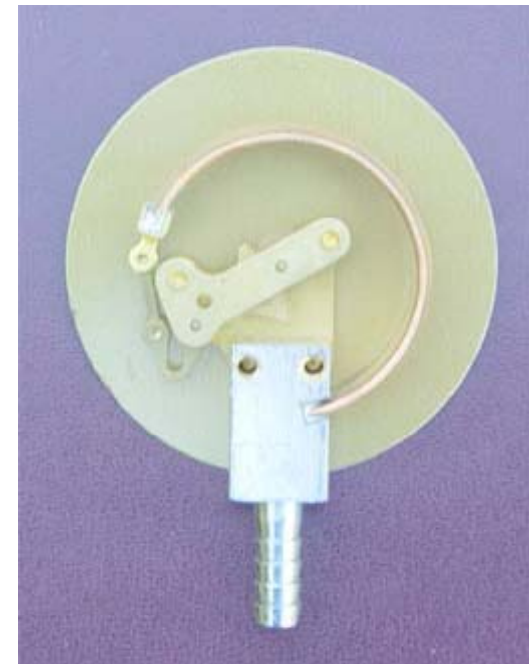
Fig. 6.3 – Macchina di prova dei materiali di tipo idraulico a comando manuale. A sinistra la console di comando che contiene:  
 – la pompa idraulica  $P_m$ ;  
 – le valvole a rubinetto di carico  $V_c$  e scarico  $V_s$  che comandano l'efflusso dell'olio;  
 – il sistema di misura del carico costituito dallo stantuffo di misura  $S_t$ , il dinamometro a pendolo  $D_i$ , il quadrante di lettura del carico  $Q_l$ .  
 A destra il telaio di carico. Il pistone di carico  $P_i$  che comanda la traversa mobile  $T_r$  è a semplice effetto: sono quindi necessari due spazi separati per le prove di trazione (in cui il provino è afferrato tra le ganasce  $G_n$ ) e quelle di compressione (in cui il provino è compresso tra i piattelli  $P_t$ ).

## La misura del carico, della deformazione, dello spostamento

Nelle macchine idrauliche **a comando manuale** la misura del carico si riduce a quella della pressione dell'olio nel cilindro di carico, di cui si conosce la sezione. Questa pressione è misurata con trasduttori di tipo meccanico, e principalmente con tubi di Bourdon e dinamometri a pendolo.

### Manometri Bourdon

*Sono costituiti da un tubo solitamente di sezione ovale e il cui asse è disposto lungo una circonferenza (ma può essere avvolto anche per più di 360°, e quindi assumere forma di spirale), detto appunto tubo Bourdon. Si era notato che un tubo di tale forma tende ad aumentare il proprio raggio di curvatura all'aumentare della pressione interna al tubo; la misurazione del raggio da la misura della pressione. Nella pratica, il tubo è collegato ad una estremità con un punto fisso, messo in connessione con l'ambiente di misura; l'altra estremità è connessa ad un leverismo che ne amplifica lo spostamento, e lo traduce nel movimento circolare di un indice lungo una scala graduata. Vedi la figura 2. I manometri Bourdon costituiscono la stragrande maggioranza dei misuratori di pressione oggi usati.*



## Dinamometro a pendolo

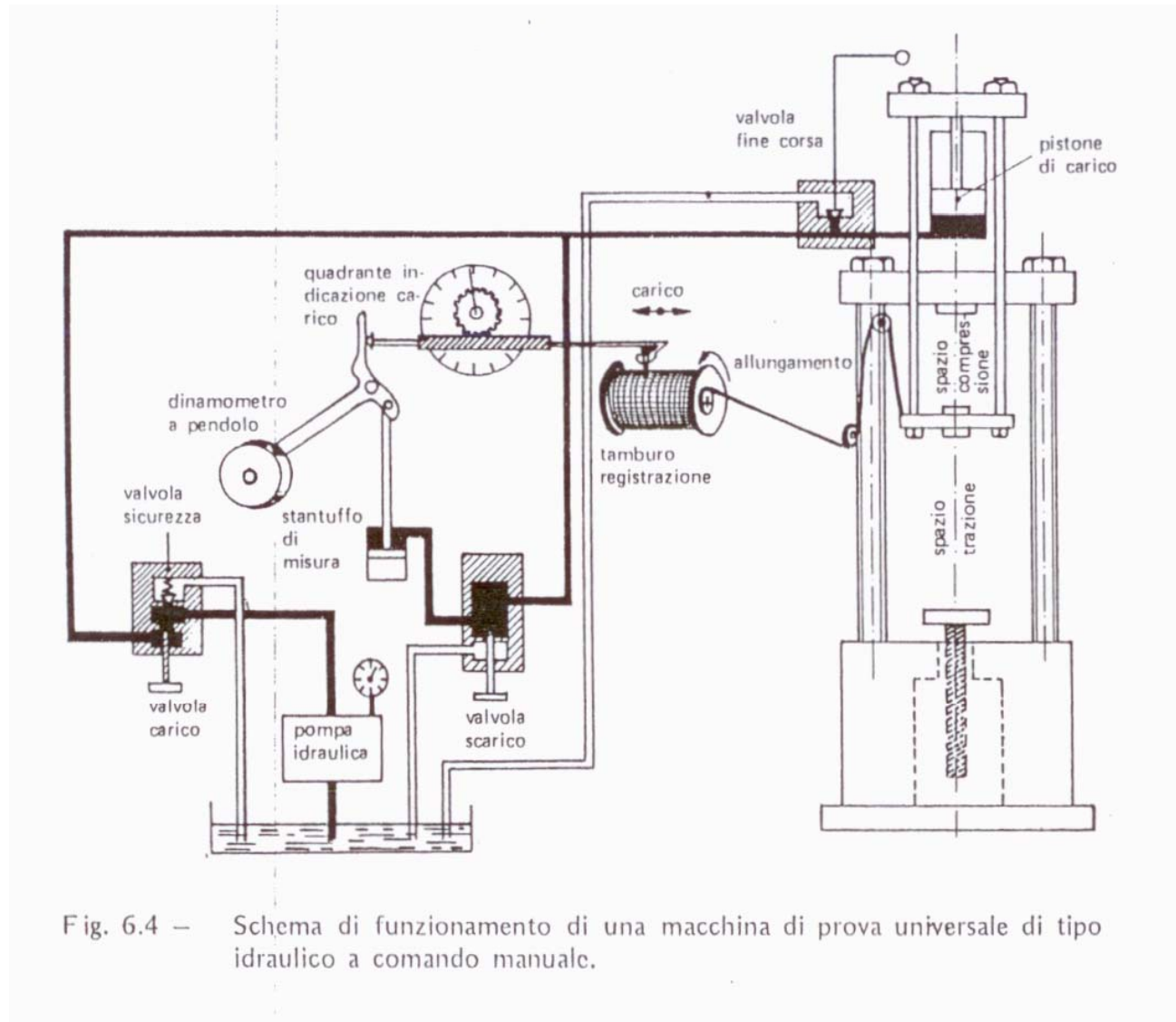


Fig. 6.4 – Schema di funzionamento di una macchina di prova universale di tipo idraulico a comando manuale.

## Macchina di prova del DIAS

### MACCHINA PER PROVE STRUTTURALI METROCOM

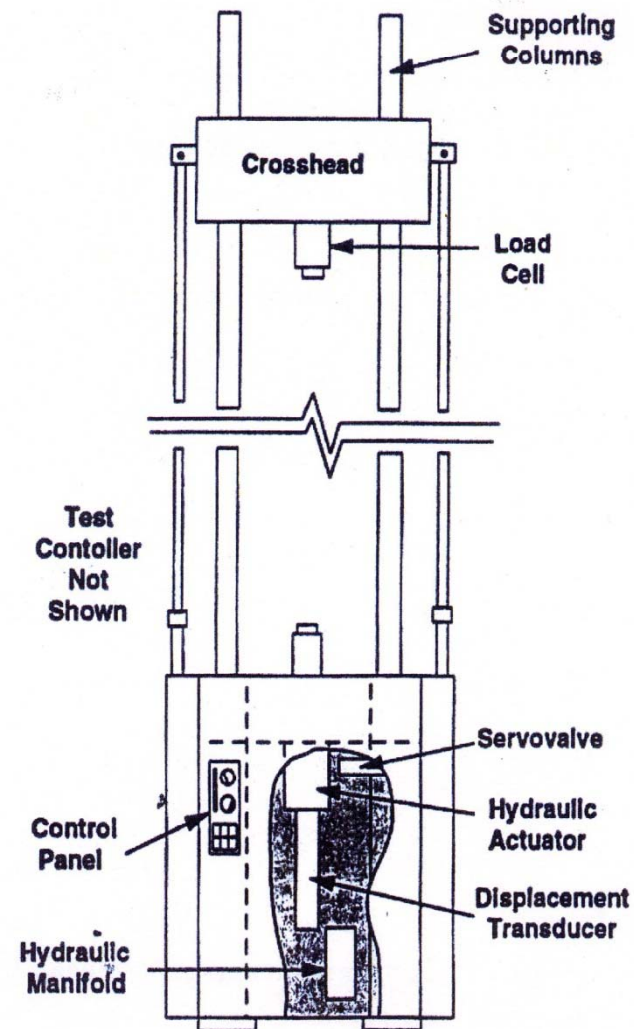
*Capacità di tiro :*

**100 000N**

*(in trazione o compressione)*

**Max. estensione  
del provino:**

**ca. 50cm**



## Le ganasce

Le ganasce permettono di afferrare sulla macchina provini di spessore e di forma diversi. Esse devono garantire una perfetta assialità del carico, nelle prove di trazione.

Le ganasce di tipo meccanico (di uso pressoché generale) sono quindi divise in due metà, ed il serraggio è ottenuto mediante un sistema a cuneo, che mantiene parallele le superfici 'a contatto con il provino, ed applica una forza di serraggio trasversale proporzionale al carico assiale sul provino. Vi sono ganasce piatte (per lamiera, provini piatti, o tondi di piccola sezione) e ganasce per provini tondi. In queste ultime il collegamento tra provino e ganascia può realizzarsi con una filettatura, mediante uno spallamento, ovvero per attrito.

Esistono poi le ganasce pneumatiche, introdotte di recente, in cui a forza di serraggio trasversale può essere regolata a piacere. Esse sono usate principalmente per prove di fatica con cicli alternati, dove è necessario che siano nulli i giochi tra sistema di afferraggio e provino nell'istante in cui il carico cambia di segno.

## La verifica delle macchine di prova

Una macchina di prova può essere considerata uno strumento di misura, e poiché i risultati da essa ottenuti spesso vengono usati per il controllo di forniture commerciali, le norme impongono verifiche periodiche della sua taratura.

La norma UNI 6326-68 (in concordanza con la ISO/ R 147) si riferisce alla verifica della taratura della scala dei carichi delle macchine usate per prove di trazione.

Si verificano almeno 5 punti, egualmente spazati nei 4/5 superiori della scala. Poiché le macchine universali sono generalmente dotate di più portate, si dovranno verificare separatamente le diverse scale. In ogni punto di verifica si applica un carico noto (detto “carico vero”) alla macchina e si confronta il carico indicato dalla macchina con il valore del carico vero.

Per l'applicazione del carico vero si può procedere in tre modi:

--applicando alla traversa mobile dei pesi morti, precisi entro  $\pm 0,1\%$  almeno. Ciò può richiedere clic sia tenuto conto delle variazioni di  $g$  secondo la località. Questa procedura è ovviamente adatta solo a carichi relativamente modesti;

— mediante pesi morti applicati mediante leve, I pesi ed i bracci delle leve devono essere precisi entro  $\pm 0,2\%$ ;

— leggendo il valore del carico su di un dinamometro di precisione inserito nel telaio di carico della macchina. L'errore del dinamometro non deve superare  $\pm 0,5\%$  ( $0,2\%$ ) del suo carico nominale, per macchine che devono essere verificate entro  $\pm 1\%$  ( $0,5\%$ ). Se il dinamometro ha un coefficiente di correzione per la temperatura può essere necessario tener conto delle correzioni corrispondenti.

Per ognuno dei 5 punti di misura l'operazione di verifica è ripetuta 5 volte, scaricando ogni volta tutto o parte del carico. I valori così ottenuti siano  $F_1$   $F_2$   $F_3$   $F_4$   $F_5$ . Il valore vero del carico sia  $F$ . Vengono calcolati, per ogni punto di misura:

– *la ripetibilità percentuale*: massima differenza ottenuta tra i carichi indicati, divisa per il carico vero:

$$100 \cdot \frac{F_{\max} - F_{\min}}{F_i} \quad (6.1)$$

– *l'errore percentuale di precisione*: differenza tra il carico vero e la media aritmetica dei carichi indicati dalla macchina, espressa in percento di quest'ultimo:

$$100 \cdot \frac{F_i - \bar{F}}{F_i}; \quad \bar{F} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5}{5} \quad (6.2)$$

Dopo la verifica la macchina può essere classificata in una delle due classi seguenti:

- classe 0,5 (macchine destinate a prove per le quali è essenziale un elevato grado di precisione) quando
  - a) *la ripetibilità percentuale* sia inferiore, in ogni punto di verifica, al più elevato di questi due limiti: 0,5% del carico applicato, ovvero 1% della portata massima; e quando
  - b) *l'errore percentuale di precisione* sia inferiore, in tutti i punti di verifica, allo 0,5%.
- classe 1 (macchine destinate a prove correnti comunemente eseguite per le relazioni commerciali). In questo caso sono raddoppiati i limiti sopra indicati per la classe 0,5.

## **Relazione tra velocità di applicazione del carico, deformabilità della macchina di prova e carico di snervamento del provino**

Per determinare le proprietà meccaniche dei materiali metallici (carico di proporzionalità, carico di snervamento, carico rottura, ecc. ...) si usano prove a trazione su provini di tipo unificato.

Tutti questi valori sono generalmente influenzati dalle condizioni di prova (ad es. assialità del carico, tipo di afferraggi, ecc.), ma in particolare è noto da tempo che il valore del carico di snervamento è fortemente influenzato dalla velocità di applicazione del carico. Questa dipendenza è assai evidente nel caso delle leghe leggere, dei metalli a basso punto di fusione e degli acciai provati ad alta temperatura, ma è misurabile anche nel caso consueto di acciai provati a temperatura ambiente.

Meno noto è l'effetto dovuto ad un'altra grandezza di influenza, e :cioè la deformabilità sotto carico della struttura della macchina di prova (telaio fisso e telaio mobile). In effetti l'energia fornita dal motore della macchina di prova serve per deformare sia il provino che la struttura della macchina.

Snervendosi il provino il suo modulo elastico  $E$  decade bruscamente, e si ha una trasformazione di parte dell'energia elastica, immagazzinata dalla macchina in lavoro di deformazione del provino.

Il fenomeno è stato intensamente studiato in questi ultimi anni, ed ha portato alla redazione della norma internazionale 150 DIS 82 e della successiva norma italiana PROG n. 823 del giugno 1973, che sostituirà la UNI 556 (Prova di trazione dei materiali ferrosi). In entrambe le norme si tiene infatti conto non solo della velocità di applicazione del carico, fissata all'inizio della prova, e cioè in campo elastico, ma anche della deformabilità della macchina di prova.

Nelle macchine idrauliche a comando manuale, ancora molto diffuse, la prova di trazione è eseguita sostanzialmente in condizioni di apertura costante della valvola di regolazione del circuito idraulico, cioè in condizioni di portata di olio costante. Come si vedrà nei successivi paragrafi, ciò non corrisponde né a velocità di carico costante lungo tutta la prova, né a velocità di deformazione del provino costante. Il provino, infatti, viene deformato in campo plastico molto più velocemente che non in campo elastico, e la velocità di applicazione del carico, costante in campo elastico, diviene quasi zero nella zona plastica del provino.

Nelle macchine meccaniche con comando a circuito aperto si prestabilisce la velocità di spostamento della traversa mobile, comandata in genere dal motore mediante due viti verticali.

La deformazione del provino è tuttavia solo una parte (variabile da prova a prova) dello spostamento della traversa, che comprende anche la deformazione del telaio della macchina. Inoltre lo stesso rapporto tra le deformazioni del provino e della macchina è diverso — in una stessa prova — in campo elastico ed in campo plastico.

Nelle macchine con comando elettronico a circuito chiuso, infine, si possono esattamente realizzare le condizioni sia di velocità di deformazione del provino costante lungo tutta la prova (campo elastico e campo plastico), sia di velocità di applicazione del carico costante, sia di velocità di spostamento della traversa costante.

Si possono cioè simulare le diverse condizioni limiti ed ideali che non si ottengono in pratica sulle macchine a comando manuale od in genere non asservite.

velocità di deformazione del provino in campo plastico.

Tanto più è elevata questa velocità, tanto più elevato è il valore del carico di snervamento inferiore che si misura. Con le macchine consuete (a comando manuale ovvero a circuito aperto) questa velocità di deformazione in campo plastico non può però essere prefissata. Essa può solo essere calcolata dalla conoscenza dei tre seguenti parametri:

- la velocità di applicazione del carico in campo elastico (che nel caso delle macchine idrauliche è prefissata attraverso l'apertura della valvola, e che nel caso delle macchine meccaniche è prefissata attraverso la velocità di spostamento della traversa);
- la deformabilità della macchina;
- la deformabilità del provino (modulo elastico  $E$ , sezione  $A$ ).

E' a questi ultimi tre parametri, dunque, che si fanno norme. Per quei materiali, poi, in cui la deformazione parte da zone limitate per poi propagarsi, giocano un ruolo parametri relativi alla geometria del sistema, e cioè:

- la geometria del provino (forma, raccordi, ecc.);
- l'assialità o meno del carico;
- il tipo di afferraggio del provino (ad attrito, con filettatura)..

## 6.7.2. Deformabilità della macchina di prova e rapporto di durezza.

Con riferimento alla fig. 6.8, relativa ad una macchina di prova idraulica, se durante una prova di trazione, per una stessa variazione  $\Delta P$  del carico, si misurano mediante due trasduttori:

$\Delta l_0$  = allungamento del provino = variazione della distanza tra ganascia fissa e ganascia mobile della macchina; e

$\Delta l_{tot}$  = spostamento dello stantuffo di carico della macchina,

si nota che  $\Delta l_{tot} > \Delta l_0$ , cioè che la macchina si è deformata anch'essa, mentre si deformava il provino.

Si possono definire i seguenti parametri:

*deformabilità del provino:*

$$K_p = \frac{\Delta l_0}{\Delta P} = \frac{l_0}{E A} \quad (6.3)$$

$l_0$ ,  $A$ ,  $E$  essendo lunghezza iniziale, area iniziale del provino e suo modulo di Young in campo elastico;

*deformabilità della macchina di prova:*

$$K_m = \frac{\Delta l_{tot} - \Delta l_0}{\Delta P} = \frac{\Delta l_{macch}}{\Delta P} \quad (6.4)$$

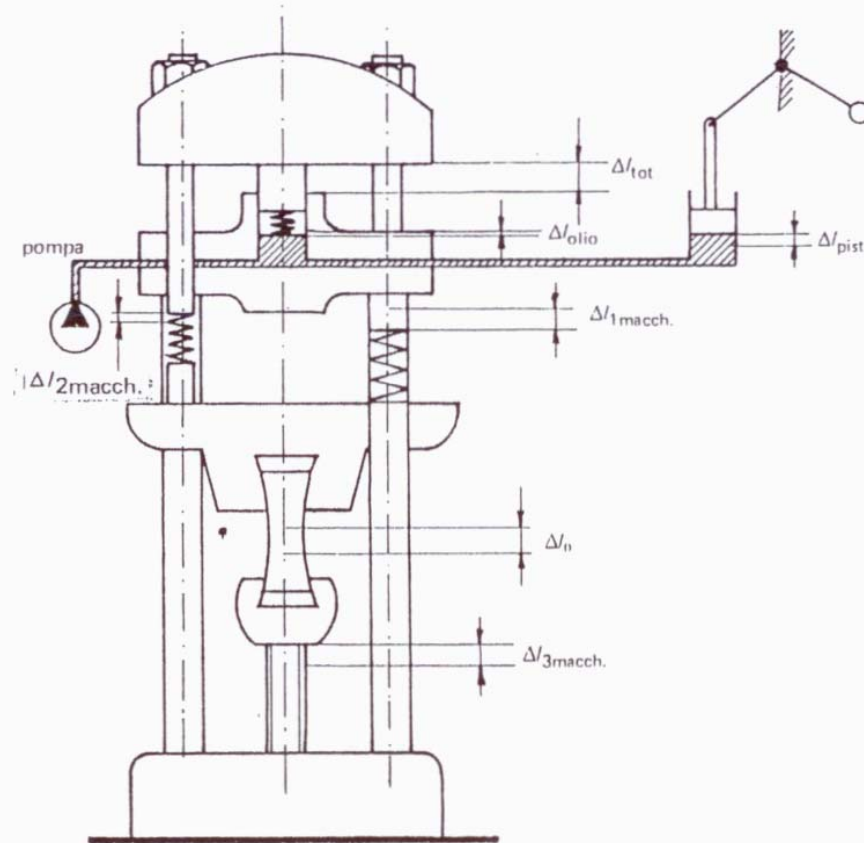


Fig. 6.8 – Macchina di prova di tipo idraulico. L'applicazione del carico al provino si ottiene con la mandata di olio in pressione nel cilindro di carico. Il volume di olio fornito dalla pompa serve per:

- deformare il provino ( $\Delta l_0$ );
- deformare le diverse parti della macchina ( $\Delta l_{1macch.}$ ;  $\Delta l_{2macch.}$ ;  $\Delta l_{3macch.}$ );
- compensare la comprimibilità dell'olio ( $\Delta l_{olio}$ );
- spostare il pistone misuratore ( $\Delta l_{pist.}$ );
- compensare le perdite per difetto di tenuta.

L'allungamento della macchina ( $\Delta l_{\text{macch.}}$ ) è sostanzialmente costituito da tre termini:

$\Delta l_{1\text{macch.}}$  = compressione delle colonne del telaio fisso;

$\Delta l_{2\text{macch.}}$  = allungamento delle colonne del telaio mobile;

$\Delta l_{3\text{macch.}}$  = allungamento della vite di sostegno della ganasce fissa.

Bisogna subito notare che la deformabilità della macchina di prova non è affatto trascurabile rispetto alla deformabilità del provino, ma anzi risulta in genere diverse volte maggiore (ad es.  $K_m/K_p$  compreso tra 3 e 10).

Un'altra osservazione importante è che il valore di  $K_m$ , per una stessa macchina, è *quasi* una costante. La deformabilità della macchina varia in effetti con il carico, e può ritenersi una costante solo ai carichi più elevati (ad es. nei 4/5 superiori della scala: si veda come esempio la fig. 6.9).

Si può infine definire, per una data condizione di prova, un *rapporto di durezza*  $H$  del sistema, definito come rapporto tra la deformazione  $\Delta l_{\text{tot}}$  del sistema (macchina + provino) e quella  $\Delta l_0$  del solo provino, entrambi misurati in campo elastico, per uno stesso incremento di carico:

*rapporto di durezza*  $H$  (misure in campo elastico):

$$\frac{\Delta l_{\text{tot}}}{\Delta l_0} = \frac{\Delta l_0 + \Delta l_{\text{macch}}}{\Delta l_0} = 1 + \frac{K_m}{K_p} = 1 + \frac{K_m A E}{l_0} \quad (6.5)$$

Per una stessa macchina di prova  $H$  varia per ogni diverso provino (lunghezza  $l$ , sezione  $A$ , modulo elastico  $E$ ) ed in funzione del tipo di afferraggio. Sarebbe  $H = 1$  per una macchina infinitamente rigida ( $K_m = 0$ ). Nella pratica è sempre  $H > 1$  e tanto più grande quanto più la macchina è deformabile, rispetto al provino. Il rapporto di durezza  $H$  è molto importante perché, come si vedrà al paragrafo 6.7.5. esso esprime anche, nel limite di validità di certe ipotesi e semplificazioni, il rapporto tra la velocità di deformazione del provino in campo plastico (che si vuole ottenere) e la velocità di deformazione all'inizio della prova, e cioè in campo elastico (velocità che si può imporre).

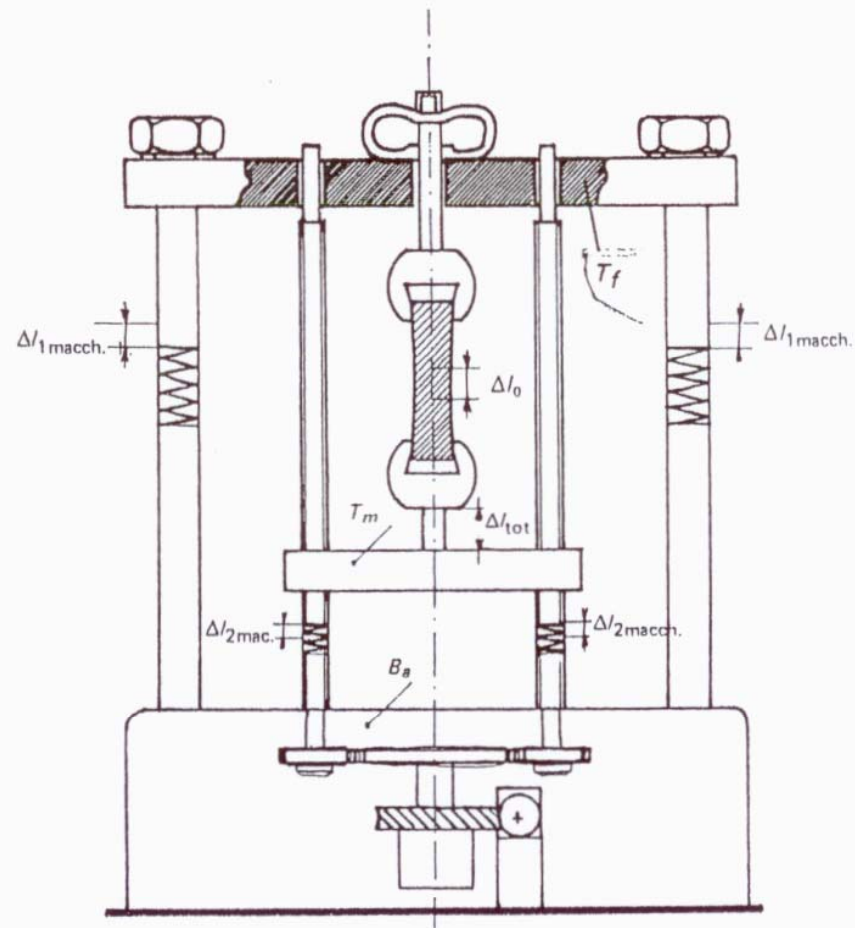
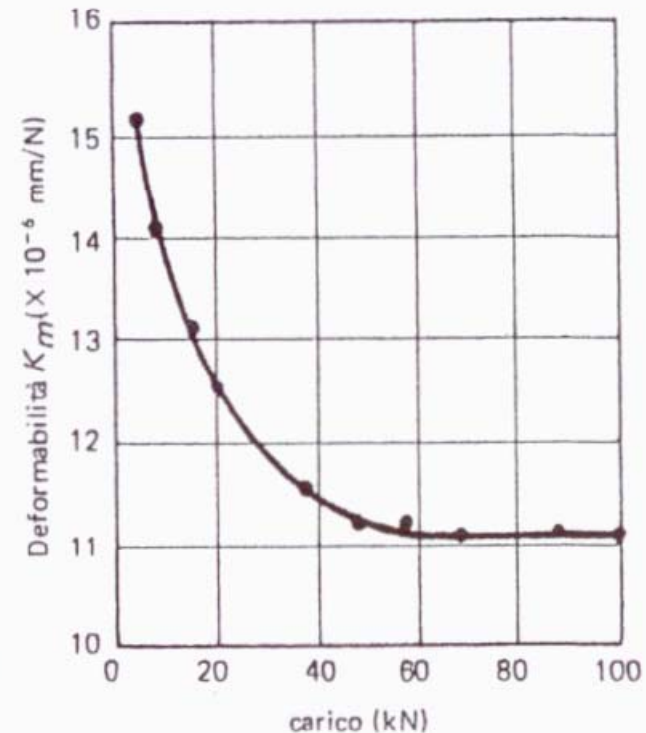


Fig. 6.10 – Macchina di prova di tipo meccanico. Lo spostamento della traversa mobile  $T_m$  ( $\Delta l_{tot}$ ) è somma di:

- deformazione del provino ( $\Delta l_0$ )
- deformazione delle diverse parti della macchina: colonna ( $\Delta l_{1macch.}$ ); viti ( $\Delta l_{2macch.}$ ), traverse fisse e mobili, basamento, dinamometro.

Fig. 6.9 –  
Valori di  $K_m$  (deformabilità della macchina di prova) misurati dagli autori su di una macchina Amsler di tipo idraulico (portata 100 kN = 10 t) in corrispondenza a diversi valori del carico applicato. Per la misura si sono utilizzati due trasduttori di spostamento a variazione d'induttanza: l'uno per la misura dello spostamento tra ganascia fissa e ganascia mobile ( $\Delta/0$ ), l'altro per la misura dello spostamento del pistone ( $\Delta/_{tot}$ ). Collegando i due trasduttori in maniera differenziale si è ottenuto un segnale proporzionale alla deformazione della macchina ( $\Delta/_{macch}$ ) che è stato inviato all'asse Y di un registratore XY. Sull'altro asse si è registrato, mediante un ponte estensimetrico, il valore del carico applicato al provino.



6.7.3. Deformazione della macchina e del provino in campo elastico ed in campo plastico. Si consideri una prova di trazione con snervamento del provino (fig. 6.11). Lo spostamento del pistone (o della traversa mobile) ( $\Delta/_{tot}$ ) si distribuisce tra deformazione del provino ( $\Delta/_{o}$ ) e deformazione della macchina ( $\Delta/_{macch}$ ).

Nella prima parte della prova (campo elastico) il rapporto  $\Delta/_{o}/\Delta/_{tot} = K_p/(K_p + K_m)$  può essere calcolato dalla conoscenza della geometria del provino e della deformabilità della macchina ( $K_m$ ). Sarà in genere  $K_m > K_p$  come si vede in fig. 6.11.

Arrivati al carico di snervamento la deformabilità del provino aumenta di colpo, e prevale dunque la deformazione del provino rispetto a quella della macchina. A questo punto si possono avere due diversi andamenti del fenomeno, entrambi rappresentati in fig. 6.11:

a) Non si ha caduta di carico allo snervamento (ciò che si ottiene con macchine molto deformabili ( $K_m$  grande) ovvero con velocità di applicazione del carico elevate).

b) Si ha una brusca caduta di carico allo snervamento (ciò che all'opposto si ottiene con macchina poco deformabili ( $K_m$  piccolo) ovvero

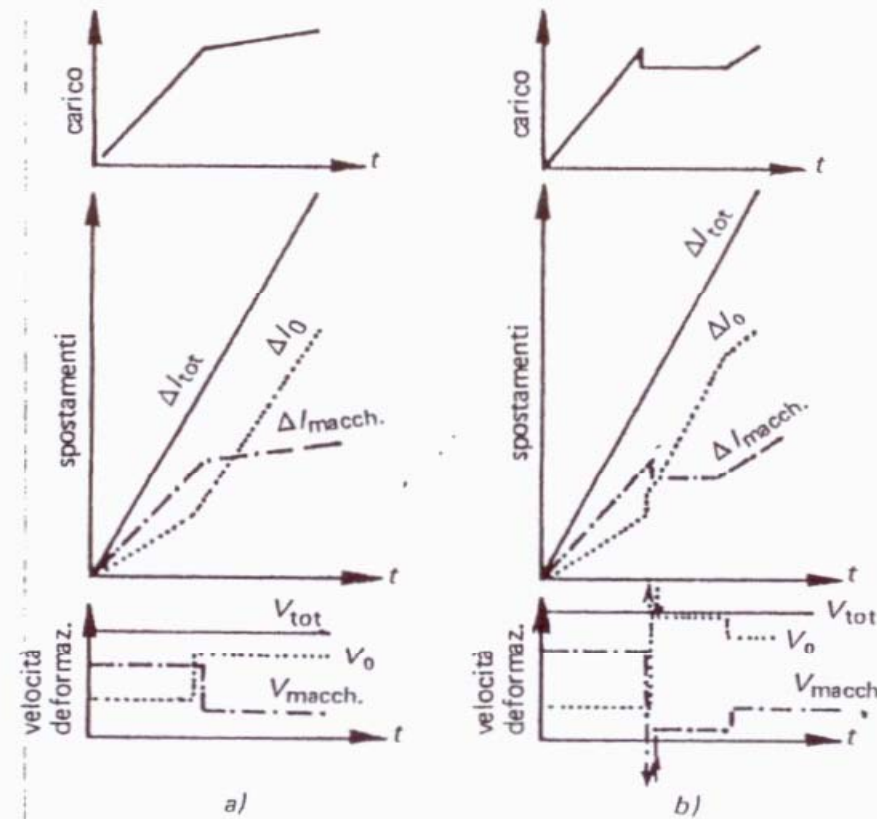


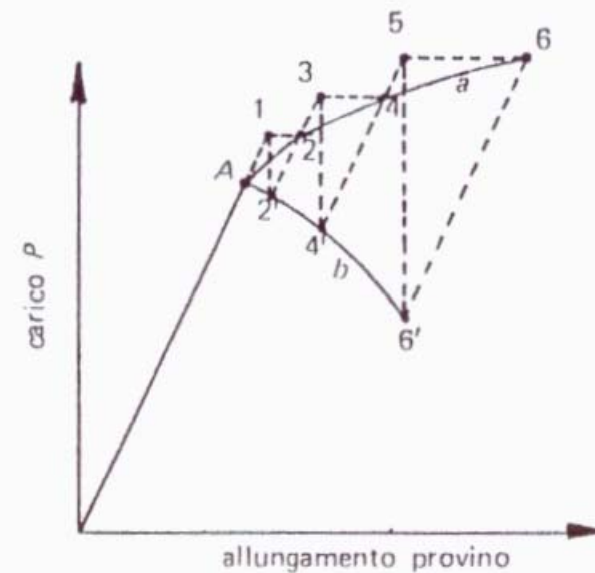
Fig. 6.11 – Prova di trazione con snervamento del provino: *a)* senza caduta del carico; *b)* con caduta del carico. Andamento, in funzione del tempo, degli spostamenti e della velocità di deformazione del cilindro di carico (o traversa mobile) ( $\Delta I_{tot}$ ,  $V_{tot}$ ); del provino ( $\Delta I_o$ ,  $V_o$ ); della macchina di prova ( $\Delta I_{macch}$ ,  $V_{macch}$ ) - (Da A. Krisch ed a., vedi Bibliografia).

6.7.4. Influenza della deformabilità della macchina ( $K_m$ ) sullo snervamento. L'influenza della deformabilità della macchina di prova ( $K_m$ ) sul fenomeno dello snervamento si può spiegare considerando che il telaio di una macchina molto deformabile ( $K_m \rightarrow \infty$ ) è capace di seguire le deformazioni plastiche del provino senza determinare una apprezzabile caduta di carico, proprio perché esso non richiede, per essere deformato, forze apprezzabili. Al contrario in una macchina poco deformabile ( $K_m \rightarrow 0$ ) si hanno forti variazioni di carico per piccole deformazioni del telaio della macchina, e quindi grandi cadute di carico non appena lo snervamento del provino permette alla macchina di recuperare una parte della sua deformazione elastica.

In fig. 6.12 si possono osservare le due curve limiti nei casi di:

- a) macchina infinitamente deformabile ( $K_m = \infty$ ), e
- b) macchina infinitamente rigida ( $K_m = 0$ ).

Fig. 6.12 –  
Andamento del diagramma carico-deformazione in corrispondenza dello snervamento, nei due casi limiti di: a) macchina infinitamente deformabile ( $K_m = \infty$ ); b) macchina infinitamente rigida ( $K_m = 0$ ).



6.7.5. Influenza della velocità di applicazione del carico sullo snervamento. Considerando il fenomeno dello snervamento come un fenomeno di visco-elasticità, si può assumere che la resistenza che l'attrito interno del materiale offre alla deformazione del provino cresce al crescere della velocità di deformazione.

Sperimentando su provini di acciaio (di egual lunghezza e forma) si è trovato (Bray ed a., vedi Bibliografia), che, per uno stesso materiale, il carico di snervamento inferiore  $R_e$  (2) è legato alla velocità di deformazione del provino in campo plastico ( $\dot{\epsilon}_p$ ) da una relazione del tipo:

$$R_e = a + b \log \dot{\epsilon}_p \quad (6.6)$$

dove:

$a$  rappresenta una costante, caratteristica del materiale;

$b \log \dot{\epsilon}_p$  è il termine che tiene conto della sensibilità del materiale alla velocità di deformazione. Per una variazione di  $\dot{\epsilon}_p$  di 10 volte questo termine assume valori compresi tra  $8 \text{ N/mm}^2$  (materiali che non presentano uno snervamento visibile) e  $19 \text{ N/mm}^2$  (acciai dolci con uno snervamento netto).

Al fine di ottenere, tra laboratori diversi, valori del carico di snervamento confrontabili tra loro, le norme hanno fissato un valore di riferimento per la velocità di allungamento del provino durante la fase plastica che segue allo snervamento. Esso è:

$$\dot{\epsilon}_p = 0,15 \frac{\text{mm/mm}}{\text{min}}$$

Con le macchine di prova meccaniche questo valore viene fissato all'inizio della prova come velocità di spostamento della traversa mobile; ovviamente la velocità di deformazione del provino in campo elastico risulterà più bassa e dipenderà dal valore del *rapporto di durezza H*, definito dalla (6.5).

Nel caso delle macchine idrauliche, invece, per trovare il legame tra la velocità di applicazione del carico al provino in campo elastico (che si può controllare attraverso l'apertura della valvola) e la velocità di deformazione del provino nella fase plastica dello snervamento (che si vuole ottenere uguale a 0,15 (mm/mm)/min) si può procedere nel modo seguente:

Si suppone che la portata (volumetrica) della pompa idraulica rimanga invariata nel corso della prova. Si suppone inoltre, per semplicità, che la portata della pompa sia pari al volume ottenuto moltiplicando la sezione dello stantuffo di carico per il suo spostamento ( $\Delta l_{\text{tot}}$ ) (3).

6.7.6. La misura di  $K_m$ . Per la misura pratica del valore di  $K_m$  di una determinata macchina di prova la norma italiana (Prog. n. 846/IV) impone di eseguire una prova di trazione nelle condizioni normali (tipo di afferraggi, provino, regolazione della valvola idraulica della macchina, ovvero della velocità della traversa) di utilizzo.

Si applica un estensimetro al provino e si misura il valore della deformazione in funzione del tempo, durante tutta la prova, riportando poi i risultati su di un diagramma. Trascurando variazioni irregolari che si possono verificare all'inizio della prova, ovvero nell'istante dello snervamento, si considera la pendenza della curva in campo plastico ed in campo elastico. Il rapporto tra le due pendenze, secondo la (6.10) è  $H$ .

$K_m$  si ottiene da  $H$  attraverso la (6.5):

$$K_m = \frac{l_0 (H - 1)}{A E}$$

In genere il valore di  $K_m$  è maggiore con i dispositivi di serraggio del provino a cuneo che con quelli pneumatici. Inoltre l'effettivo valore di  $K_m$  con carichi molto bassi può essere considerevolmente più grande che con carichi maggiori, come già segnalato in fig. 6.9. Ciò spiega la necessità di eseguire la misura di  $K_m$  in condizioni di prova il più possibile vicine a quelle effettive.