

LA PROVA DI TRAZIONE

A cura di: *Marco Canato*

mail: laboratorio@globaltest.it

cell: 3467947079



LA PROVA DI TRAZIONE

TIPOLOGIE DI PROVE MECCANICHE

Le proprietà meccaniche indicano l'attitudine di un materiale a resistere alle sollecitazioni esterne che tendono a deformatarlo

SOLLECITAZIONI

Statica
Dinamica
A fatica

DEFORMAZIONI

Elastiche
Permanenti

LA PROVA DI TRAZIONE

TIPOLOGIE DI PROVE MECCANICHE

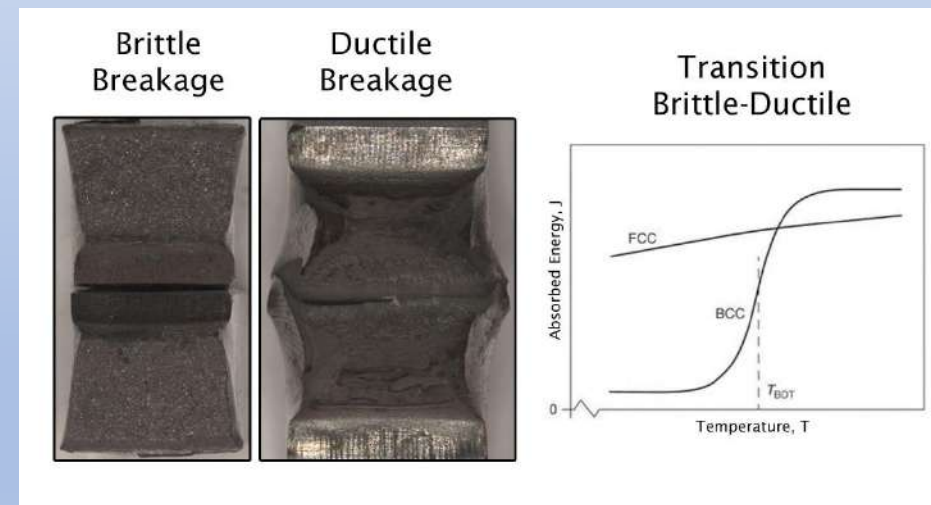
Prove statiche: il carico cresce lentamente (alcuni minuti).
Prova di **trazione** e alcune prove di **durezza**.



LA PROVA DI TRAZIONE

TIPOLOGIE DI PROVE MECCANICHE

Prove dinamiche: il carico viene applicato in frazioni di secondo.
Prova di **resilienza** e alcune prove di **durezza**.

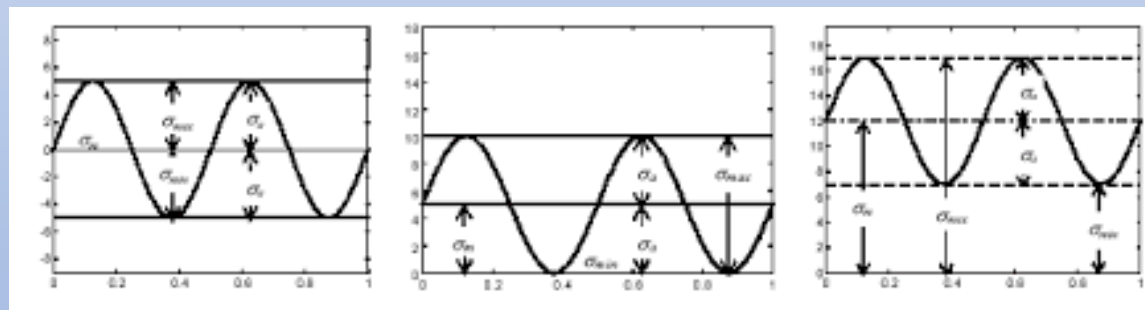
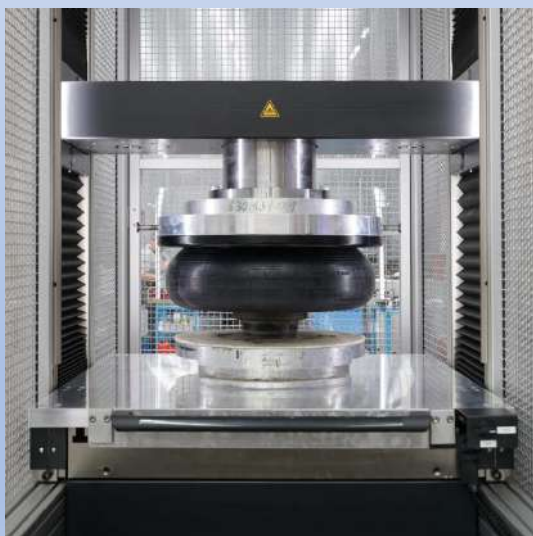


LA PROVA DI TRAZIONE

TIPOLOGIE DI PROVE MECCANICHE

Prove periodiche: il carico viene applicato ciclicamente.

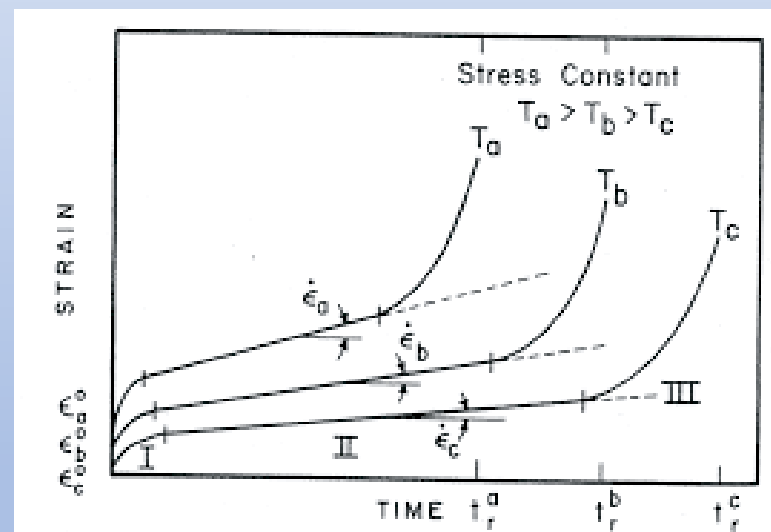
Prove di **fatica**.



LA PROVA DI TRAZIONE

TIPOLOGIE DI PROVE MECCANCHE

Prove di scorrimento viscoso: carico costante nel tempo.



LA PROVA DI TRAZIONE

PREMESSA

La prova di trazione è eseguita su provette di materiale sottoposte ad un **carico monoassiale continuo** e **crescente**.

E' indispensabile per l'**accettazione del materiale** in conformità alle norme di riferimento.

I risultati di prova possono essere utilizzati per stabilire **grandezze quantitative** per l'utilizzo di un materiale (es.: carico unitario di snervamento).

LA PROVA DI TRAZIONE

PREMESSA

Le principali **norme di prova** per l'esecuzione della prova di trazione sono:

- UNI EN ISO 6892-1:2020
- UNI EN ISO 5178:2019
 - UNI EN 10164:2018
 - ASTM E8/E8M:2023
- ASME IX QW 150:2021
- AWS D1.1/D1.M:2020

LA PROVA DI TRAZIONE

PREMESSA

UNI EN ISO 6892-1:2020

Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente

ASTM E8/E8M

Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials

LA PROVA DI TRAZIONE

PREMESSA

E' la più importante prova meccanica convenzionale.

Si esegue su ogni materiale allo scopo di individuare le proprietà di

RESISTENZA

DEFORMABILITA

ELASTICITA

Costituisce il mezzo di controllo che offre al progettista i valori di riferimento per il calcolo e il dimensionamento degli organi di macchine.

LA PROVA DI TRAZIONE

PRINCIPIO

La prova consiste nel sottoporre una provetta ad uno **sforzo di trazione**, generalmente fino a rottura.

Se non diversamente specificato, la prova è eseguita a temperatura ambiente nei limiti tra 10°C e 35°C.



Le prove effettuate in condizioni controllate devono essere eseguite ad una temperatura di 23°C ± 5°C.

LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTA

La forma e le dimensioni delle provette dipendono dalla forma e dalle dimensioni dei prodotti metallici da cui esse sono prelevate

prospetto 2 Tipi principali di provette in base al tipo di prodotto

Tipo di prodotto		Appendice corrispondente
Lamiere - Lastre - Prodotti piani  con uno spessore in millimetri di	Fili - Barre - Profilati  con diametro o lato in millimetri	
$0,1 \leq \text{spessore} < 3$	-	B
-	<4	C
≥ 3	≥ 4	D
Tubi		E

Le tolleranze dimensionali delle provette devono essere conformi a quelle indicate nelle appendici pertinenti

LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTA

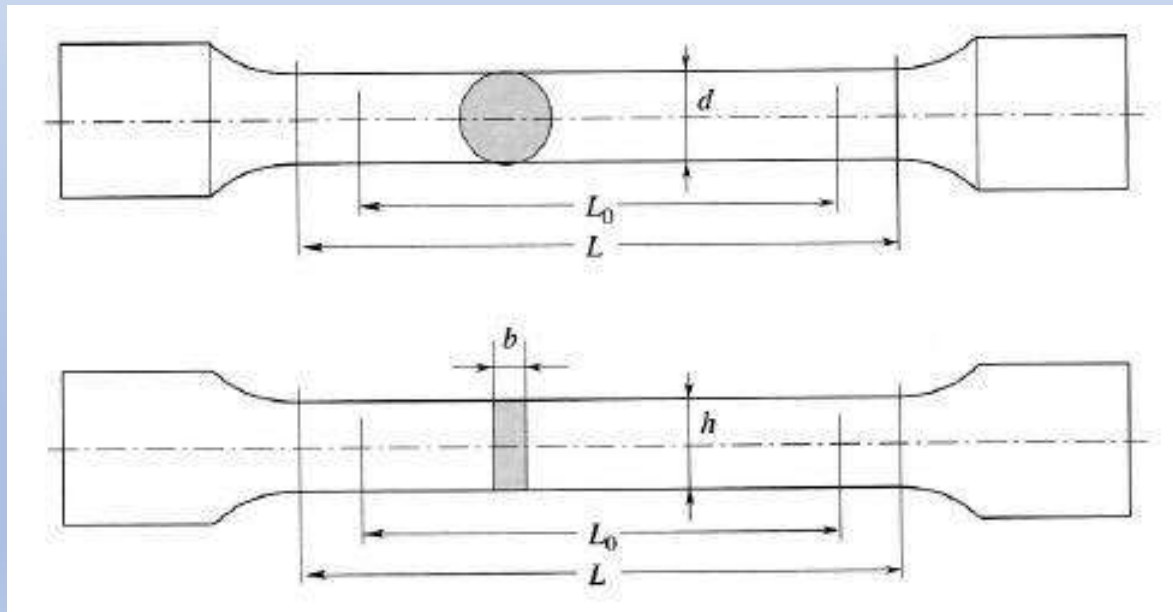
La provetta è generalmente ottenuta mediante **lavorazione di macchina** di un saggio prelevato da un prodotto o da un estruso o un getto.

I prodotti di **sezione costante** (profilati, barre, fili, ecc.) come pure le provette grezze di fonderia (es. ghise e leghe non ferrose) possono essere sottoposti a prova senza essere lavorati di macchina.

LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTA

La sezione trasversale delle provette utilizzate per la prova può essere circolare, quadrata, rettangolare o di altra forma.



LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTA

Nelle **provette proporzionali** la lunghezza iniziale tra i riferimenti è rapportata all'area della sezione iniziale secondo un coefficiente **k** riconosciuto a livello internazionale.

La lunghezza iniziale tra i riferimenti non deve essere minore di 20 mm.

prospetto D.1 **Provette a sezione circolare**

k	Diametro d mm	Area della sezione iniziale S_0 mm ²	Lunghezza iniziale tra i riferimenti $L_0 = k \sqrt{S_0}$ mm	Lunghezza minima della parte calibrata L_c mm	Lunghezza totale L_t
5,65	20 ± 0,150	314	100 ± 1,0	110	Dipende dal metodo di fissaggio della provetta nei dispositivi di serraggio della macchina In linea di principio: $L_t > L_c + 2d$ o $4d$
	10 ± 0,075	78,5	50 ± 0,5	55	
	5 ± 0,040	19,6	25 ± 0,25	28	

LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTA

Quando il valore dell'area della sezione iniziale della provetta è troppo basso per soddisfare questo requisito con il valore 5,65 del coefficiente k , è possibile utilizzare un valore maggiore (preferibilmente 11,3) o una **provetta non proporzionale**.

In caso di provette non proporzionali, la lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0) è presa indipendentemente dall'area della sezione iniziale (S_0).

LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTE LAVORATE DI MACCHINA

Le provette lavorate di macchina devono presentare un raccordo tra le teste di serraggio e la parte calibrata, se queste hanno dimensioni diverse.

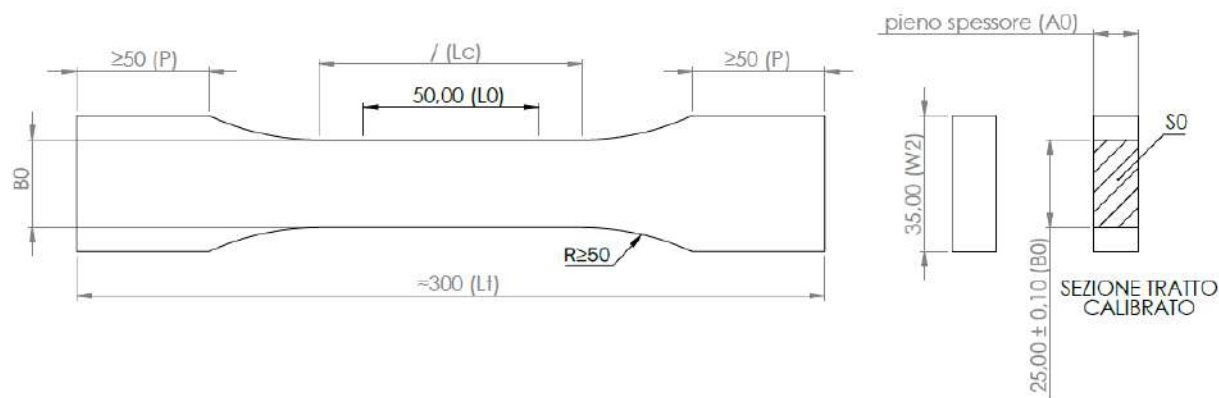
Le dimensioni devono essere definite nella specifica del prodotto.

Il **raggio minimo di raccordo** deve essere:

- $0,75 d$ per provette cilindriche;
- 12 mm per le provette prismatiche.

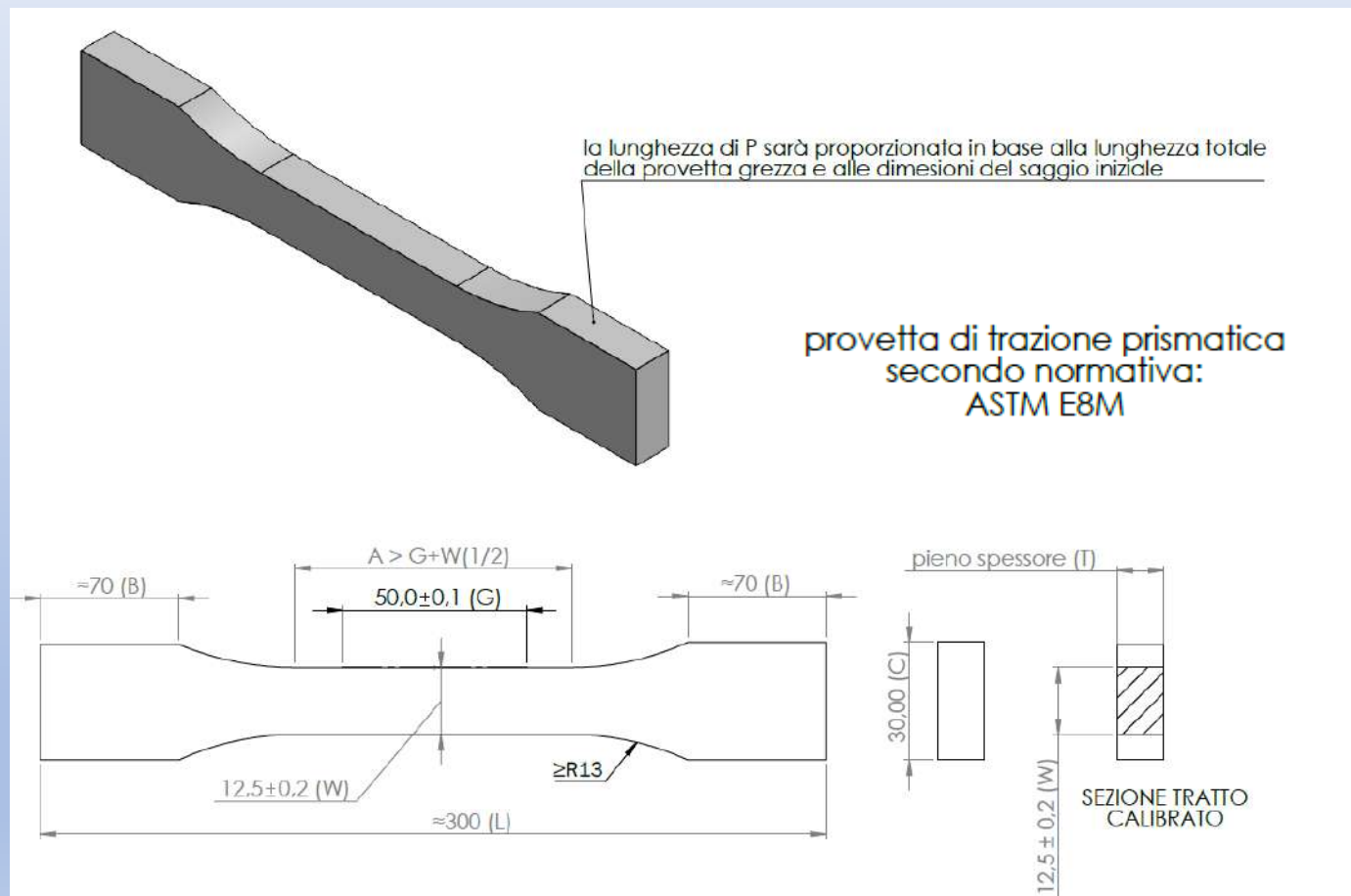
LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTE PRISMATICHE LAVORATE DI MACCHINA



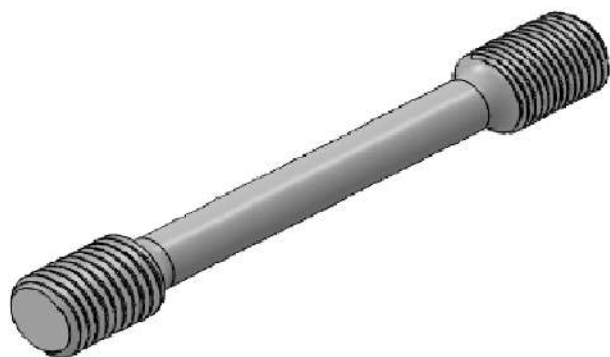
LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTE PRISMATICHE LAVORATE DI MACCHINA

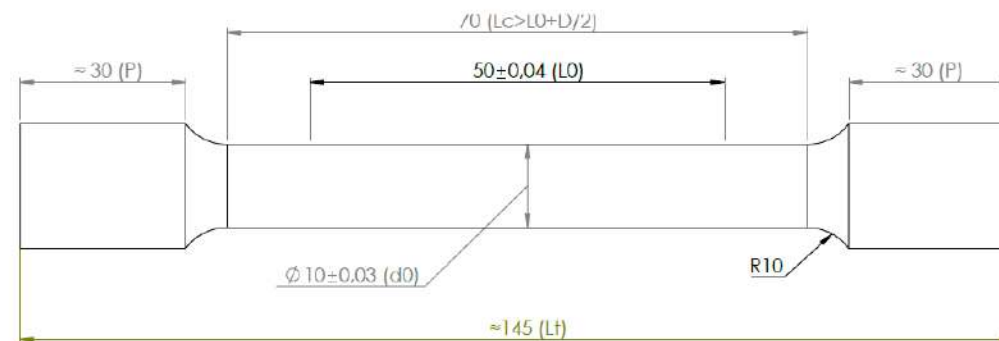
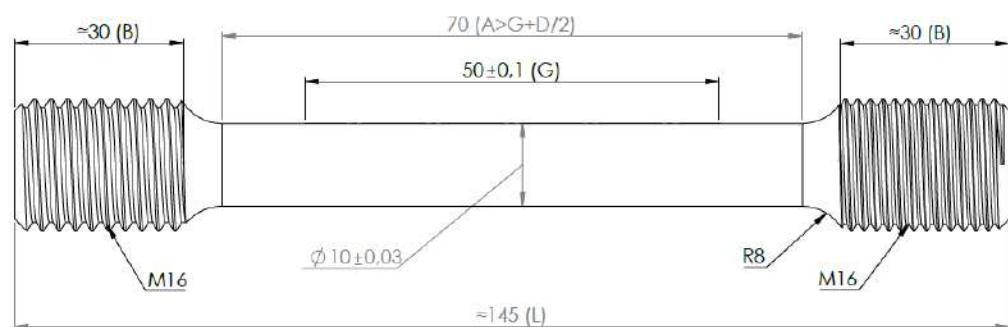
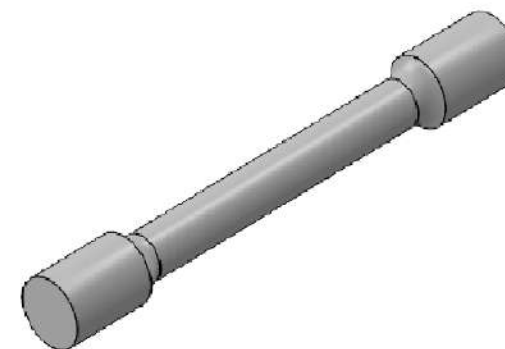


LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTE CILINDRICHE LAVORATE DI MACCHINA

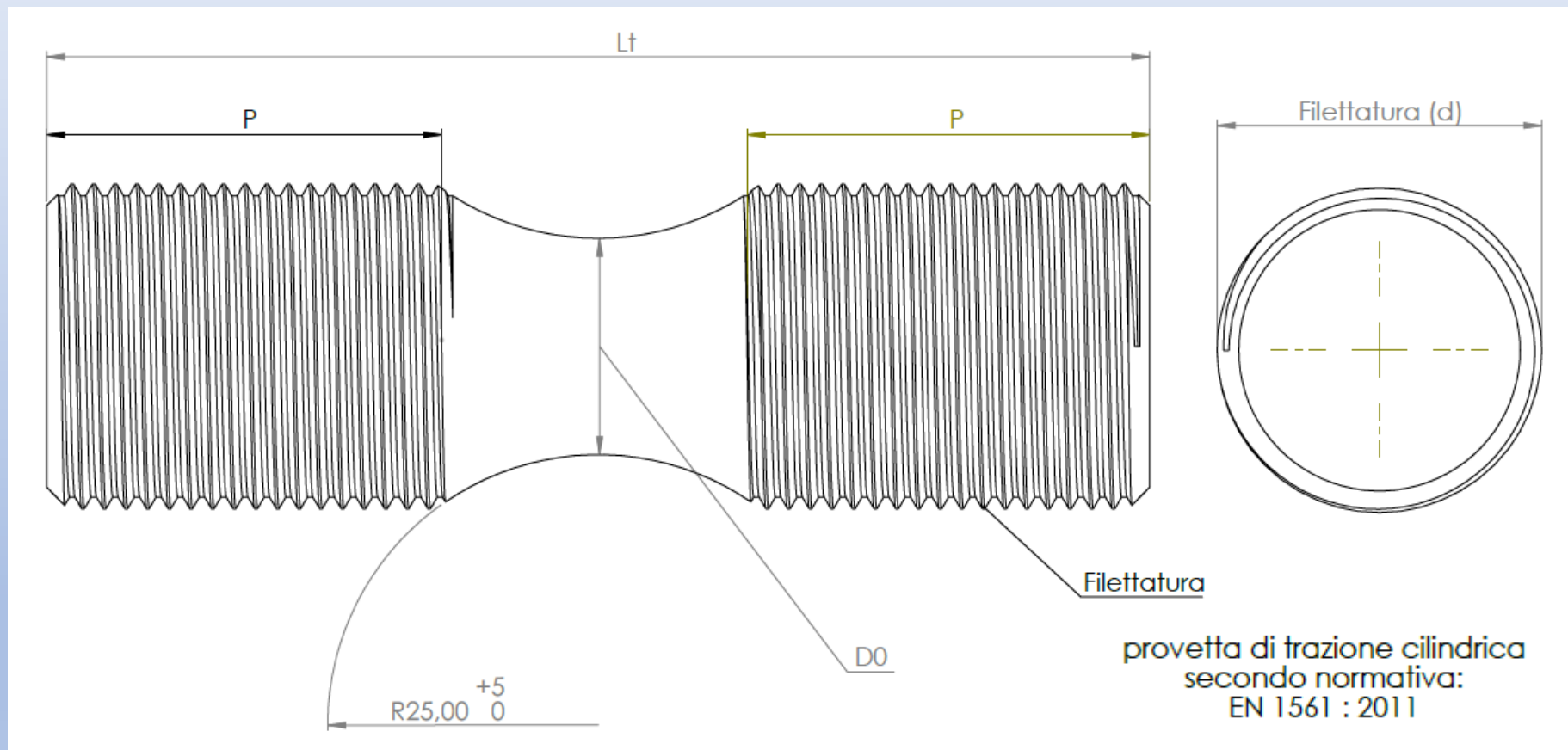


provetta di trazione cilindrica
secondo normativa:
UNI EN ISO 6892-1



LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTE CILINDRICHE LAVORATE DI MACCHINA

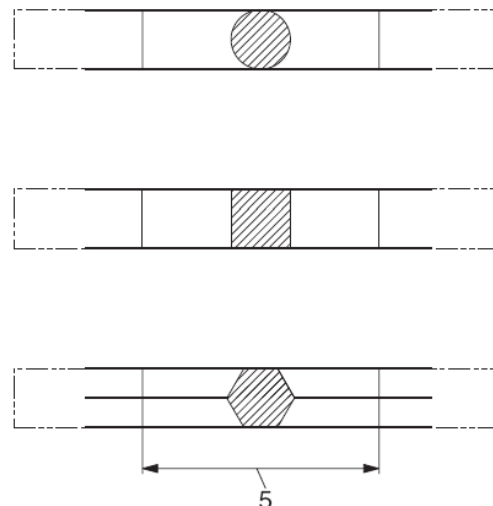


LA PROVA DI TRAZIONE

PROVETTE NON LAVORATE DI MACCHINA

Nel caso in cui la provetta sia costituita da uno spezzone grezzo di prodotto o da una barra di prova non lavorata di macchina, la lunghezza libera tra i dispositivi di serraggio deve essere sufficiente perché i riferimenti si trovino ad opportuna distanza da

Provette costituite con una porzione non lavorata del prodotto (vedere appendice C)



LA PROVA DI TRAZIONE

TESTE DI SERRAGGIO

Possono essere di qualsiasi forma appropriata ai dispositivi di serraggio della macchina di prova.

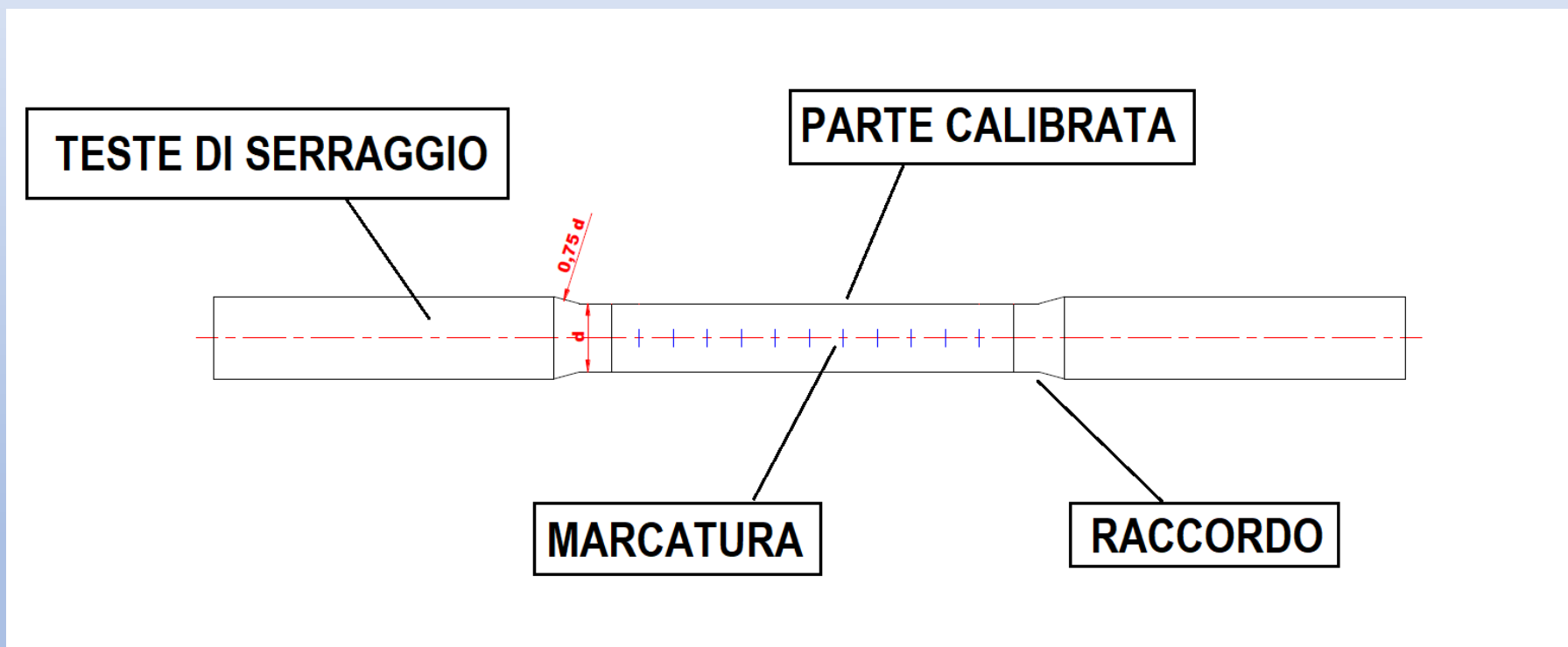
METODO DI SERRAGGIO

Le provette devono essere tenute in posizione da mezzi idonei quali cunei, ganasce filettate di serraggio, ganasce a facce parallele, ecc.

Il carico deve essere applicato in modo assiale al fine di ridurre al minimo la flessione.

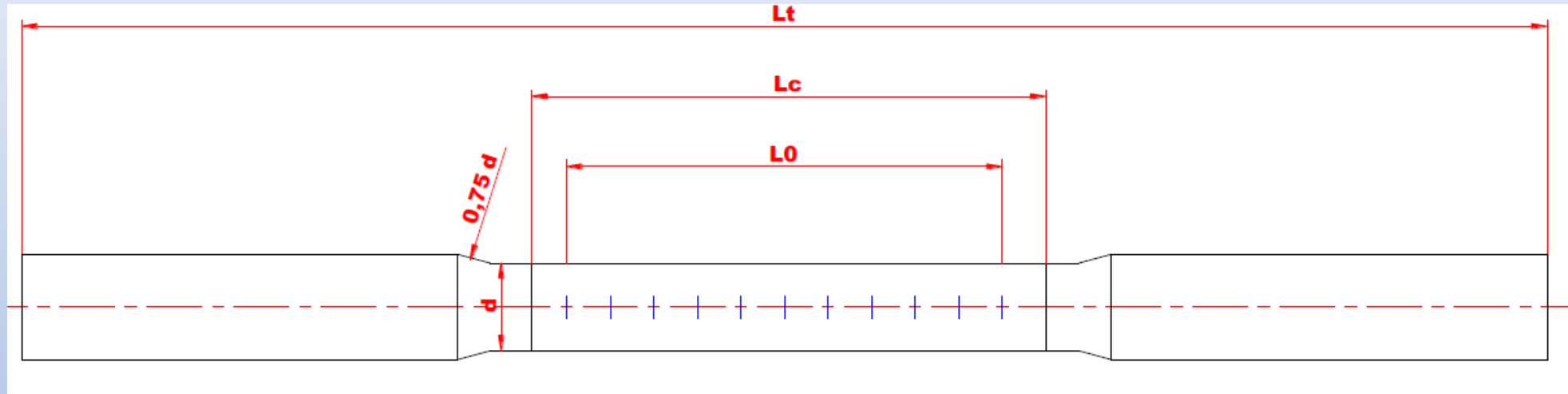
LA PROVA DI TRAZIONE

TERMINOLOGIA



LA PROVA DI TRAZIONE

TERMINOLOGIA



L_t = lunghezza totale della provetta

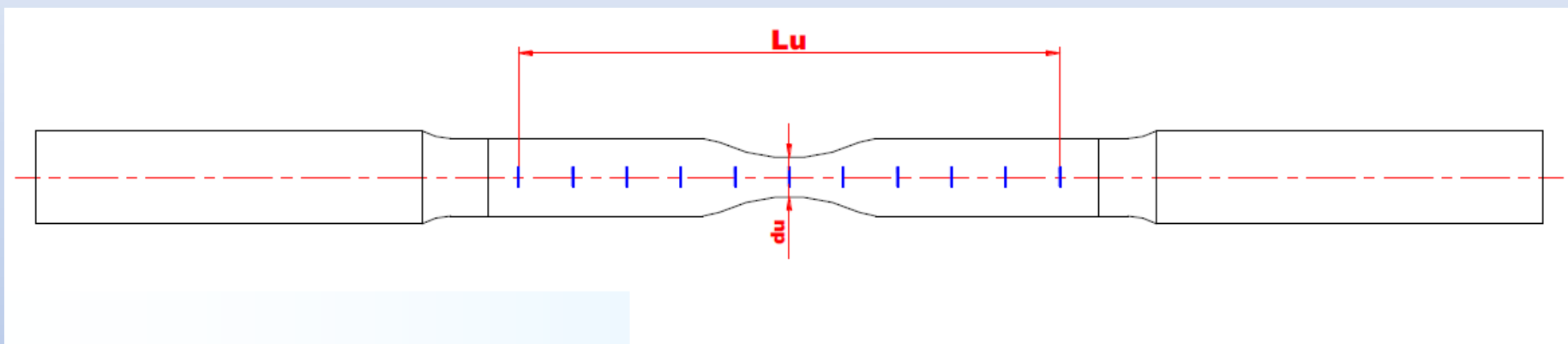
L_c = lunghezza della parte calibrata (sezione ridotta provetta)

L_0 = lunghezza tra i riferimenti prima dell'applicazione della forza

d = diametro della sezione calibrata

LA PROVA DI TRAZIONE

TERMINOLOGIA



L_u = lunghezza finale tra i riferimenti dopo la rottura della provetta

d_u = diametro finale dopo la rottura

$A\%$ = allungamento percentuale dopo rottura

$Z\%$ = strizione percentuale della sezione trasversale

LA PROVA DI TRAZIONE

MACCHINA DI TRAZIONE

Per determinare la resistenza a sollecitazioni statiche dei materiali si utilizza la **macchina di trazione**.

Lo schema costruttivo di tale apparato è costituito da:

- Incasellatura;
- Dispositivo per l'applicazione del carico;
- Organi per fissaggio provino;
- Apparati estensimetrici.

LA PROVA DI TRAZIONE

MACCHINA DI TRAZIONE

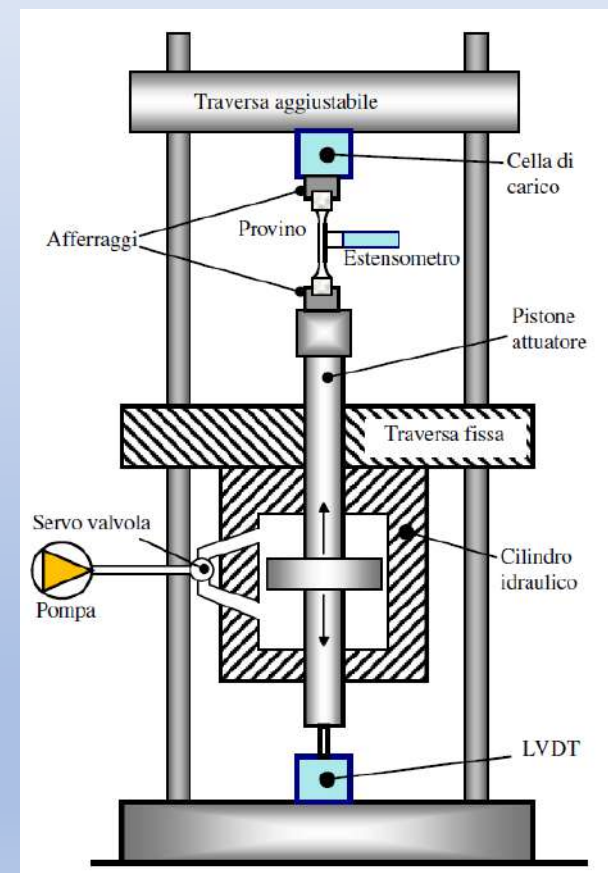


LA PROVA DI TRAZIONE

MACCHINA DI TRAZIONE

Il provino viene collegato alle estremità della macchina tramite **afferraggi**, uno dei quali fisso e l'altro solidale alla **traversa mobile**.

Lo spostamento di quest'ultima permette **applicazione del carico**.



LA PROVA DI TRAZIONE

MACCHINA DI TRAZIONE

Durante la prova si misurano:

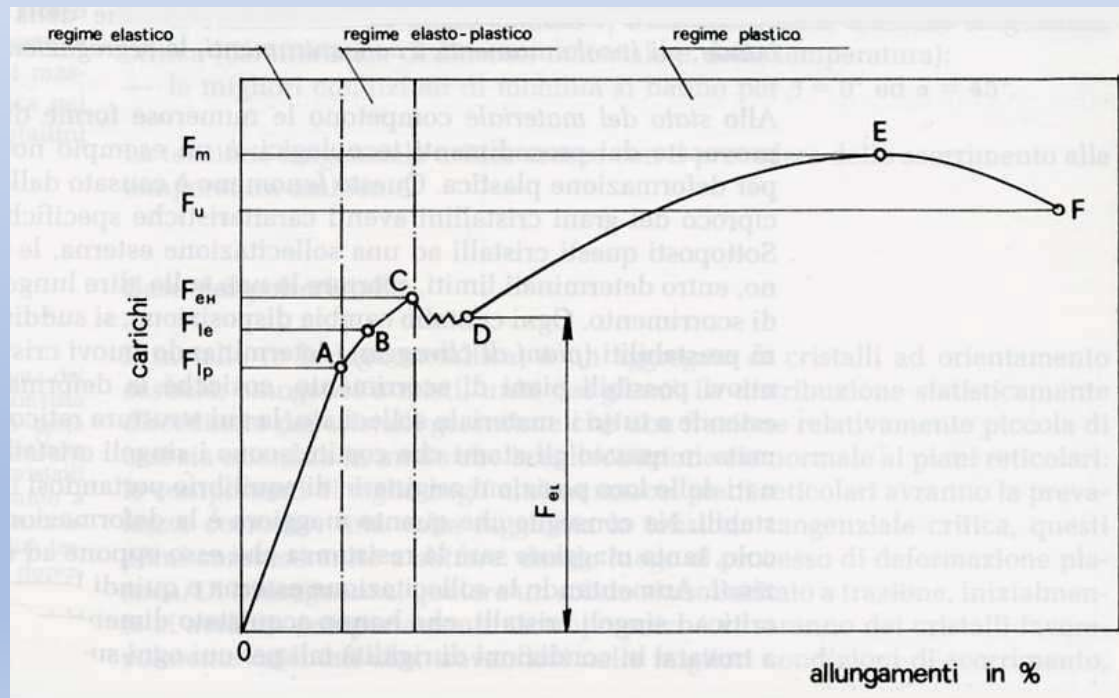
- la forza applicata mediante un apposito trasduttore chiamato **cella di carico**
- lo spostamento dell'elemento mobile mediante un dispositivo **LVDT** (Linear Variable Differential Transformer)



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA

I dati misurati sono riportati su un diagramma **tensioni nominali-deformazioni nominali** (σ - ϵ).



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA

Le **tensioni nominali** (σ) si misurano in **MPa** e sono date dal rapporto tra il carico applicato e l'area iniziale del provino:

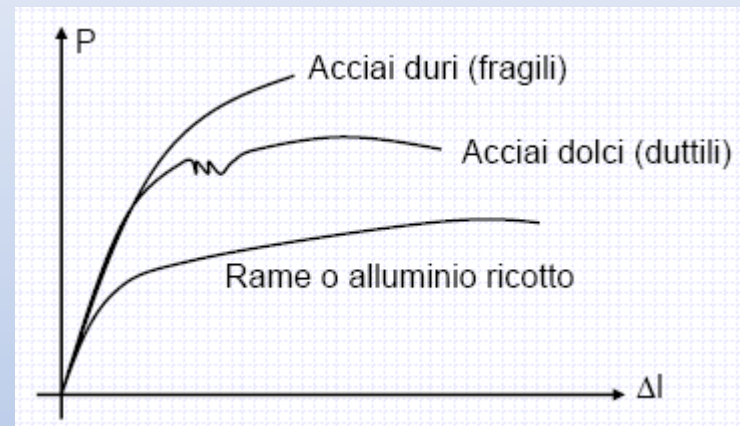
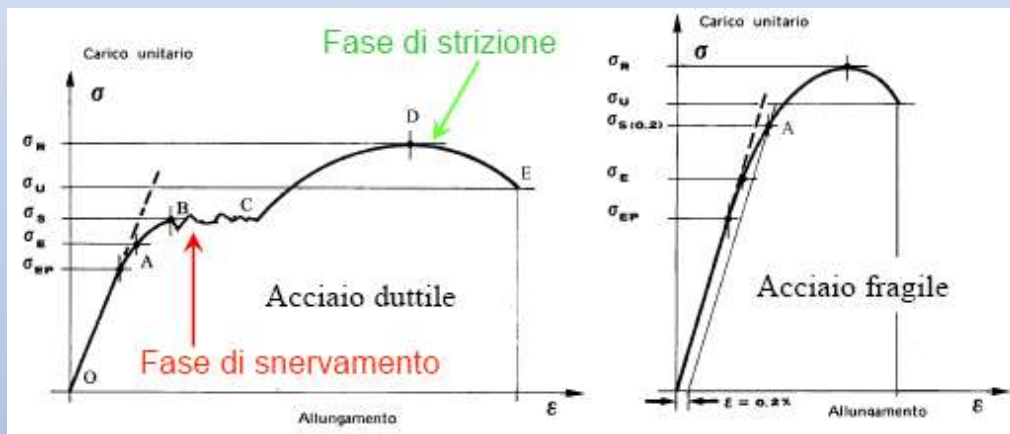
$$\sigma = \frac{F_i}{A_0}$$

Le **deformazioni nominali** (ε) sono **adimensionali** e sono date dal rapporto tra l'allungamento totale e la lunghezza iniziale:

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0}$$

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA



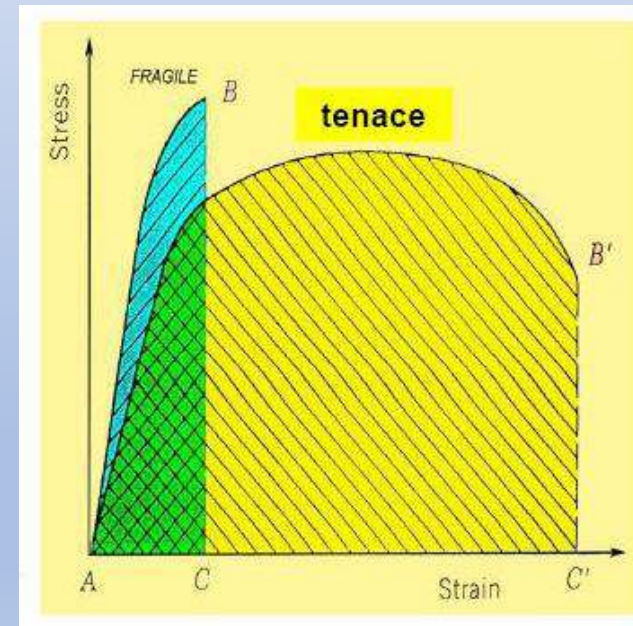
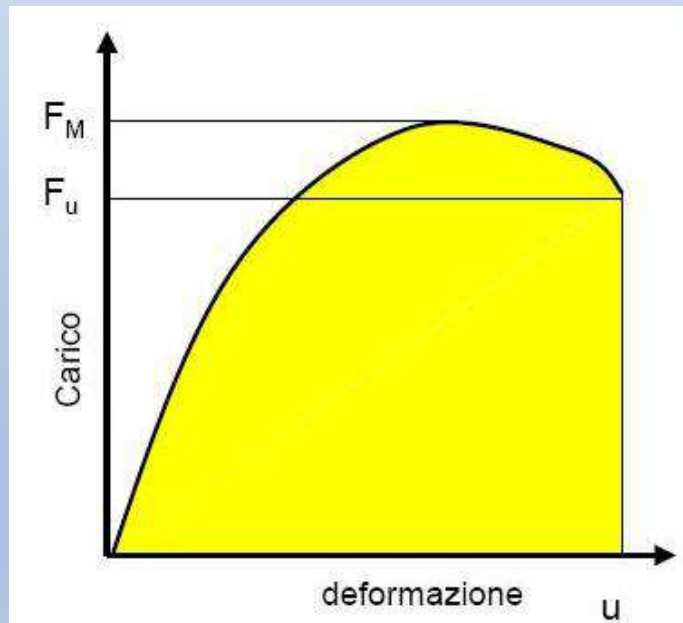
Rottura duttile
(materiale tenace)

Rottura fragile

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA

L'area sottesa dalla curva tensione-deformazione rappresenta l'energia assorbita dal provino prima della rottura ed è indice della tenacità a del materiale



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA

La **tenacità a trazione** è la capacità di assorbire energia prima della rottura.

L'energia totale di deformazione immagazzinata nel volume V del provino nell'istante di prova i è pari al **lavoro** compiuto dalla forza applicata.

In campo elastico è pari al lavoro compiuto dalla forza applicata sul provino, mentre in campo plastico una grande quantità di questo lavoro è dissipato in forma di **calore**.

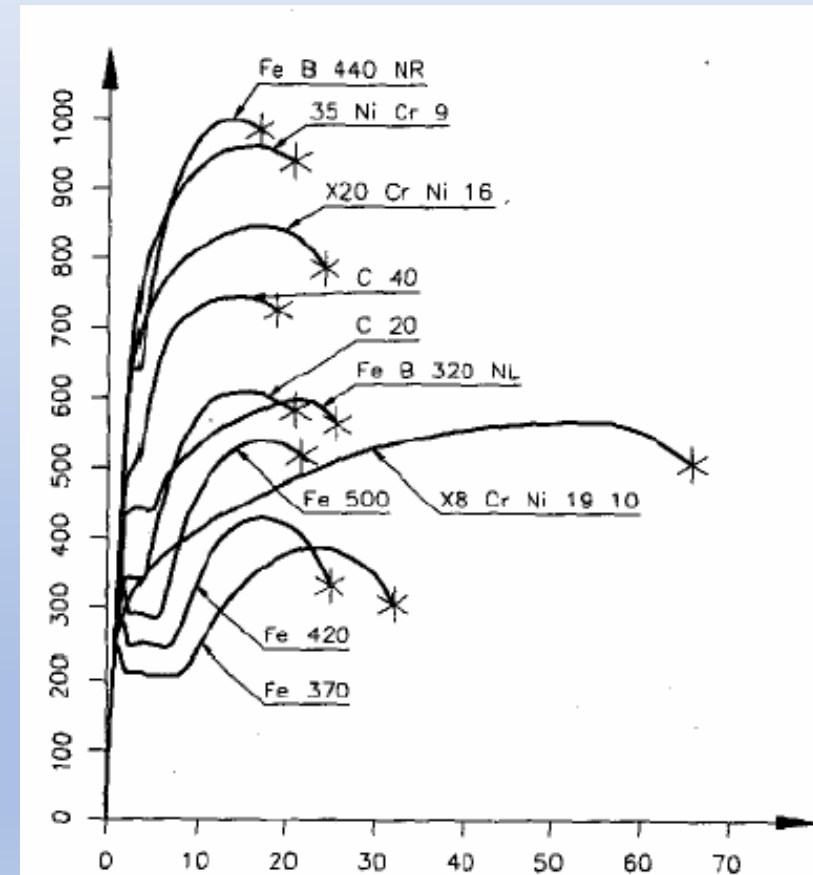
LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA

Esistono varie tipologie di diagrammi.

Le differenze insorgono per:

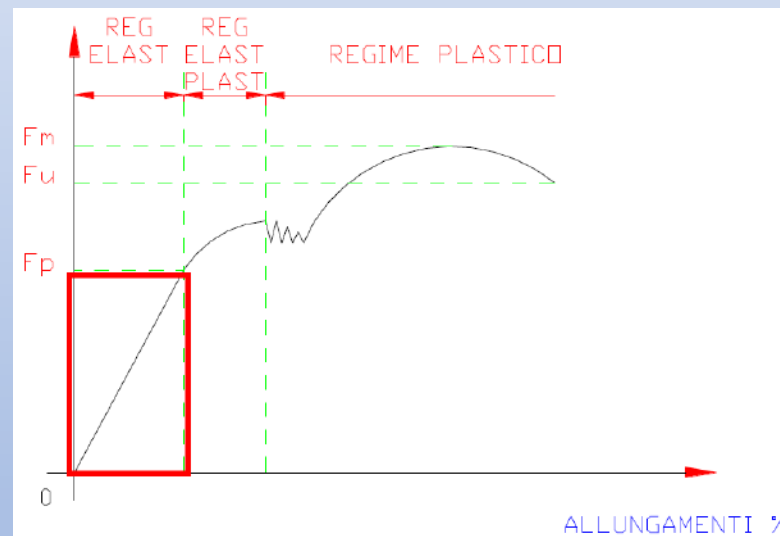
- Composizione chimica
- Trattamenti termici
- Trattamenti meccanici
- Cristallizzazioni
- Invecchiamento
- Dimensione dei grani
- Processi tecnologici di fabbricazione
- Temperatura di prova



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CAMPO ELASTICO

In una prima fase, quando il materiale è sottoposto ai primi carichi, l'allungamento cresce in proporzione al carico impresso.

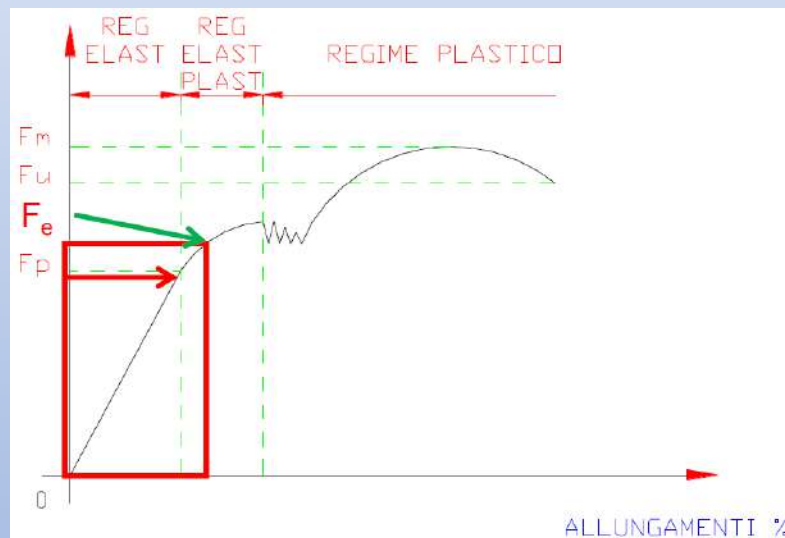


Al cessare del carico la provetta riacquista le dimensioni iniziali.

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CAMPO ELASTICO

In realtà l'allungamento cresce in relazione al carico impresso con due andamenti: **lineare e non lineare**.



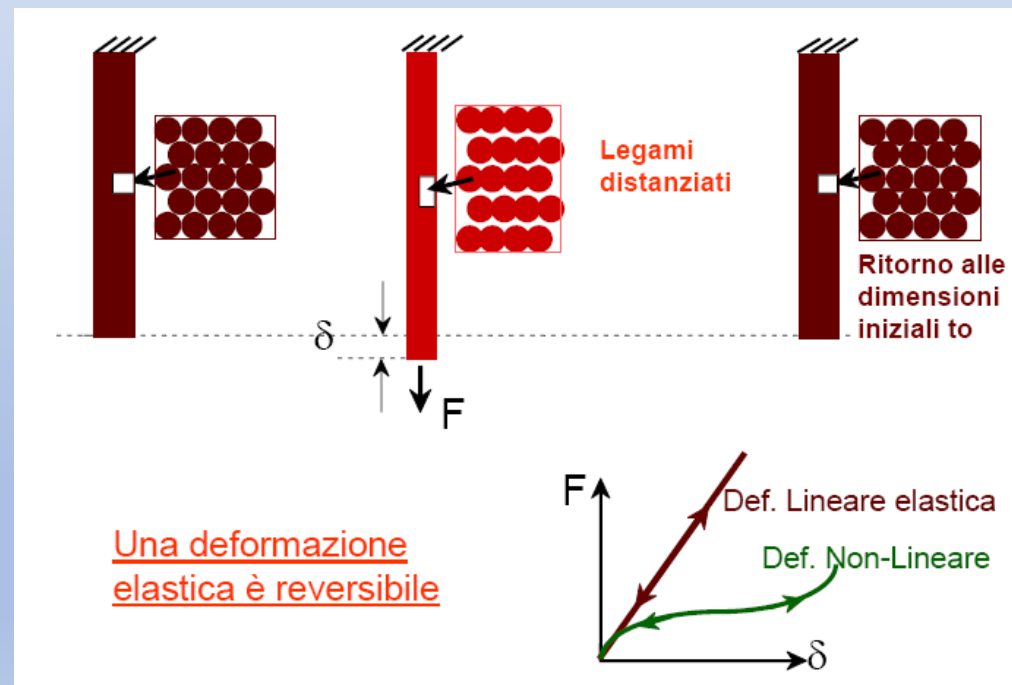
F_p = carico totale di scostamento dalla proporzionalità

F_e = carico totale al limite elastico

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CAMPO ELASTICO

In **campo elastico** le deformazioni si annullano al cessare delle tensioni applicate:

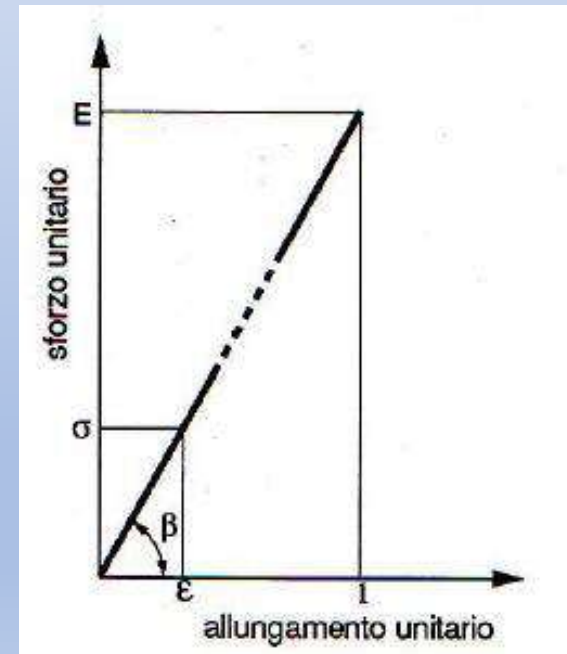


LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CAMPO ELASTICO

Il **modulo di elasticità** a trazione o **Modulo di Young (E)** è il rapporto fra il carico unitario di trazione σ entro i limiti di proporzionalità e la deformazione ε corrispondente:

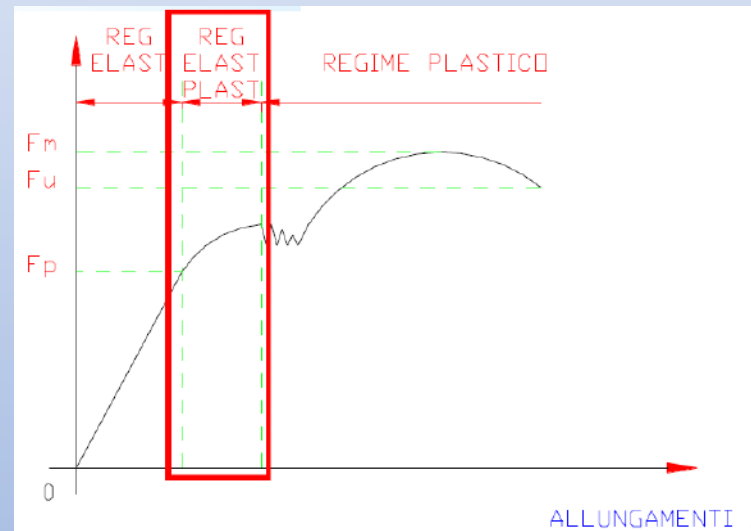
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CAMPO ELASTO-PLASTICO

Nel tratto elasto-plastico la provetta comincia a subire delle deformazioni:

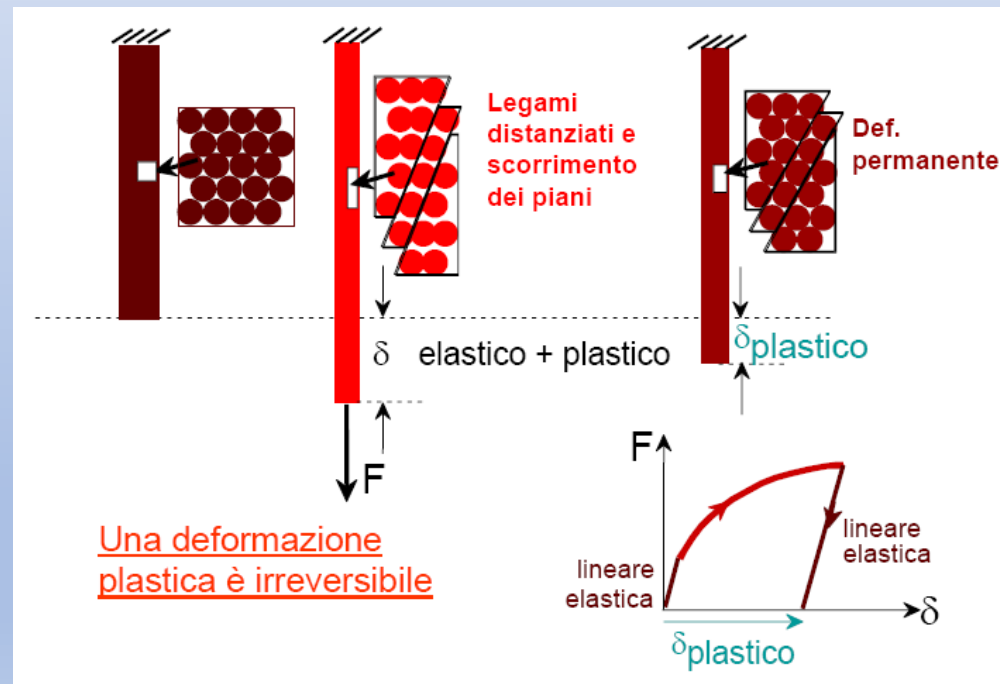


Se togliamo il carico l'allungamento si riduce, ma la provetta non riassume le dimensioni iniziali

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CAMPO ELASTO-PLASTICO

In **campo elasto-plastico** le deformazioni permangono, in parte, anche dopo aver eliminato il carico.

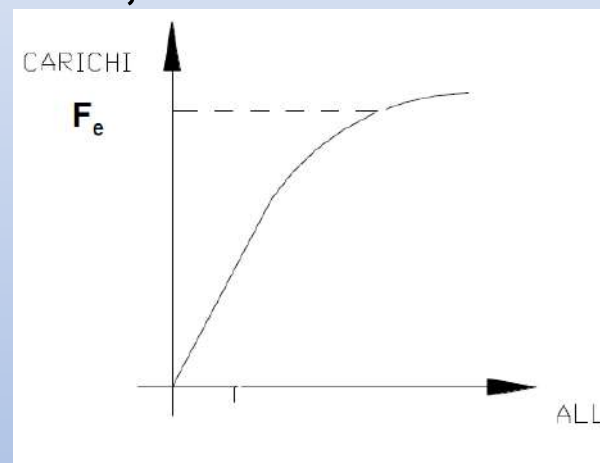


LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CARICO AL LIMITE ELASTICO

Il **carico unitario al limite elastico** è il rapporto fra il carico al limite elastico, proporzionale e non, e la sezione S_0 della provetta all'inizio.

$$R_e = F_e / S_0$$

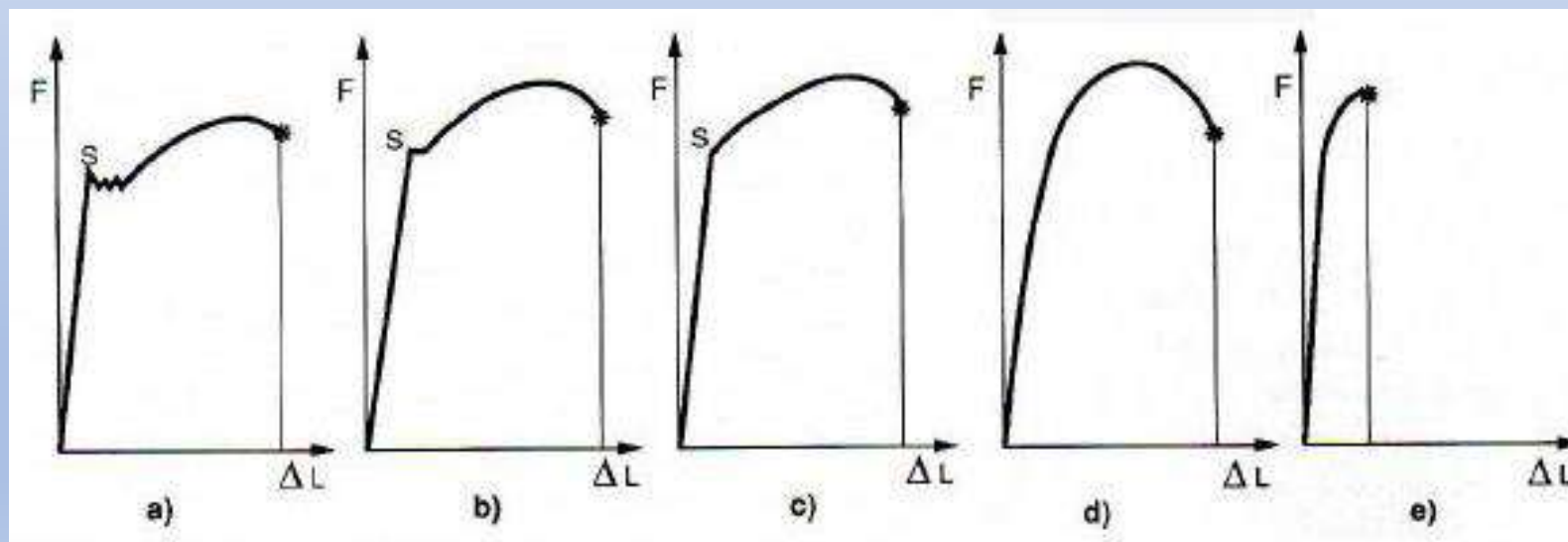


E' il carico per il quale non subentrano deformazioni permanenti nel provino. Tale carico non si riesce a determinare in modo agevole

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – SNERVAMENTO

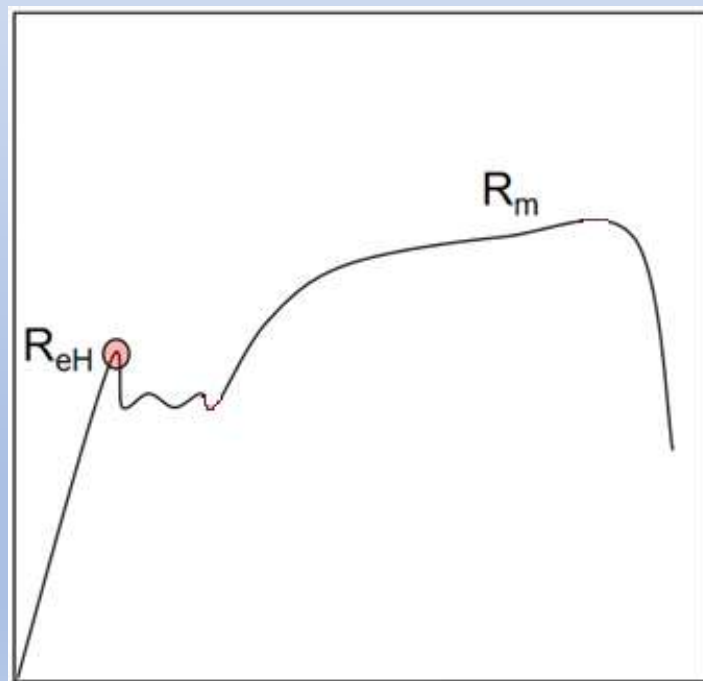
Quando il materiale metallico presenta un fenomeno di snervamento, durante la prova si raggiunge un punto in corrispondenza del quale si manifesta una deformazione plastica senza alcun incremento del carico.



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – SNERVAMENTO SUPERIORE

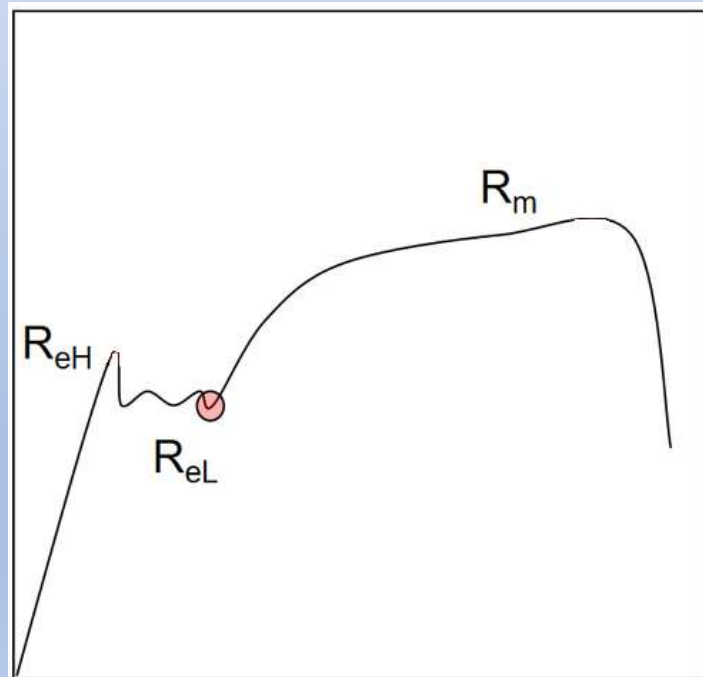
Lo **snervamento superiore** (R_{eH}) è valore del carico unitario nell'istante in cui si osserva effettivamente la prima diminuzione del carico:



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – SNERVAMENTO INFERIORE

Lo **snervamento inferiore** (R_{eL}) è valore più basso del carico unitario durante la deformazione plastica dello snervamento, non tenendo conto degli eventuali effetti transitori:



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CARICO UNITARIO DI SCOSTAMENTO DALLA PROPORZIONALITA'

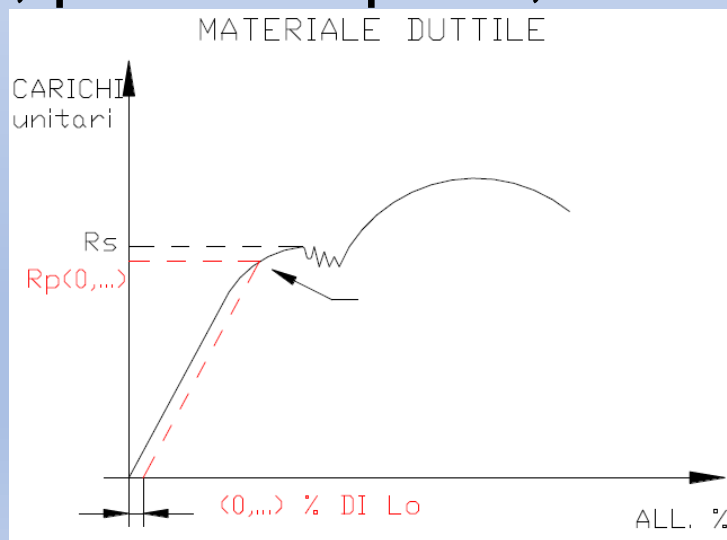
Il **carico unitario di scostamento dalla proporzionalità** è il rapporto fra il carico al limite dalla proporzionalità e la sezione S_0 della provetta all'inizio. E' il carico per il quale si verifica un allungamento non proporzionale, residuo, prescritto espresso in % della lunghezza iniziale della provetta.

Sostituisce il carico unitario al limite elastico di difficile determinazione.

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CARICO UNITARIO DI SCOSTAMENTO DALLA PROPORZIONALITA'

Il carico unitario di scostamento dalla proporzionalità è determinato dal diagramma carico allungamento tracciando una retta parallela alla parte rettilinea della curva e ad una distanza dalla stessa pari alla percentuale di allungamento non proporzionale prescritta, per esempio 0,02%.



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CARICO UNITARIO LIMITE DI ALLUNGAMENTO TOTALE

Il **carico unitario limite di allungamento totale** (R_t) definito dal rapporto tra il carico limite di allungamento totale $F_t(0, \dots)$ e l'area della sezione iniziale S_0 della provetta. Il numero a pedice indica la percentuale prescritta della lunghezza iniziale tra i riferimenti della provetta (es. 0,5).

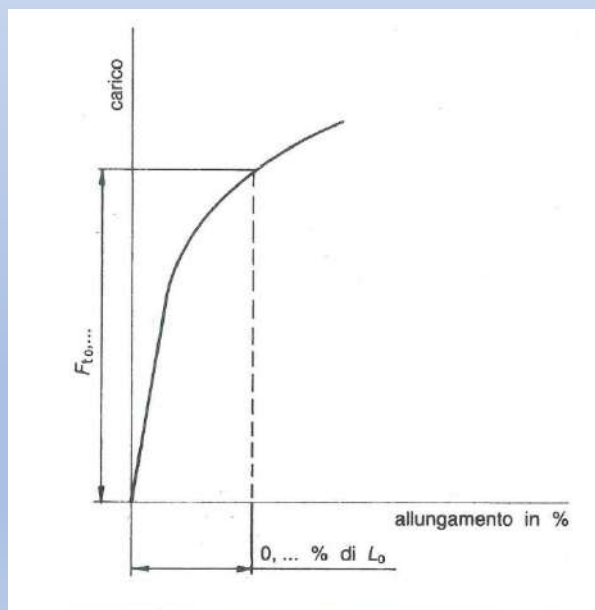
$$R_{t(0, \dots)} = F_{t(0, \dots)} / S_0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

Il carico $F_t(0, \dots)$ è quello al quale corrisponde un allungamento totale (elastico+plastico) pari ad una percentuale prescritta della lunghezza iniziale L_0 tra i riferimenti della provetta.

LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CARICO UNITARIO LIMITE DI ALLUNGAMENTO TOTALE

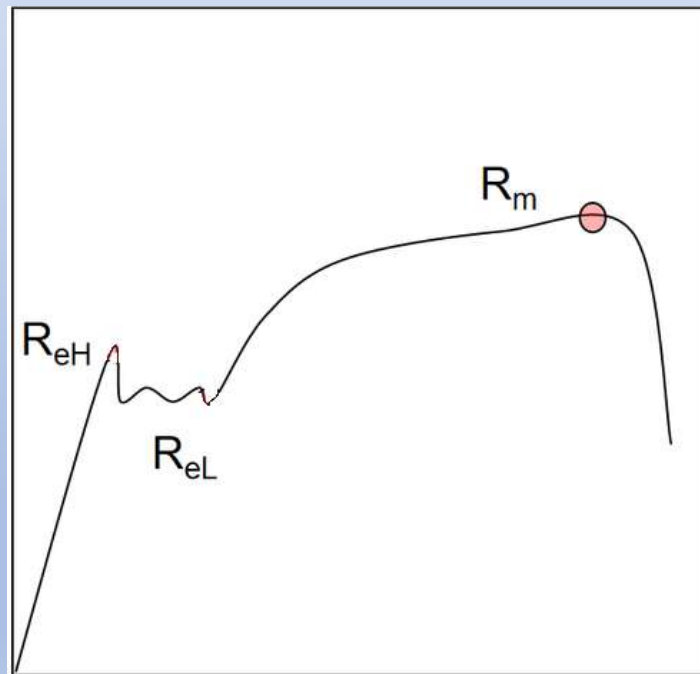
Viene determinato sul diagramma carichi-allungamenti dalla sua intersezione con una retta parallela all'asse delle ordinate posta ad una distanza da questo corrispondente alla percentuale di allungamento totale prescritta.



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – RESISTENZA A TRAZIONE

Per **resistenza a trazione** (R_m): carico unitario corrispondente al carico massimo di rottura (F_m).

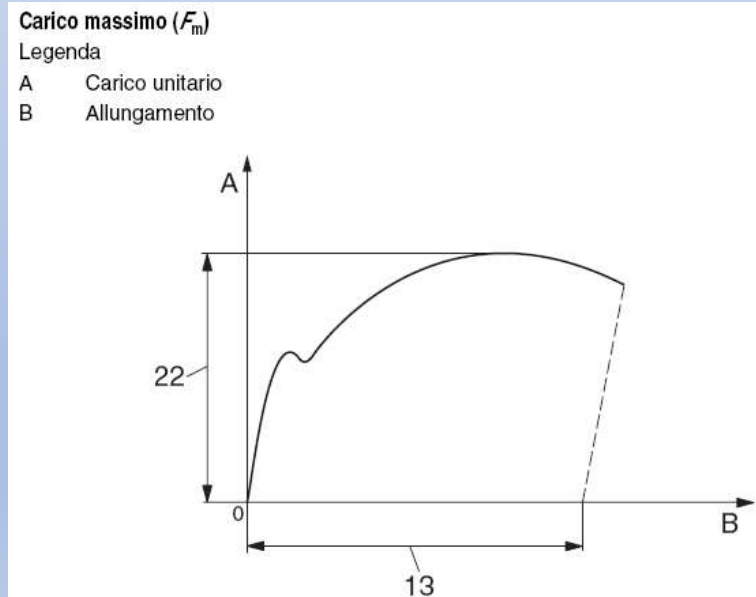


LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – CARICO MASSIMO

Il **carico massimo** (F_m) è carico più elevato sopportato dalla provetta nel corso della prova dopo il superamento del punto di snervamento. Per i materiali senza un punto di snervamento evidente è il valore massimo durante la prova.

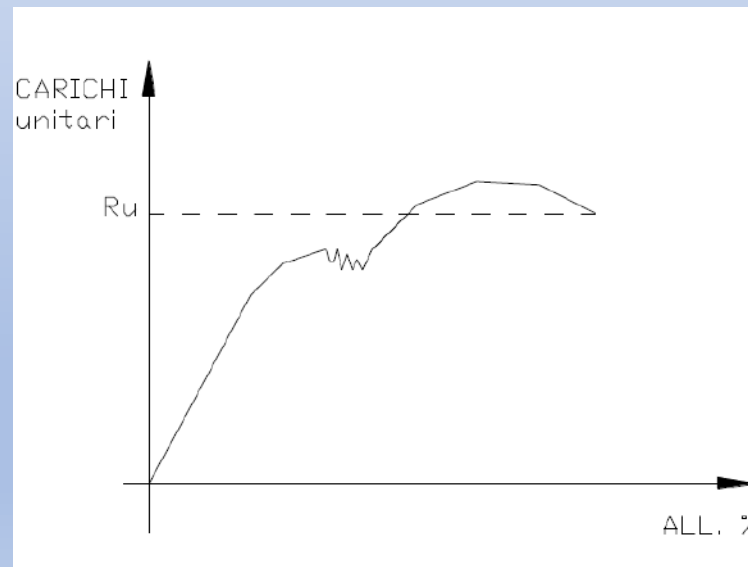
$$R_m = F_m / S_o \text{ (N/mm}^2\text{)}$$



LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – ROTTURA

La prova termina quando si ha la **separazione totale della provetta in due parti**. Il carico determinato al momento della rottura viene definito come carico ultimo (F_u). Dal punto di vista tecnologico non assume nessuna importanza.

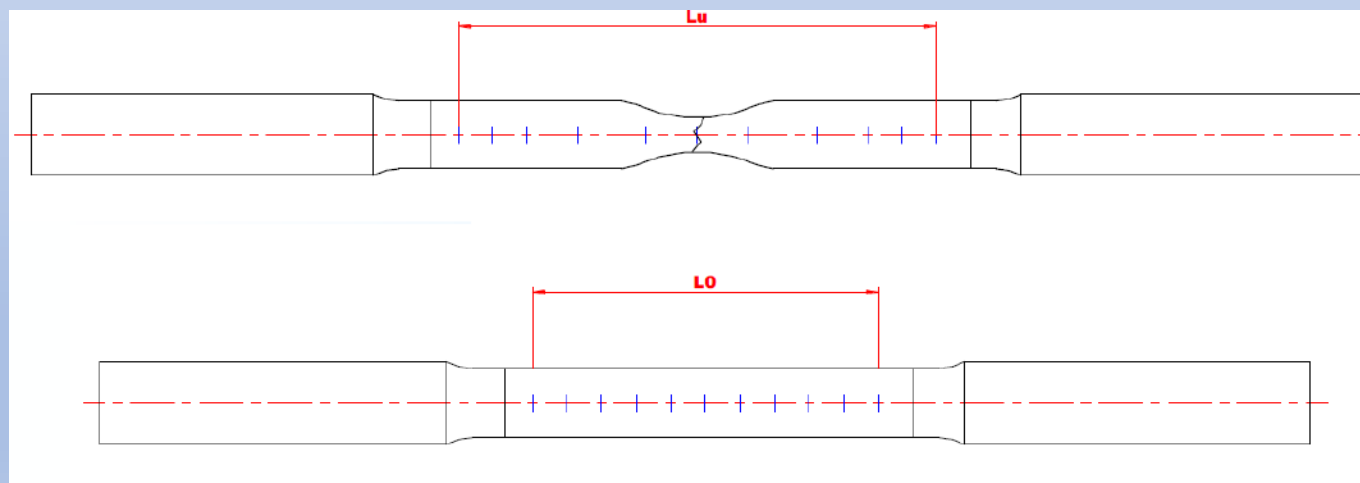


LA PROVA DI TRAZIONE

DIAGRAMMA – ALLUNGAMENTO PERCENTUALE

L'allungamento percentuale dopo la rottura è dato dalla differenza tra la lunghezza tra i riferimenti dopo (L_u) e prima (L_0) della rottura ($L_u - L_0$), espresso come percentuale della lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0).

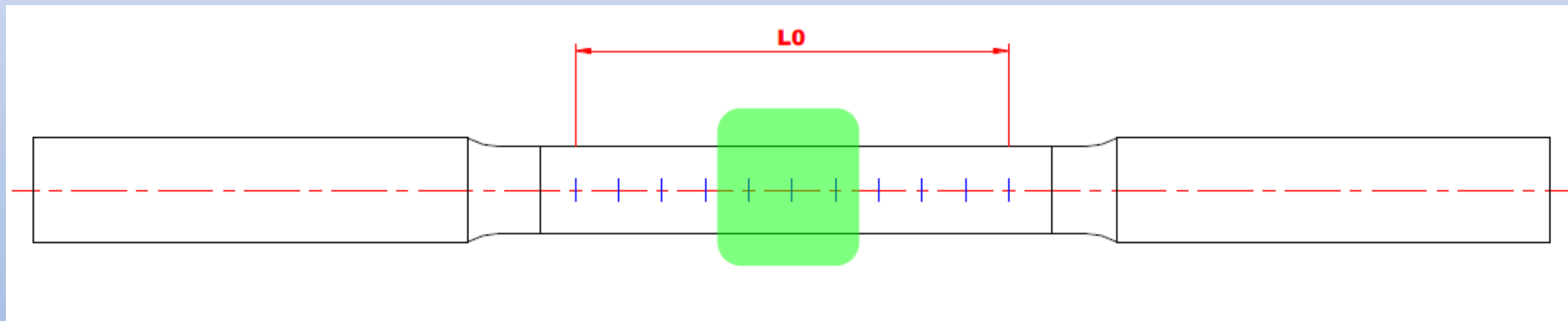
$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \cdot 100$$



LA PROVA DI TRAZIONE

VALIDITA' DELLA PROVA

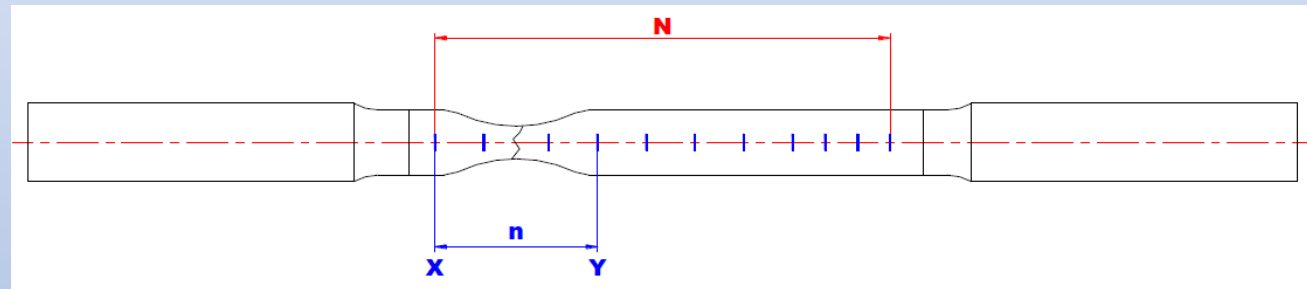
In linea di principio questa misurazione è valida se la distanza tra la rottura e il riferimento più vicino non è minore di un terzo della lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0).



LA PROVA DI TRAZIONE

ROTTURA ESTERNA AL TERZO MEDIO

Per evitare di dover scartare le provette la cui rottura è avvenuta esternamente al terzo medio, è possibile, mediante accordo, applicare il seguente metodo di misurazione.



X = riferimento dello spezzone più corto

Y = riferimento dello spezzone più lungo, la cui distanza dal punto di rottura è la più prossima a quella tra il punto di rottura ed il riferimento X

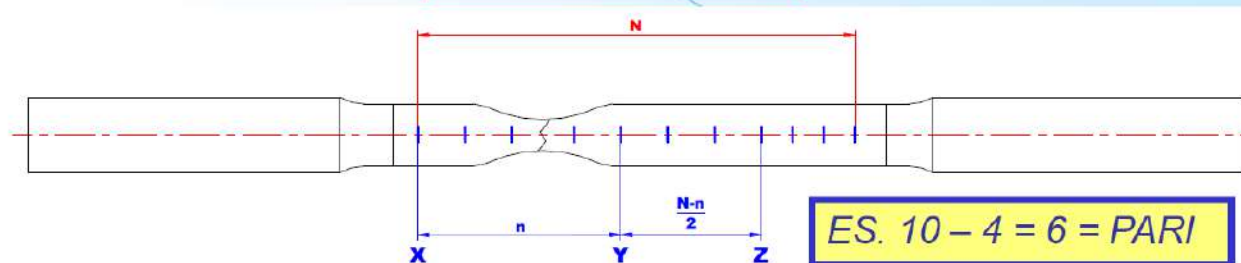
N = numero di intervalli in cui è stato suddiviso L_0

n = numero di intervalli fra X ed Y dopo la rottura

LA PROVA DI TRAZIONE

ROTTURA ESTERNA AL TERZO MEDIO – INTERVALLI PARI

$$N - n = \text{PARI}$$



Misurare il tratto

$$YZ = \frac{N - n}{2}$$

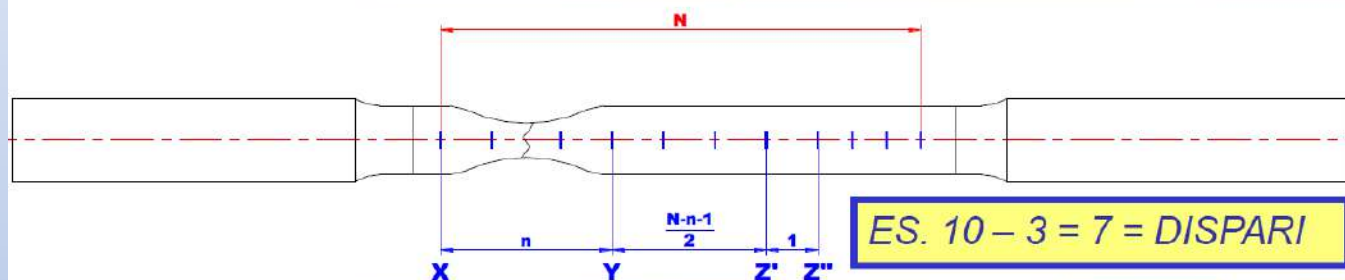
L'allungamento in % verrà calcolato

$$A = \frac{XY + 2YZ - L_0}{L_0} 100$$

LA PROVA DI TRAZIONE

ROTTURA ESTERNA AL TERZO MEDIO – INTERVALLI DISPARI

$$N - n = \text{DISPARI}$$



Misurare i tratti

$$YZ' = \frac{N - n - 1}{2}$$

e

$$YZ'' = \frac{N - n + 1}{2}$$

$$YZ' = \frac{10 - 3 - 1}{2} = 3 \text{ intervalli}$$

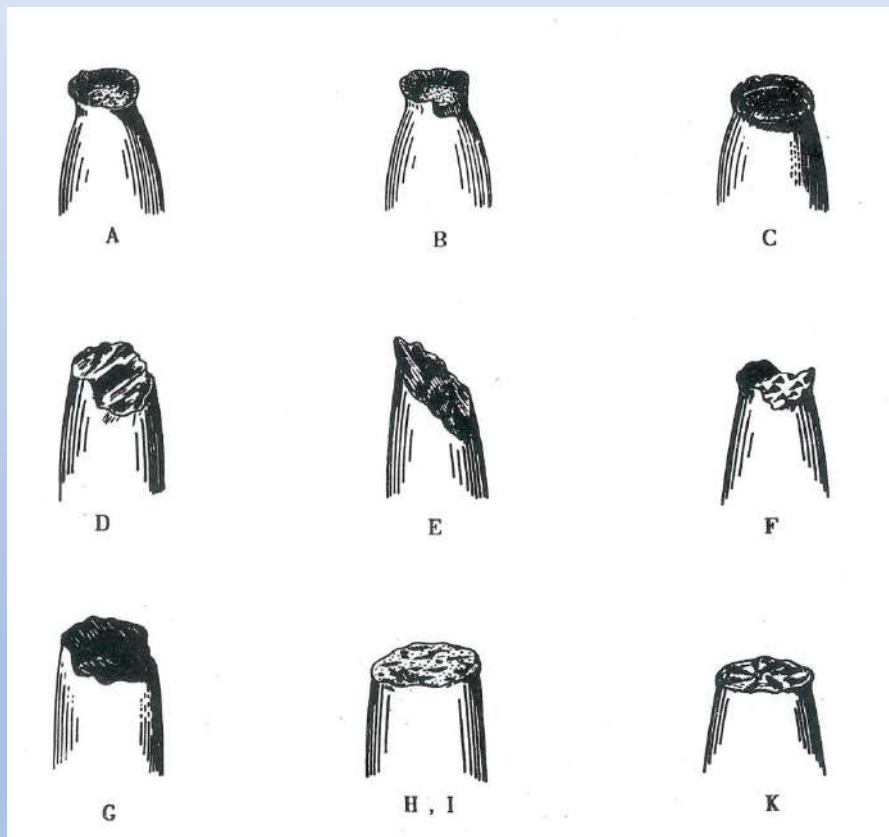
$$YZ'' = \frac{10 - 3 + 1}{2} = 4 \text{ intervalli}$$

L'allungamento % verrà calcolato

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_0}{L_0} 100$$

LA PROVA DI TRAZIONE

TIPOLOGIA DI FRATTURA



- A) Frattura a coppa
- B) Frattura a semicoppa
- C) Frattura a raggiera
- D) Frattura legnosa
- E) Frattura a fischiotto
- H/I) Frattura piana
- G) Frattura piana a gradini
- F) Frattura con più fischiotti
- K) Frattura a denti di fresa

LA PROVA DI TRAZIONE

PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Il **rapporto di prova** deve contenere almeno le indicazioni seguenti:

- riferimento alla norma: UNI EN ISO6892-1: 2009;
- identificazione della provetta;
- materiale specificato, se noto;
- tipo di provetta;
- posizione e direzione di prelievo delle provette, se note;
- risultati della prova.

LA PROVA DI TRAZIONE

FINE



Seda A: legale, amministrativa e operativa

Via Venier,21/B – 30020 Marcon (VE)

Tel 041923994 - E-mail: laboratorio@globaltest.it

Seda B: operativa

Via A. Moro 10/C, 45026 Lendinara (RO)