

## 4. Il materiale

### 4.1 Forme e tipi

Processo di laminazione → lamiera, profilati → “sagomarlo”

Nel linguaggio commerciale “laminati” = “lamiera” distinte in:

- lamierini (spessore  $t < 1$  mm)
- lamiera sottili ( $1 < t < 4$  mm)
- lamiera medie ( $4 < t < 50$  mm)
- lamiera spesse ( $t > 50$  mm)

Piatti

Larghi piatti →  $b < 1000$  mm  $t < 40$  mm

### Profilati

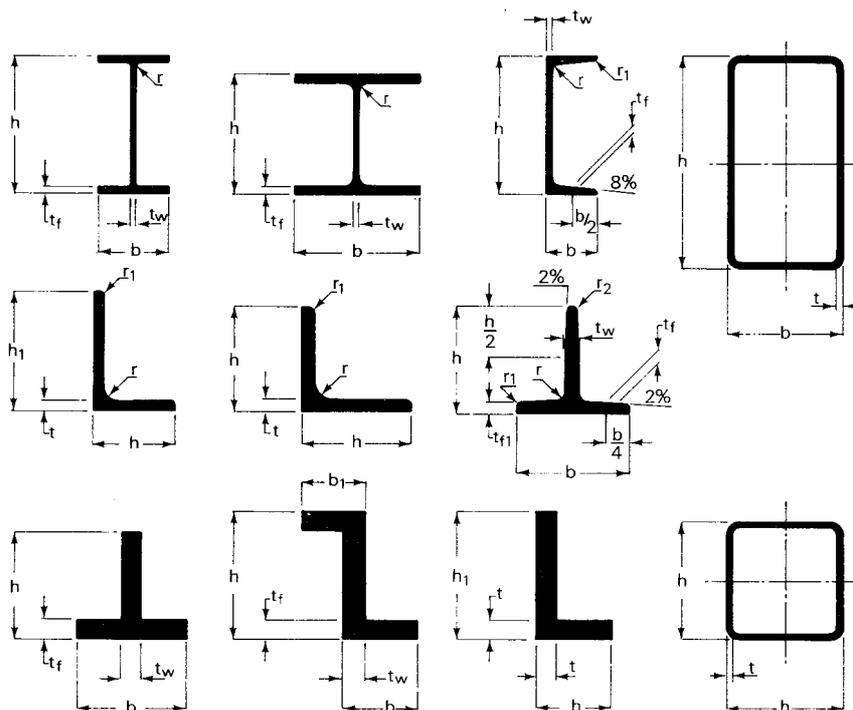
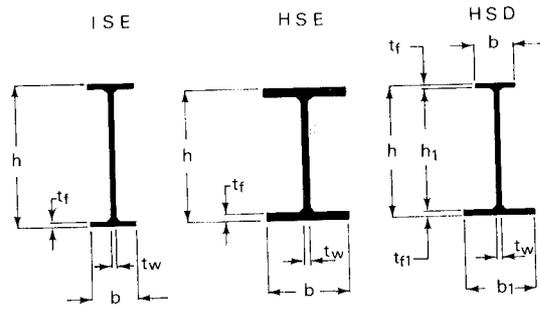
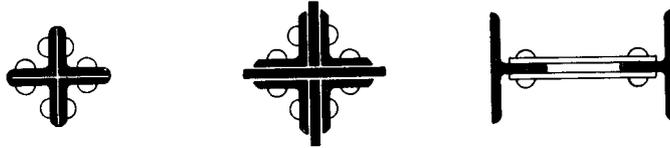


Fig. 4.1



Saldati

Fig. 4.2



Chiodati

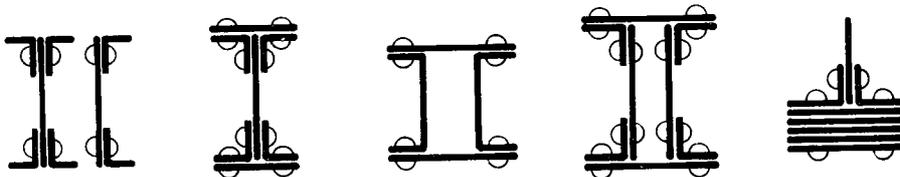
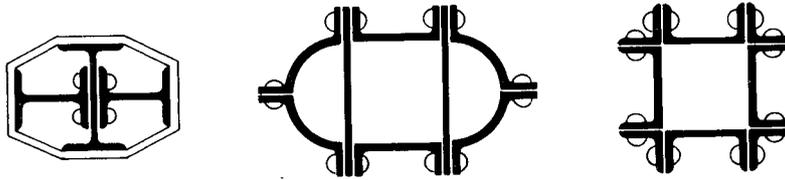
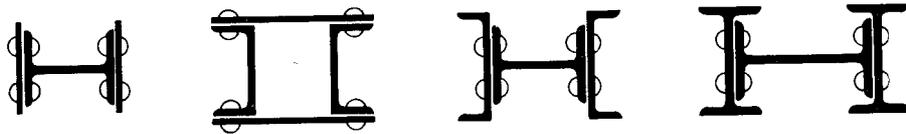
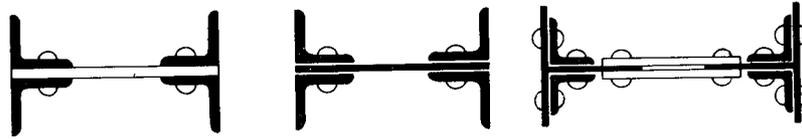


Fig. 4.3

“Travi ibride”: accoppiamento di acciai diversi (quarta dimensione).

## Profili "jumbo"

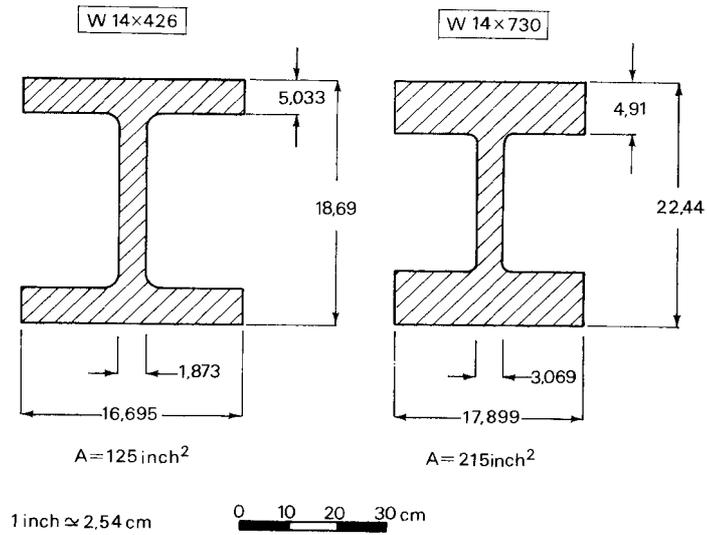


Fig. 4.4

## Profilati sagomati a freddo – Profili sottili

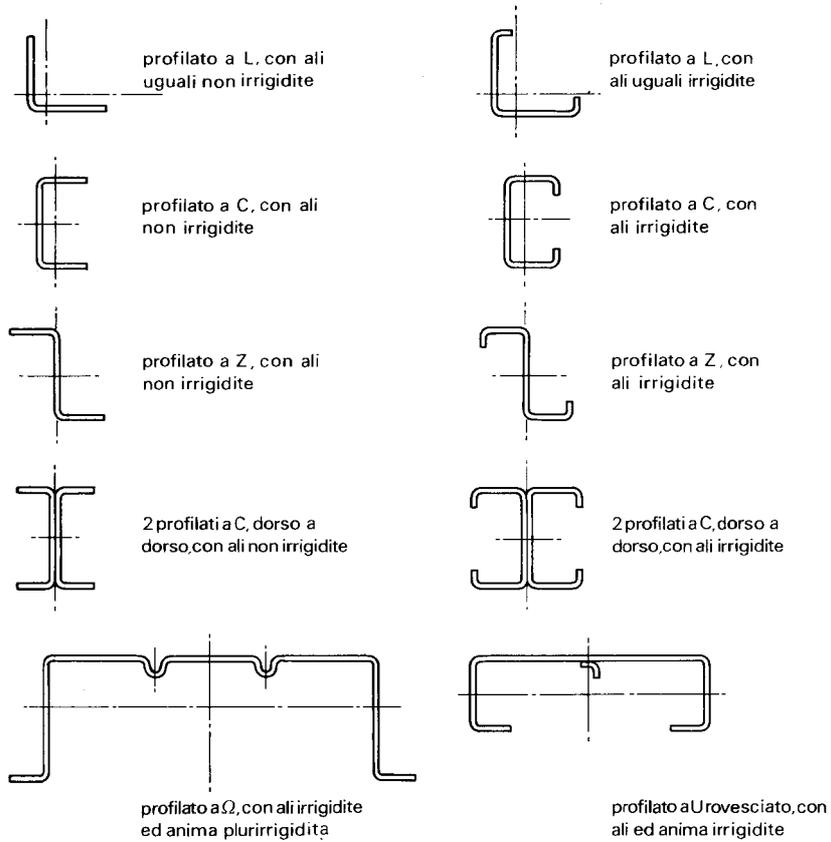


Fig. 4.5

## 4.2 Le imperfezioni strutturali

### 4.2.1 Profilati laminati a caldo

- **tensioni residue o autotensioni** possono raggiungere valori molto elevati (50% dello snervamento). Sono mitigate dal processo di raddrizzamento (rullatura).
- disomogenea distribuzione delle caratteristiche meccaniche nella sezione
- imperfezioni geometriche

“aste ideali” → “aste industriali”

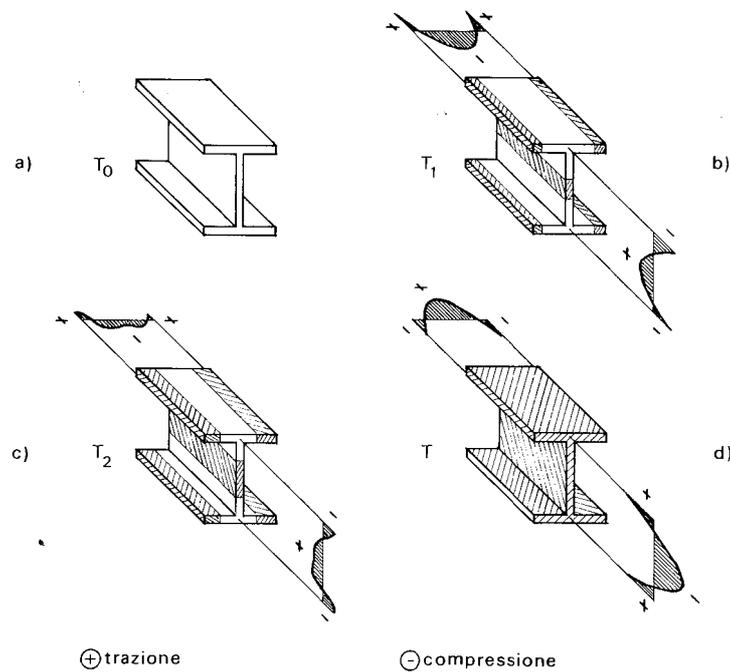
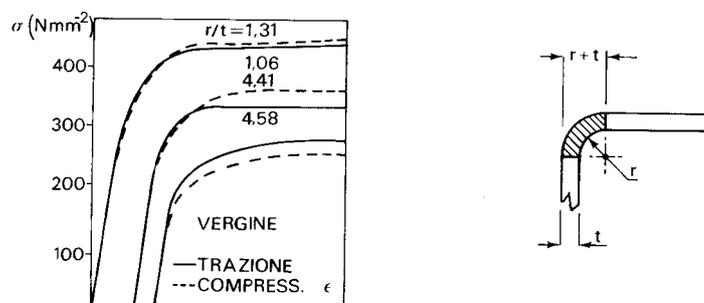


Fig. 4.6

*raddrizzamento*

### Tensioni residue di laminazione o saldatura

### 4.2.2 Profilati formati a freddo



Incrudimento nella piegatura (favorevole).

Diminuzione della resilienza e quindi della duttilità (sfavorevole).

### 4.2.3 Profili in composizione saldata

Imperfezione come laminati

### 4.3. Le imperfezioni geometriche

Imperfezione geometrica iniziale  $v_0 < L/1000$

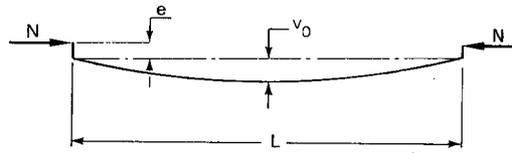


Fig. 4.31

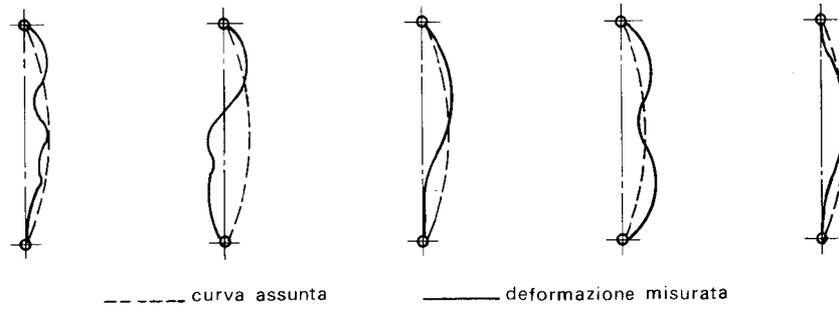


Fig. 4.33

## 4.4 Qualità e prove di laboratorio

### 4.4.1 Analisi chimica

### 4.4.2 Esame macrografico

### 4.4.3 Esame micrografico

### 4.4.4 Prova completa a trazione

E' la più conosciuta e diffusa. E' richiesta dalle norme.

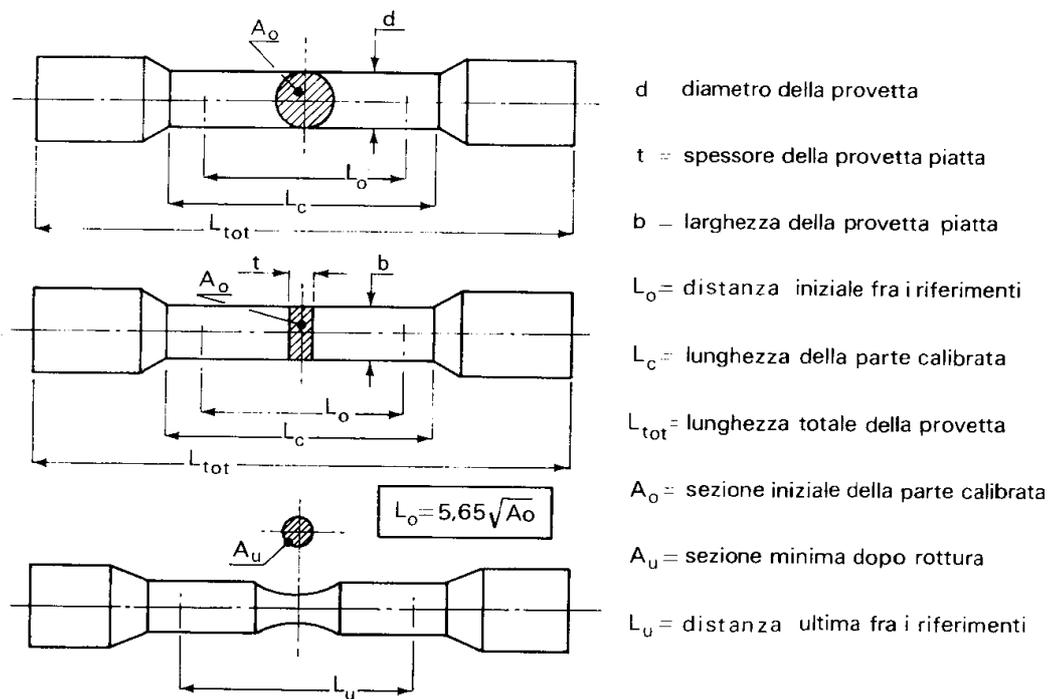


Fig. 4.36

Per tondo  $L_0 = 5 \phi$

Diagramma  $\sigma$ - $\epsilon$  tipo per acciai dolci o semiduri

- $f_0$  tensione limite di proporzionalità
- $f_e$  tensione limite di elasticità
- $f_y$  tensione di snervamento
- $f_t$  ( $f_u$ ) tensione di rottura

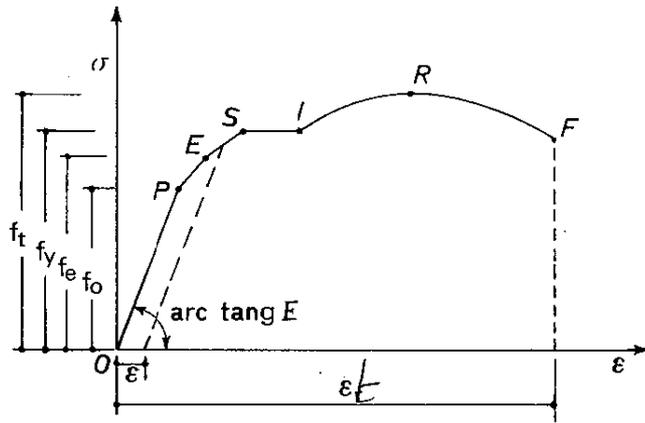


Fig. 4.37

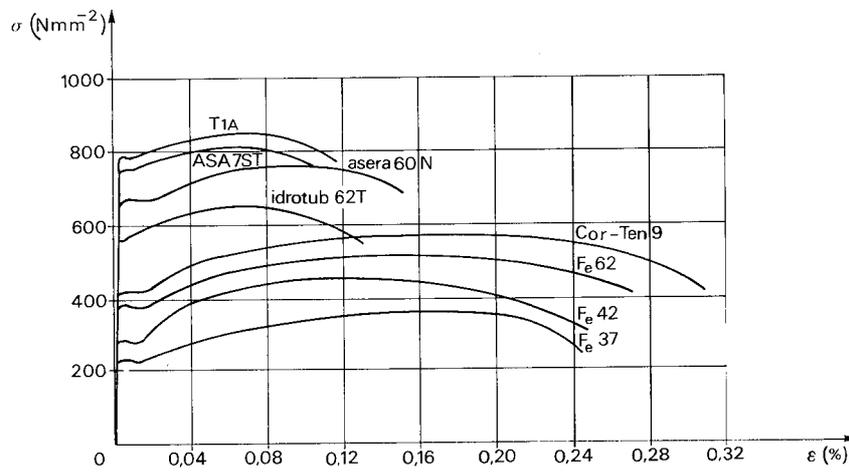


Fig. 4.38

L'andamento decrescente del diagramma  $\sigma$ - $\epsilon$  è solo apparente.

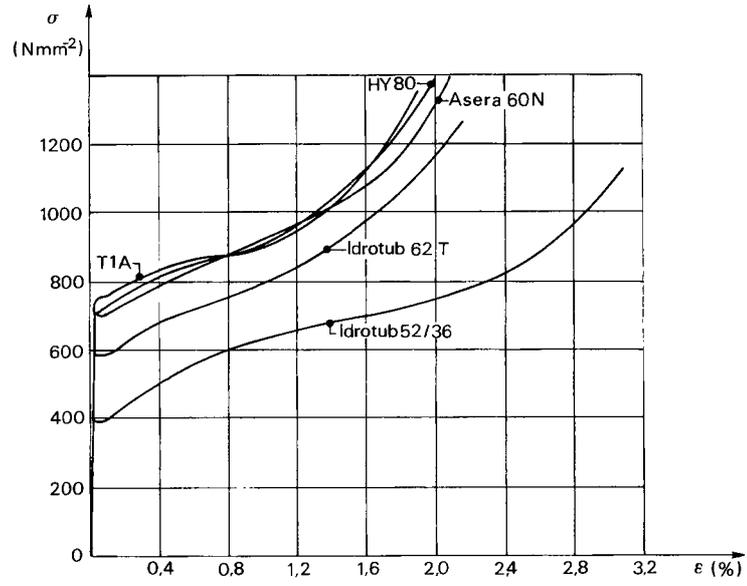


Fig. 4.39

### Acciai extra-duri

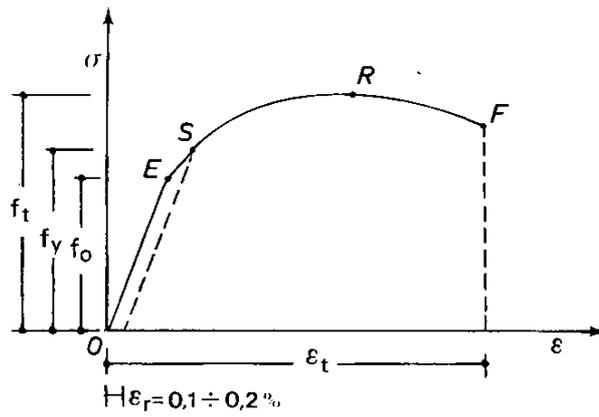
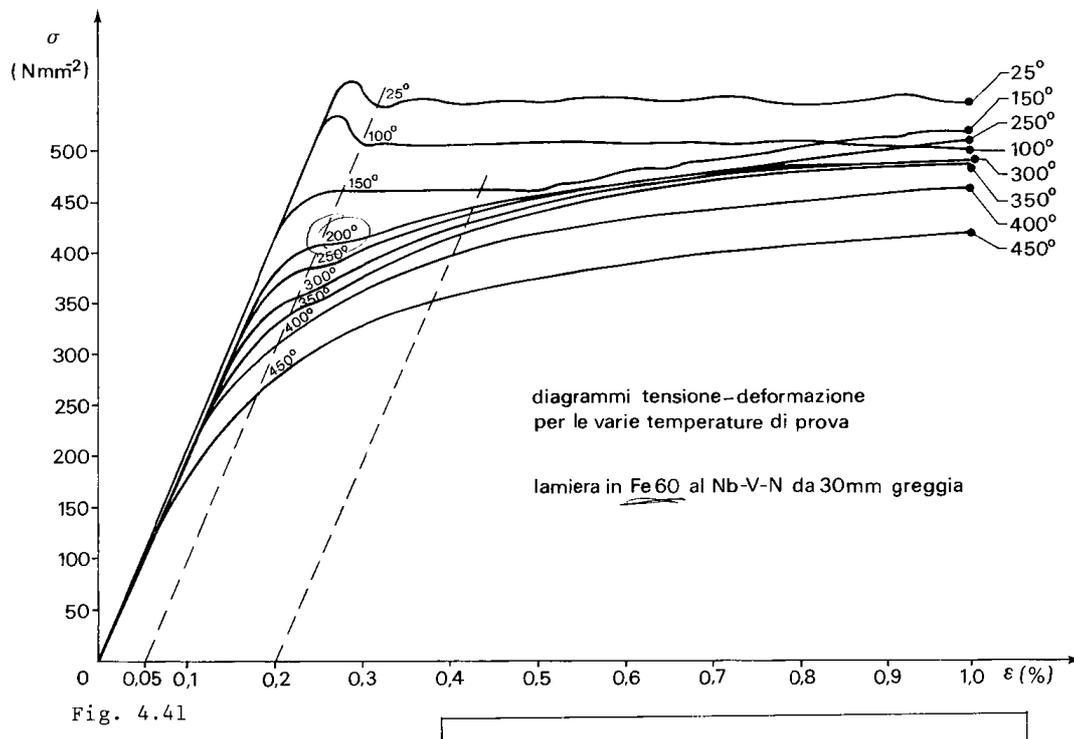


Fig. 4.40



#### 4.4.5 Prova di compressione globale

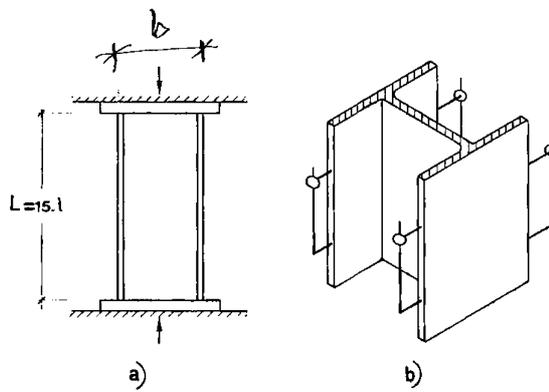


Fig. 4.44

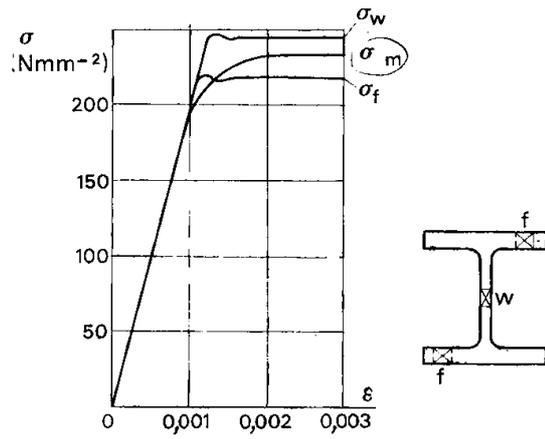


Fig. 4.45

4.4.6 Prova di durezza

4.4.7 Prova di resilienza

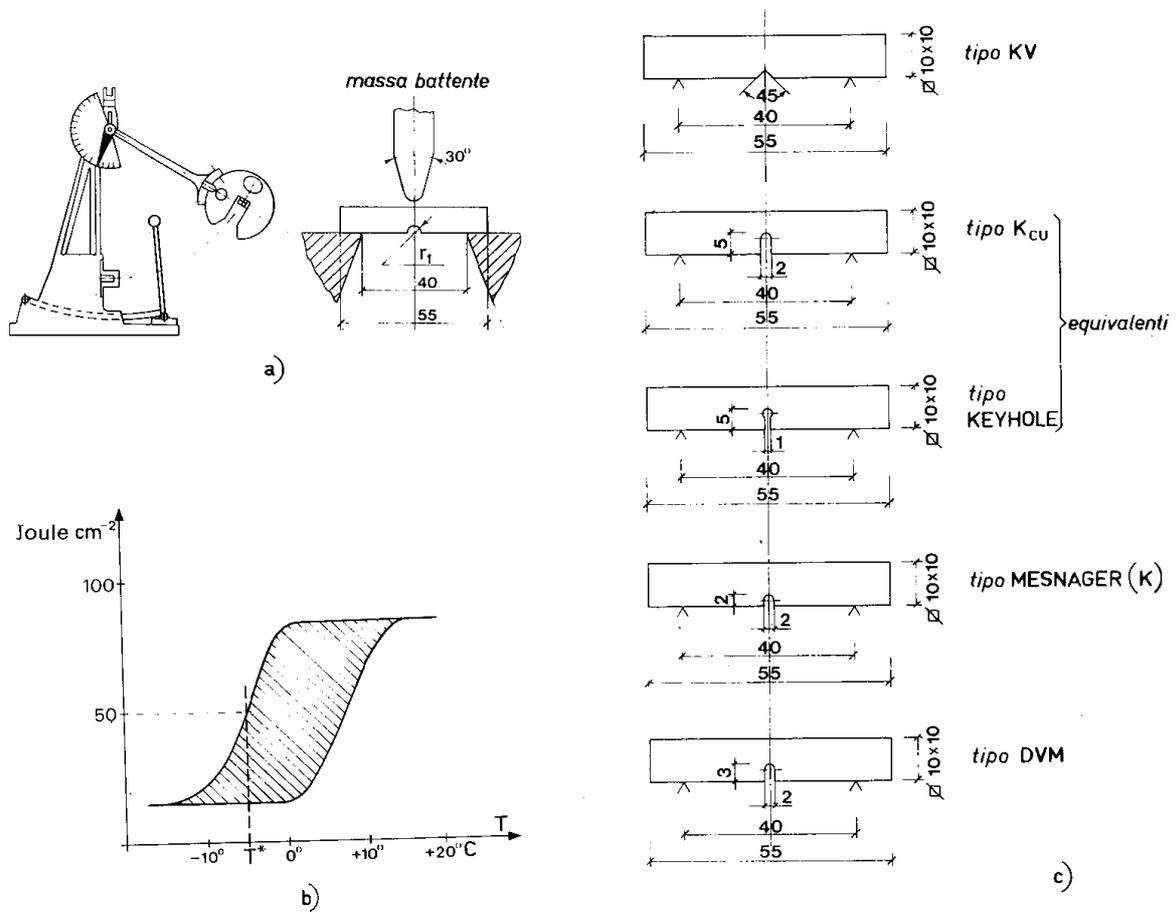


Fig. 4.46

#### 4.4.8 Prova di piegamento

#### 4.4.9 Prova di fatica

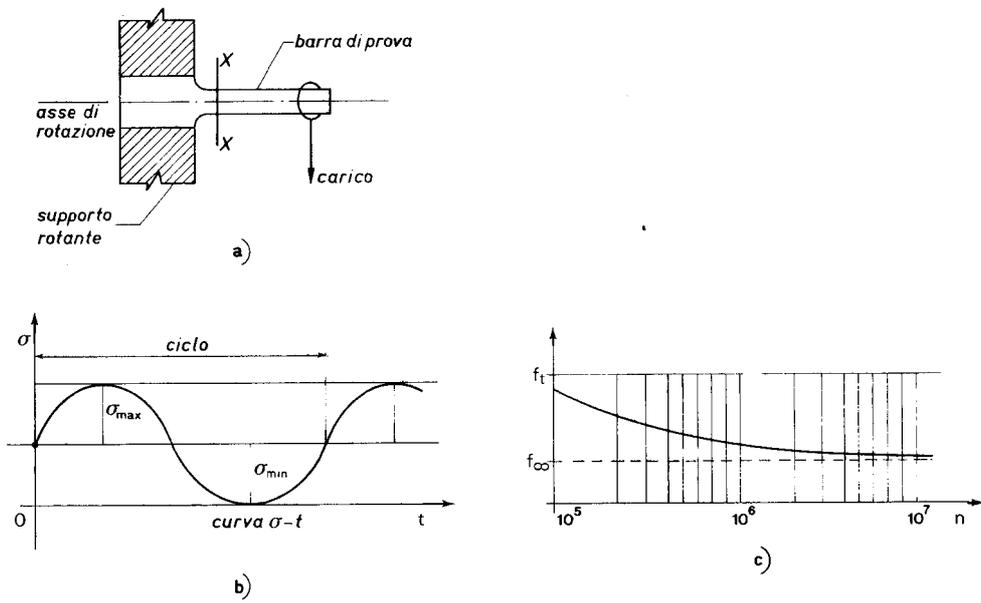


Fig. 4.47

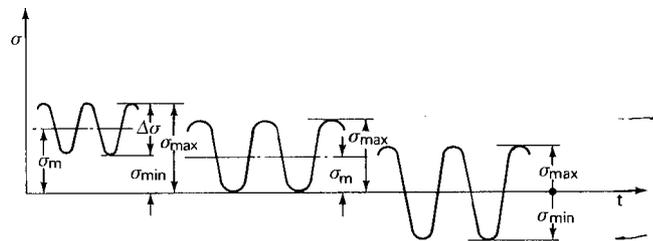


Fig. 4.48

#### 4.4.10 Prova di determinazione delle tensioni residue

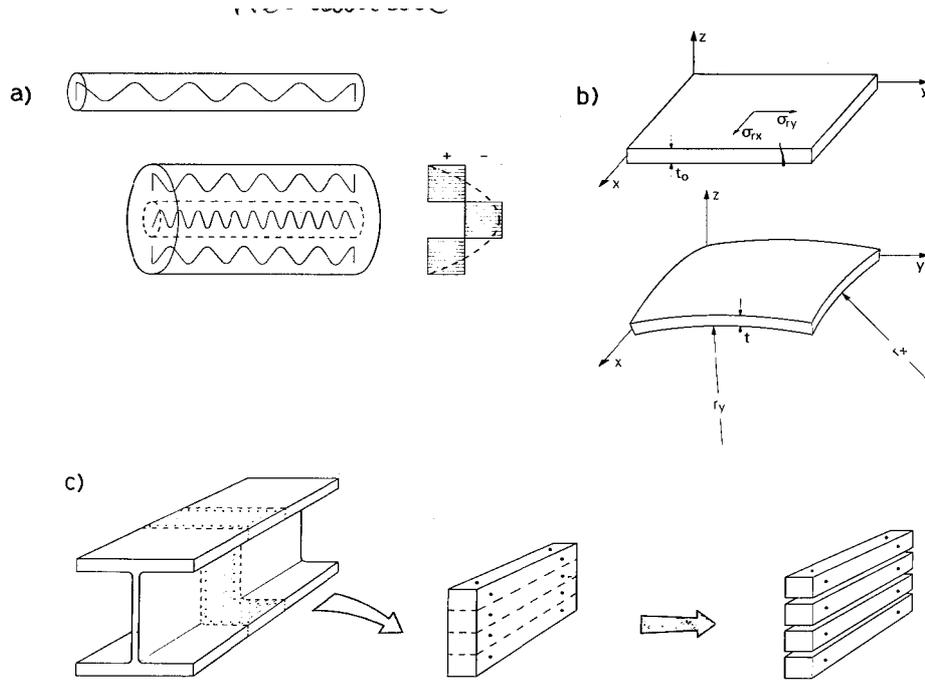


Fig. 4.49

## 4.5 Gli acciai da carpenteria

### Decreto Ministeriale (D.M.) 9-1-96

#### 2.1.1. CARATTERISTICHE MECCANICHE.

I valori di  $f_t$  e  $f_y$  indicati nei prospetti 1-II e 2-II sono da intendersi come valori caratteristici, con frattile di ordine 0,05 (vedasi Allegato 8).

#### 2.1.1.1. Profilati, barre, larghi piatti, lamiera.

PROSPETTO 1-II

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristica o parametro	Fe 360 (1)	Fe 430 (1)	Fe 510 (1)	
$f_t$	$R_m$	tensione (carico unitario) di rottura a trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	(2) ≥ 340 ≤ 470	(3) ≥ 410 ≤ 560	(4) ≥ 490 ≤ 630	
$f_y$	$R_e$	tensione (carico unitario) di snervamento [N/mm <sup>2</sup> ]	(5) ≥ 235	(6) ≥ 275	(7) ≥ 355	
$KV$	$KV$	Resilienza $KV$ [J] (8)	B +20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			C 0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			D -20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			DD -20°C	—	—	≥ 40
$\epsilon_t$	$A_{min}$	Allungamento ‰ a rottura ( $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{A_0}$ ) — per lamiera	≥ 24 (9)	≥ 20 (9)	≥ 20 (9)	
		— per barre, laminati mercantili, profilati, larghi piatti	≥ 26 (10)	≥ 22 (10)	≥ 22 (10)	

2.1.1.2. Profilati cavi.

PROSPETTO 2-II

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristica o parametro	Fe 360 (1)	Fe 430 (1)	Fe 510 (1)	
$f_t$	$R_m$	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione [N/mm <sup>2</sup> ]	≥ 360	≥ 430	≥ 510	
$f_y$	$R_e$	Tensione (carico unitario) di snervamento [N/mm <sup>2</sup> ]	(2) ≥ 235	(2) ≥ 275	(3) ≥ 355	
$KV$	$KV$	Resilienza $KV$ [J]	B +20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			C 0°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			D -20°C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
$\epsilon_t$	$A$ min	Allungamento percentuale a rottura ( $L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{A_0}$ ) %	≥ 24	≥ 21	≥ 20	

#### 4.6 Controllo di qualità degli acciai

Il Laboratorio Pietro Pisa dell'Università di Brescia esegue il controllo di qualità degli acciai di numerose acciaierie.

#### 4.7 Criteri di resistenza

Il criterio di resistenza unanimemente adottato dalle normative di tutti i paesi per i materiali metallici è quello di Huber-Hencky-Von Mises, che fa dipendere la crisi del materiale dall'energia dovuta alla variazione di forma.

La tensione ideale di confronto ha la seguente espressione:

stato triassiale

$$\sigma_{id} = \sqrt{\frac{1}{2}(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_3 - \sigma_2)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2} =$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_1\sigma_3 - \sigma_2\sigma_3}$$

stato biassiale

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2} \quad \text{e in termini di componenti speciali:}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

Nel caso frequente di flessione e taglio ( $\sigma_y = 0$ ) si ha:

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}$$

Nel caso di tensione tangenziale pura:

$$\sigma_{id} = \sqrt{3} \tau$$

dalla quale si ricava:

$$\tau_{adm} = \sigma_{adm} / \sqrt{3} \cong 0.577 \sigma_{adm}$$

$$\tau_y = f_y / \sqrt{3} \cong 0.577 f_y$$

## ESEMPIO

Verifica della sezione sull'appoggio intermedio di una trave continua. La sezione è soggetta ai massimi valori di momento e taglio.

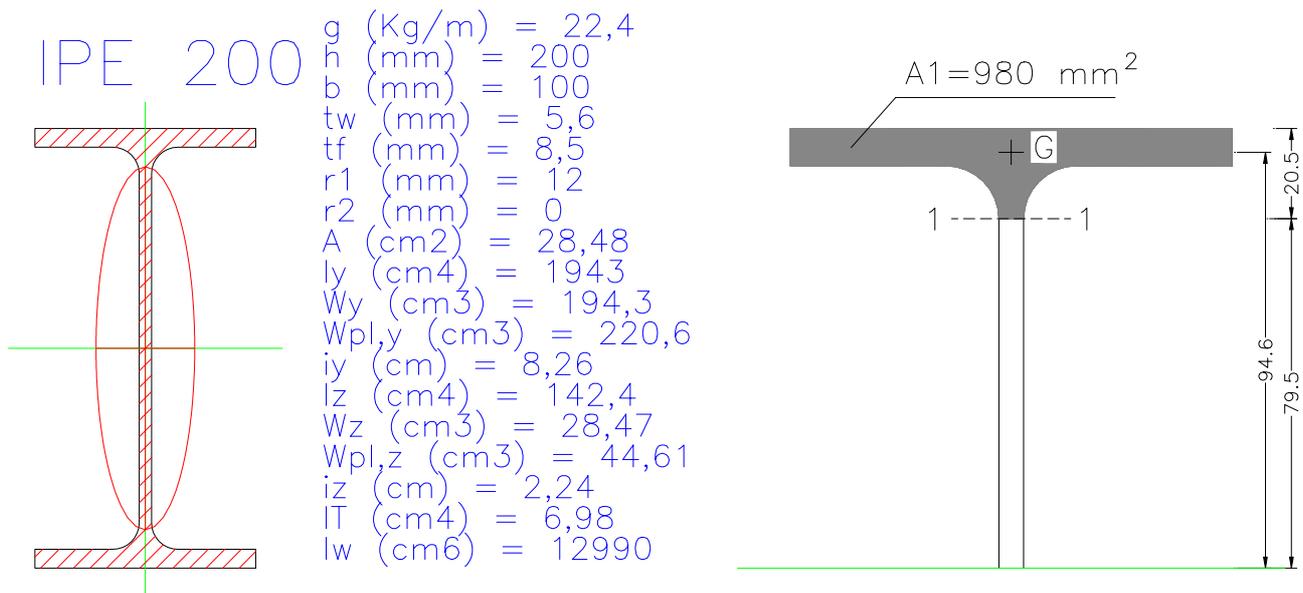


Fig. 1

Acciaio S275 (Fe430)  $f_y = 275$  MPa.

Momento resistente plastico  $M_{cy,Rd} = 55.15$  kNm

Taglio resistente plastico  $V_{pl,Rd} = 202$  kN EC3 #5.4.6

Secondo EC3 #5.4.7 non è necessaria alcuna riduzione del momento resistente se il taglio sollecitante è inferiore alla metà del taglio resistente plastico.

La sezione può quindi sopportare le seguenti sollecitazioni di progetto:

$$M_{Sd} = 55.15 \text{ kNm} \quad V_{Sd} = 101 \text{ kN}$$

Se si applica il criterio di verifica della tensione ideale si deve operare in campo elastico. Verifichiamo la sezione soggetta ai seguenti valori di progetto del momento e del taglio:

$$M_{Sd} = W_{el} \cdot f_{yd} = 194.3 \cdot 10^3 \cdot 275 / 1.1 \cdot 10^{-6} = 48.58 \text{ kNm}$$

$$V_{Sd} = 101 \text{ kN}$$

La fibra più sollecitata è la 1-1 di Fig. 1. In essa si hanno le tensioni:

$$\sigma_1 = M_{Sd} / I_y \cdot 79.5 = 198.8 \text{ MPa}$$

$$\tau_1 = V_{Sd} \cdot S^* / (t_w \cdot I_y) = 86.1 \text{ MPa} \quad (S^* = 980 \cdot 94.6)$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau_1^2} = 248.5 < f_{yd} = f_y / \gamma_{M0} = 275 / 1.1 = 250 \text{ MPa}$$

La verifica allo stato limite elastico è quindi soddisfatta per un momento pari al momento resistente elastico ed un taglio pari a metà del taglio resistente plastico.

La verifica allo stato limite elastico ( $\sigma_{id,max} < f_{yd}$ ) è sempre a favore di stabilità rispetto alla verifica allo stato limite plastico ed è più generale. Viene quindi adottata quando non sono a disposizione formule di verifica in campo plastico.